

УДК 338.22.021.4

Преимущества и недостатки экономики замкнутого цикла: путь к экологически чистому производству

Л.А. Ишин¹, А.Е. Череповицын², А.П. Лебедев²

¹ППК «Российский экологический оператор», Россия,
123112, Москва, Пресненская набережная, д. 12.

²Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II,
Россия, 199106, Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21 линия, д.2.

Аннотация

Актуальность исследования связана с развитием циркулярной экономики в национальных хозяйствах многих стран мира, где ей уделяется все большее внимание. Циркулярные технологические и экономические модели можно считать перспективными направлениями стратегических преобразований компаний, которые противопоставляют себя традиционным бизнес-моделям открытой экономической системы, основанной на экстенсивном росте. Концепция циркулярной экономики появилась для того, чтобы создать модели производства и потребления с замкнутым циклом, которые направлены на повышение ресурсоэффективности, использование подходов управления отходами и достижение стабильного сосуществования между экономикой, окружающей средой и населением. Цель исследования заключается в анализе актуальных научных источников и статистической информации для определения преимуществ и недостатков моделей экономики замкнутого цикла на текущем этапе научно-технического прогресса. Методология исследования построена на использовании общенаучных методов исследования, таких как анализ, обобщение, абстрагирование, синтез. Результаты исследования. В статье оценена текущая ситуация развития циркулярной экономики в мире, определены факторы, подчеркивающие экстенсивность нынешней экономики. Представлены основные преимущества, недостатки и барьеры

Региональная и отраслевая экономика (научная статья)

© Коллектив авторов, 2024

© Самарский университет, 2024 (составление, дизайн, макет)

Ⓐ Ⓒ Ⓔ Ⓘ Контент публикуется на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>)

Образец для цитирования:

Ишин Л.А., Череповицын А.Е., Лебедев А.П. Преимущества и недостатки экономики замкнутого цикла: путь к экологически чистому производству // *Вестник Самарского университета. Экономика и управление*, 2024. Т. 15, № 3. С. 135–153. doi: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-3-135-153>.

Сведения об авторах:

Леонид Александрович Ишин кандидат экономических наук; заместитель начальника отдела контроля изменения федеральной схемы Департамента по работе с федеральной и территориальными схемами ;
e-mail: av103mail@gmail.com

Алексей Евгеньевич Череповицын  <http://orcid.org/0000-0003-0472-026X>

доктор экономических наук, профессор; заведующий кафедрой организации и управления;
e-mail: alekseicherepov@inbox.ru

Андрей Павлович Лебедев  <http://orcid.org/0000-0002-3651-3831>

аспирант кафедры организации и управления;
e-mail: andrey.lebedev.997@mail.ru

циркулярной экономики, классифицированные по четырем аспектам: экологическим, экономическим, технологическим и социальным. Установлено, что с точки зрения экономического развития отраслей национального хозяйства циркулярная экономика позволит создавать новые рынки и возможности для бизнеса в секторах вторичной переработки и обслуживания товаров. Также предполагается, что циркулярные модели бизнеса могут повысить конкурентоспособность компаний за счет инноваций и оптимизации производственных процессов. Кроме того, циркулярные экономические системы будут способствовать развитию инновационных технологий и методов переработки, направленных на более эффективное использование сырьевых ресурсов и материалов.

Ключевые слова: циркулярная экономика; экономика замкнутого цикла; жизненный цикл; ресурсоэффективность; управление отходами.

Получение: 3 августа 2024 г. / Исправление: 18 августа 2024 г. /

Принятие: 3 сентября 2024 г. / Публикация онлайн: 30 сентября 2024 г.

Введение

В последние годы концепция экономики замкнутого цикла привлекает все большее внимание как одно из единственных решений повышения устойчивости производства и снижения воздействия на окружающую среду, связанного с линейной моделью экономики [1,2]. Исходя из того факта, что численность населения растет ежегодно [3], способствуя росту добычи и потребления энергоресурсов, модели циркулярной экономики необходимы для решения проблем чрезмерного экстенсивного роста экономики [4]. Так, на рисунке 1 можно заметить, как резко возрастает число научных публикаций после 2017 года, посвященных экономике замкнутого цикла.

Развитию идеи создания замкнутых циклов в экономике способствовал научный труд 1966 года Кеннета Боулдинга [5], в котором автор выделяет важность внедрения круговой модели экономики, основанной на природных циклах в добычу, производство и потребление. Спустя десятилетия ученые постепенно пришли к общепринятому термину «циркулярная экономика» или «экономика замкнутого цикла» [6, 7].

В целом, изучая труды ряда ученых [2, 8, 9], определение циркулярной экономики можно трактовать в рамках двух подходов:

- ресурсоориентированный – подразумевает замкнутый поток материалов, энергии и отходов, который может быть достигнут путем повторного использования на уровне продукта (ремонт или реставрация), на уровне компонентов (повторное использование в производстве) и на уровне материалов (переработка);
- ориентированный на экономику – циркулярная экономика подразумевает собой экономическую систему, основанную на повторном использовании материалов и сохранении природных ресурсов, ориентированную на создание ценностей для людей и экономики в каждой части системы.

Таким образом, в условиях циркулярной экономики ресурсы используются как можно дольше, но при этом сохраняют свою экономическую ценность, а отходы сводятся к минимуму, используя принципы *R*-императивов [10, 11], согласно которым, в том числе, возможно получение продукции с добавленной стоимостью.

Цель данной статьи – на основе анализа актуальных научных источников и статистической информации выявить преимущества и недостатки моделей экономики замкнутого

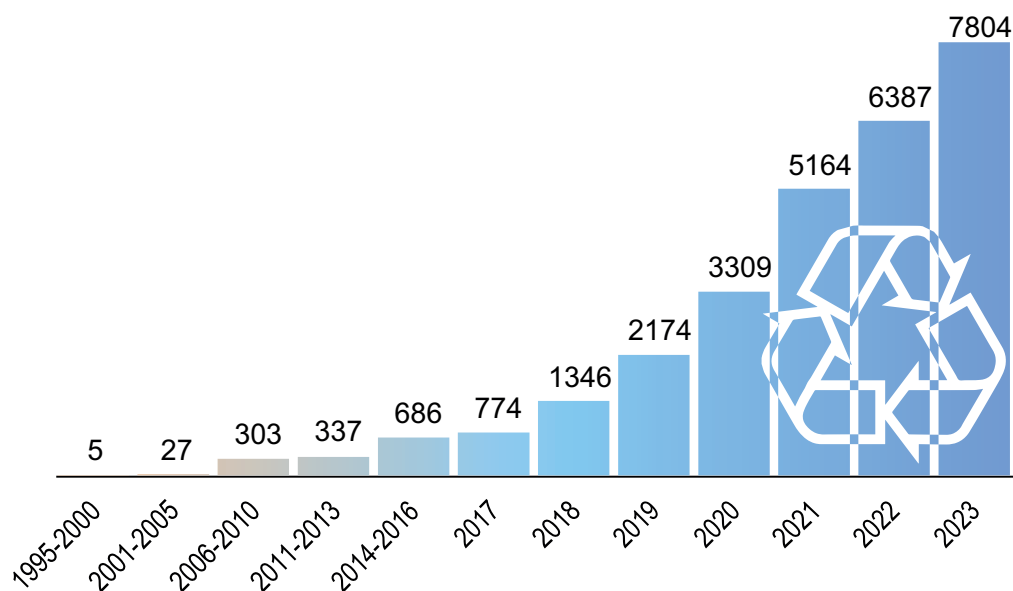


Рис. 1: Динамика числа публикаций по БД Scopus по запросу: «circular economy» or «closed-loop economy».

Fig. 1: Dynamics of the number of publications on the Scopus database on request: «circular economy» or «closed-loop economy».

цикла на текущем этапе научно-технического прогресса, а также определить барьеры перехода к циркулярной экономике.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- сбор и анализ научных источников за последнее десятилетие по тематике исследования, а также аналитический разбор статистических данных федеральных служб государственной статистики и отчетов консалтинговых агентств;
- на основании анализа выявить преимущества и недостатки экономики замкнутого цикла и определить причины сложного внедрения моделей циркулярной экономики.

Для этого в статье использовались общенаучные методы исследования, такие как анализ, обобщение, абстрагирование, синтез и другие. Выполнен обзор научных источников, отчетов консалтинговых агентств и данных федеральных служб статистики, проведен анализ информации статистических отчетов и исследований по экономике замкнутого цикла на текущем этапе научно-технического прогресса. Также обобщены преимущества и недостатки моделей экономики замкнутого цикла в рамках технологических, экономических, экологических и социальных аспектов на фоне современных тенденций перехода к циркулярной экономике.

1. Текущая ситуация развития циркулярной экономики

Одним из ключевых преимуществ экономики замкнутого цикла является возможность значительного сокращения использования ресурсов и образования отходов. Способствуя повторному использованию материалов, циркулярная экономика может быть направлена на сохранению природных ресурсов, снижению энергопотребления, выбросов парниковых газов и накоплению отходов производства и потребления [12]. Кроме того, внедрение циркулярных бизнес-моделей может создать новые экономические возможности, такие как разработка инновационных продуктов и услуг, удовлетворяющих растущий спрос на

устойчивые решения бизнеса [13]. Однако, переход к циркулярной экономике сопряжен с проблемами и недостатками, которые необходимо устранять. Так, внедрение моделей циркулярной экономики может потребовать значительных первоначальных инвестиций в инфраструктуру и технологии, патентные исследования, что потенциально создает финансовые барьеры для бизнеса, особенно для малых и средних предприятий [14]. Кроме того, обеспечение качества и безопасности переработанных материалов может быть проблемой, поскольку загрязняющие вещества могут нарушить целостность продуктов, изготовленных из переработанного сырья [15]. Перечисленные барьеры отклоняют переход экономики к циркулярной модели развития.

Так, при текущем темпе производства и потребления товаров и услуг для населения в 8 млрд. человек к середине XXI века будет необходимо троекратное количество ресурсов, которым владеет планета Земля [16]. Но, с ростом населения и уровня ВВП не происходит роста темпов степени циркулярности (цикличности) экономики – доли товаров и услуг, которая возвращается в экономику после завершения своего жизненного цикла [16] (рис. 2).

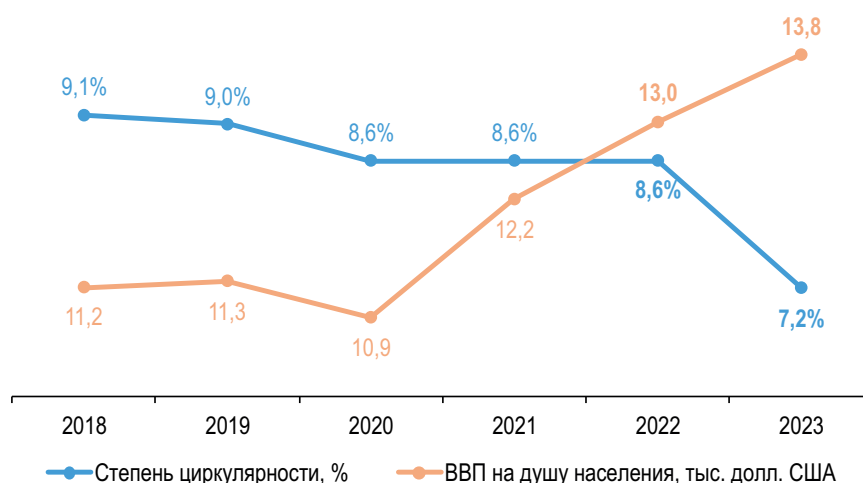


Рис. 2: Мировая динамика степени циркулярности и ВВП на душу населения.
Составлено авторами по данным источников [17, 18].

Fig. 2: Global dynamics of the degree of circularity and GDP per capita. Compiled by the authors according to sources [17, 18].

Текущая картина динамики ускоренного роста ВВП и сопутствующего падения цикличности выглядит неутешительной – несмотря на существующие «тренды» циркулярной экономики и роста озабоченности научного сообщества вокруг построения идеализированной замкнутой экономической системы, результаты перехода к циркулярной экономике оставляют желать лучшего. Поэтому, на настоящее время существует нерациональное производство и потребление. Такое отставание в циркулярности складывается из следующих фактов, подчеркивающих экстенсивность нынешней экономики:

- подавляющее большинство используемых сырья и материалов, поступающих в экономические системы, являются первичными, а доля вторичных материалов неуклонно снижается [17];
- по мере повышения уровня жизни, измеряемого индексом человеческого развития, растет и воздействие на окружающую среду, то есть, потребление ресурсов и матери-

алов оказывает ущерб окружающей среде [19, 20]. Так, на обработку и использование материалов приходится 70% глобальных выбросов парниковых газов [21], а добыча полезных ископаемых и их использование приводят к более чем 90% утраты биологического разнообразия и нехватке воды (например, в пищевой промышленности расчистка земель для сельского хозяйства приводит к потере среды обитания, в то время как многие традиционные методы ведения сельского хозяйства приводят к загрязнению воздуха и воды и чрезмерной эксплуатации природных ресурсов) [13, 22];

- более одной трети произведенных материалов входят в состав товаров повседневного спроса (пищевые и непродовольственные товары, такие как средства личной гигиены и косметика, моющие и чистящие средства) [23];
- ежегодно потеря продовольственных продуктов в мире составляет более 1 трлн. долл. США, что в свою очередь является огромным экологическим ущербом: на пищевые отходы приходится около 8-10% глобальных выбросов парниковых газов, а также используется площадь, эквивалентная почти 30% сельскохозяйственных угодий в мире [24];
- ежегодно для производства одежды из синтетических волокон используется огромное количество ископаемого топлива. Так, на производство текстиля и хлопка расходуется около 100 млрд кубометров воды в год (4% мирового потребления пресной воды) [25]. В то же время люди ежегодно выбрасывают одежду, пригодную для использования, на сумму, по оценкам, 460 млрд. долл. США [26].

Переход к экономике замкнутого цикла сталкивается с рядом препятствий, при этом такая модель национальных хозяйств может принести значительные экологические и экономические эффекты. Воздействие циркулярных моделей быть как положительным, так и отрицательным [27]. Позитивное влияние может быть связано с ростом занятости, хотя последствия для рынка труда могут сильно различаться в разных отраслях и регионах [28]. Отрицательное влияние выражается в том, что повышение эффективности использования ресурсов может привести к увеличению объемов общего потребления [29]. Кроме того, любой потенциальный экономический эффект, полученный за счет внедрения циркулярных моделей, может косвенным путем оказать негативное влияние на окружающую среду (например, процесс переработки отходов также генерирует объемы выбросов как от грузовых машин, перевозящих отходы, так и от заводов, перерабатывающих эти отходы [30]. Развитие замкнутых цепочек поставок и устойчивых циклов производства материалов отстает из-за недостатка инновационных технологий и неразвитости экологического дизайна продукции во многих странах мира [31, 32], что создает препятствия внедрению новых технологий и проблемы с оценкой качества сырья и компонентов при восстановлении продукции. В любом случае, экономика замкнутого цикла является источником многоплановых инноваций, подчеркивая системный и сквозной характер экономики, что подразумевает межотраслевое и многостороннее сотрудничество [33, 34].

Уровень циркулярности экономики в каждой стране разный, так как на него влияет широкий перечень факторов [35, 36]:

- уровень развития инноваций и технологий, способствующих созданию закрытых цепочек поставок и повышению эффективности переработки материалов;
- наличие экологических стандартов и законодательства, регулирующих обращение с отходами и продуктами после использования;
- уровень осведомленности и готовности общества к принятию и поддержке концепции циркулярной экономики;
- наличие и доступность инфраструктуры для сбора, сортировки и переработки ис-

пользованных материалов и продуктов;

- степень вовлеченности государства и бизнеса в развитие и поддержание циркулярных практик;
- экономическая выгода и конкурентоспособность циркулярных моделей по сравнению с линейными;
- готовность и способность компаний к изменению бизнес-моделей и производственных процессов в сторону устойчивых практик.

За последние 50 лет генерация твердых коммунальных отходов (ТКО) резко возросла: если в 1965 году объем образования отходов составлял до 0,6 млрд тонн, то на конец 2015 года объем составил более, чем в три раза больше – 2 млрд тонн [37]. Образование отходов связано с благосостоянием, поэтому глобальное образование отходов, вероятно, продолжит расти вместе с экономическим ростом стран. Однако, экономическое развитие также позволяет странам инвестировать в инфраструктуру, необходимую для сбора отходов и управления ими.

Рассмотрим ситуацию за 2022 год по странам мира (рис. 3). Наибольшая генерация отходов ТКО наблюдается в Китае (396 млн т/год), США (265 млн т/год), Индии (190 млн т/год), Бразилии (79 млн т/год) и Индонезии (65 млн т/год). Однако, если брать показатель образования отходов на душу населения, то выходит, что страны с более высоким уровнем дохода генерируют больше отходов на человека, чем развивающиеся страны.

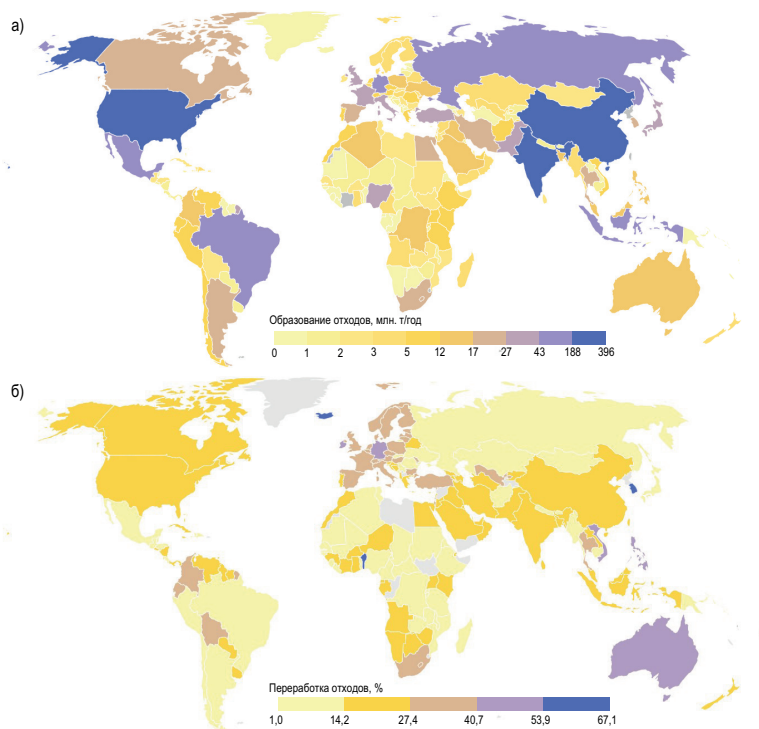


Рис. 3: Распределение стран по образованию ТКО (а) и проценту их переработки (б) за 2022 год. Составлено авторами по данным источников [37, 38].

Fig. 3: Distribution of countries by MSW generation (a) and percentage of their recycling (b) for 2022. Compiled by the authors according to sources [37, 38].

В среднем жители стран с развитой экономикой (США, Германия, Великобритания, Канада и др.), ведут зажиточный образ жизни, имеют положительные социальные пока-

затели, но потребляют гораздо больше материалов. Несмотря на то, что в них проживает около 17% населения земного шара, они потребляют четверть (25%) сырья и больше всего неметаллических полезных ископаемых, а также ископаемого топлива на душу населения по сравнению со всеми остальными странами. В среднем, на страны с высоким уровнем дохода приходится 22,6 т/год материальных отходов на душу населения (в основном из-за чрезмерного потребления товаров высокого спроса, импортируемых из развивающихся стран), и в 1,6 раза больше, чем в развивающихся странах. Такие страны генерируют 43% глобальных выбросов парниковых газов [17].

За последние несколько лет внимание всего мира возросло к важности управления отходами. Учеными Йельского университета разработан индекс экологической эффективности (Environmental Performance Index), одним из параметров которого является оценка уровня внедрения переработки отходов (металл, пластик, бумага, стекло) в экономику страны (Recycling). Такому уровню присвоен 100 – бальный рейтинг, где 0 – в стране отсутствует какая-либо переработка, 100 – страна перерабатывает все материалы, которые можно использовать повторно.

Лидером по переработке металла, пластика, бумаги и стекла является Южная Корея с показателем в 67,1%. В топ – 10 стран входят Самоа, Бенин, Исландия, Австралия, Вануату, Сингапур, Филиппины, Германия и Вьетнам. В Южной Корее используется инструмент расширенной ответственности производителей (РОП), благодаря которому на производителей продукции и услуг налагаются обязательства по сбору и переработке отходов – в таком случае, уже на этапе разработки продукта компании отказываются от трудно перерабатываемых материалов (с 2020 года все цветные пластиковые бутылки для напитков сменили на прозрачные в виду простоты переработки) [39]. Развитие экономики Сингапура привело к шестикратному увеличению объемов образования отходов. Для снижения тенденции загрязнения властями Сингапура организовывались решительные меры: строительство завода по переработке отходов в энергию, строительство дополнительной инфраструктуры для раздельного сбора отходов. Согласно данным [40] Сингапур за 2021 год имеет относительно низкие показатели образования отходов на душу населения и высокие показатели использования энергии и материалов из отходов. В 2021 году 55% отходов в Сингапуре было переработано, а 42% было сожжено для выработки электроэнергии. Также, ученые Сингапура экспериментируют с новыми методами утилизации отходов, такими как использование золы, оставшейся от сжигания, в качестве наполнителя для строительства портов.

Согласно исследованию [17], для увеличения цикличности экономики в целом, необходимо, чтобы страны с более высоким уровнем дохода радикально снижали свое материальное потребление, сохраняя при этом благосостояние, развивающиеся страны со средним уровнем дохода стабилизировали потребление материалов, а страны с низким уровнем дохода увеличили потребление материалов для удовлетворения потребностей своего населения и улучшения благосостояния.

2. Образование и утилизация отходов в России

В России отходы производства и потребления классифицируются согласно федеральному каталогу отходов, утвержденному согласно приказу Росприроднадзора от 22.05.2017 N 242 (ред. от 18.01.2024) «Об утверждении Федерального классификационного каталога отходов». Отходы разделены на 8 блоков (радиоактивные, фармацевтические и биологические отходы регламентируются иными документами и не входят в данный каталог). Каждый блок разделен по типу образования отходов, составу, агрегатному состоянию и

физической форме, а также по классу опасности.

Оценим текущую картину образования отходов и выбросов по видам экономической деятельности в Российской Федерации. По данным Федеральной службы государственной статистики (рис. 4) генерация отходов производств потребления и их размещение (захоронение) растет быстрее, чем утилизация и обезвреживание. Образование отходов по виду экономической деятельности за 2022 год представлено на рис. 5.

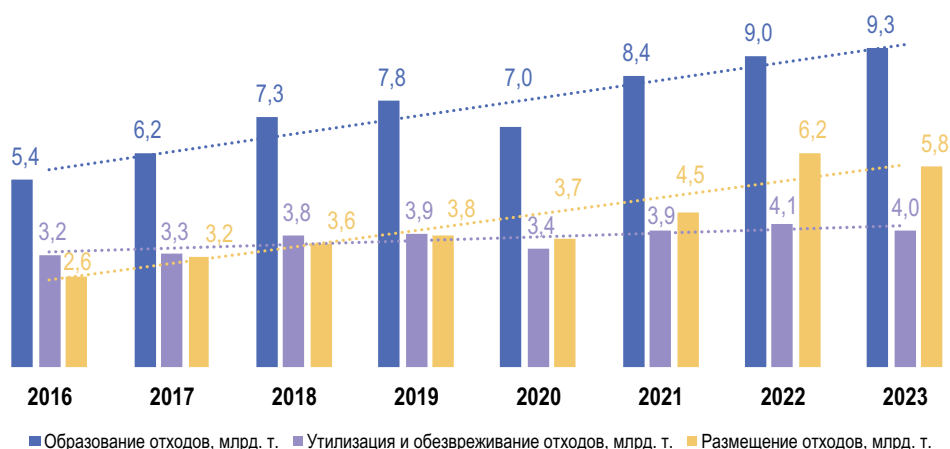


Рис. 4: Динамика образования, утилизации и размещения отходов производств и потребления в России. Составлено авторами по данным источников Росстата.

Fig. 4: Dynamics of formation, utilization and disposal of production and consumption waste in Russia. Compiled by the authors according to Rosstat sources.

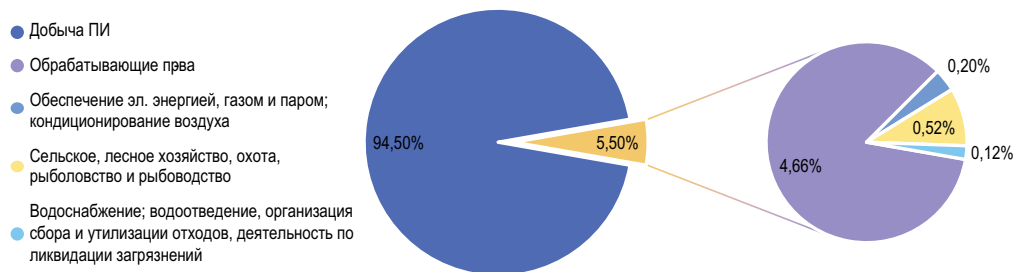


Рис. 5: Динамика образования, утилизации и размещения отходов производств и потребления в России. Составлено авторами по данным источников Росстата.

Fig. 5: Dynamics of formation, utilization and disposal of production and consumption waste in Russia. Compiled by the authors according to Rosstat sources.

Наибольший объем отходов производств и потребления генерируется в секторе добычи полезных ископаемых, в который входят следующие виды экономической деятельности: добыча угля, добыча нефти и природного газа, добыча металлических руд, добыча прочих полезных ископаемых, предоставление услуг в области добычи полезных ископаемых. На

2022 год объем образованных отходов производств и потребления составил 9,02 млрд.т, утилизировано 4,13 млрд.т., отправлено на объекты размещения отходов 3,8 млрд.т, захоронено 2,42 млрд. т., 1,61 млрд.т отходов утилизированы для повторного применения (рециклинга) (таблица 1).

Объем улавливания и обезвреживания выбросов загрязняющих атмосферу веществ в среднем за 2022 год составил 55,4 млн.т, что составляет 76,4% от суммарных выбросов (рис. 6). На обрабатывающие производства приходится на больший объем выбросов.

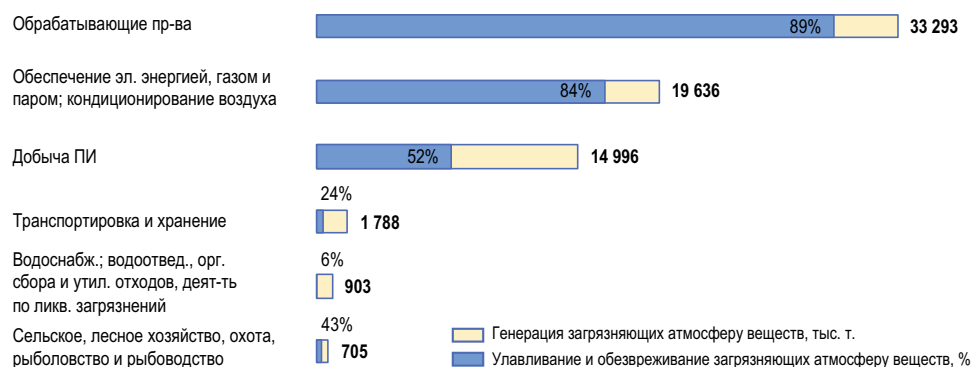


Рис. 6: Суммарные выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников и процент их улавливания и обезвреживания. Составлено авторами по данным источников Росстата.

Fig. 6: Total emissions of pollutants from stationary sources and the percentage of their capture and neutralization. Compiled by the authors according to Rosstat sources.

Таблица 1: Отходы и выбросы по видам экономической деятельности за 2022 г.

Вид экономической деятельности	Образовано отходов, тыс. т	Утилизировано отходов, тыс. т.	Образовано выбросов, тыс. т.	Уловлено выбросов, тыс. т.
Добыча полезных ископаемых	8 380 099	3 510 579	14 996	7 761
Обрабатывающие производства	413 549	246 954	33 293	29 687
Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха	17 917	2 160	19 636	16 522
Водоснабжение; водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность по ликвидации загрязнений	10 643	65 344	903	54
Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство	45 721	41 599	705	304

Анализируя данные Росприроднадзора, оценим отношение объема утилизированных отходов для повторного применения (рециклинга) к объему образующихся отходов за отчетный период по блокам отходов (рис. 7).

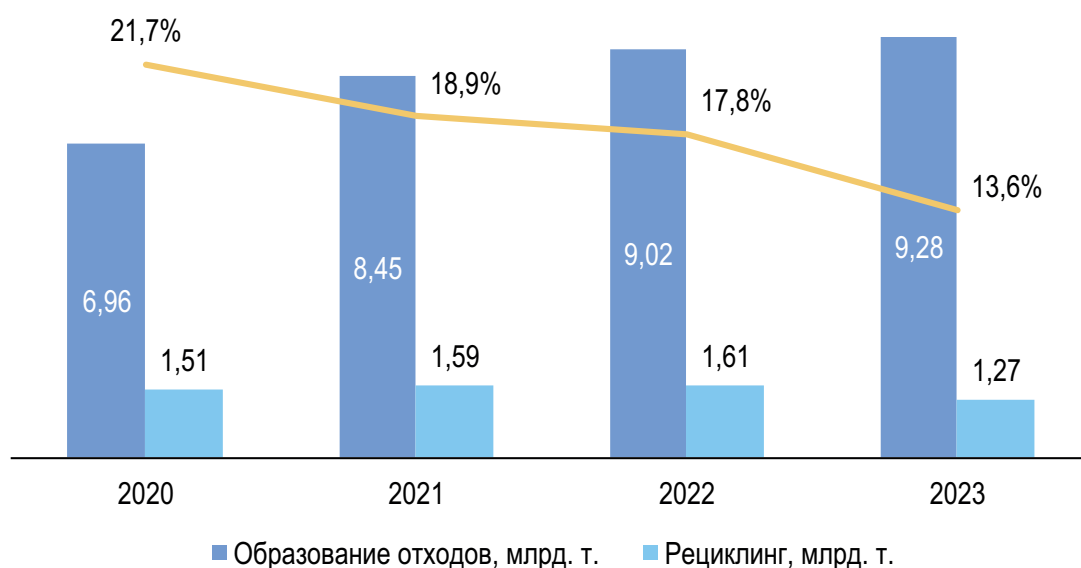


Рис. 7: Динамика образования и рециклинга отходов потребления и производств.
Составлено авторами по данным источников Росприроднадзора.

Fig. 7: Dynamics of generation and recycling of consumer and industrial waste. Compiled by the authors according to Rosprirodnadzor sources.

Из рисунка видна отрицательная тенденция повторного использования отходов. Наименьший процент отношения объема рециклинга к объему образования соответствует ТКО (в 2022 году лишь 2,09% утилизировалось с целью повторного применения). Для сравнения, в секторе добычи полезных ископаемых рециклинг на 2022 год составляет 17,9%.

Исходя из этих данных, можно сделать вывод о том, что добыча полезных ископаемых и обрабатывающие производства являются основными источниками образования отходов и выбросов, и в них необходимо уделить большее внимание в части утилизации и снижения вредного воздействия на окружающую среду. Низкий уровень утилизации отходов в секторе энергетики – всего 12%. Рециклинг отходов с годами снижается по отношению к образованию отходов. Улавливание и обезвреживание выбросов загрязняющих веществ для водоснабжения и составляет 6%.

3. Преимущества, недостатки и барьеры циркулярной экономики

На основании проведенного анализа выполнено обобщение возможностей и проблем развития экономики замкнутого цикла в разрезе экологических, экономических, технологических и социальных аспектов. В таблицах 2 и 3 выделены основные преимущества и недостатки циркулярной экономики, а также определены барьеры перехода к ней.

Таблица 2: Преимущества, недостатки и барьеры циркулярной экономики

	Преимущества	Недостатки	Барьеры
Экологические аспекты	1. Сокращение выбросов и отходов, что способствует снижению негативного воздействия на экосистемы. 2. Эффективное использование ресурсов и повторное использование материалов помогает сэкономить природные ресурсы и уменьшить давление на природные экосистемы. 3. Продление жизненного цикла товаров и материалов позволяет уменьшить потребление энергии и воды, необходимых для производства новых товаров.	1. При производстве экологически более чистых продуктов может косвенно возникнуть больший ущерб, чем при текущем производстве.	1. Возможная нехватка вторичных ресурсов. 2. Невозможность получения требуемого качества
Экономические аспекты	1. Снижение издержек на закупку новых сырьевых материалов благодаря повторному использованию. 2. Создание новых рынков и возможностей для бизнеса в секторах вторичной переработки и обслуживания товаров. 3. Повышение конкурентоспособности компаний за счет инноваций и оптимизации производственных процессов. 4. Уменьшение рисков нестабильности цен на сырье и материалы. 5. Сокращение отходов и выбросов может привести к снижению затрат на утилизацию и другие природоохранные мероприятия, а также на экологические платежи.	1. Относительная неэффективность и высокая стоимость начального переходного периода от линейной к циркулярной экономике. 2. Недостаточная финансовая поддержка со стороны государства и недостаточное инвестирование программ циркулярной экономики.	1. Экономическая инерция: некоторые компании не готовы к изменениям из-за своей устойчивости к рутинным операциям и отсутствию финансовых стимулов к инвестициям в циркулярные процессы. 2. Проблемы с рыночной конкурентоспособностью: некоторые виды бизнеса могут не видеть преимуществ в циркулярной экономике из-за необходимости бороться с конкурентами, которые пока еще придерживаются линейных моделей производства.

Таблица 3: Преимущества, недостатки и барьеры циркулярной экономики

	Преимущества	Недостатки	Барьеры
Технологические аспекты	1. Развитие инновационных технологий и методов переработки, способствующих более эффективному использованию ресурсов и материалов. 2. Появление новых цифровых технологий и систем управления, позволяющих отслеживать циркулярные потоки материалов и ресурсов. 3. Разработка умных устройств, сенсоров и роботизированных систем для повышения эффективности сбора и переработки отходов. 4. Создание новых процессов и методов производства с более низкими энергозатратами и меньшим воздействием на окружающую среду. 5. Интеграция цифровых платформ и систем обмена информацией для улучшения взаимодействия между компаниями и потребителями в циркулярной экономике.	1. Технологический уровень неодинаков для каждой страны. 2. Неразвитость инфраструктуры для сбора, сортировки и переработки отходов, что препятствует внедрению цикличного использования ресурсов.	1. Необходимость стандартизации и совместимости технологий в различных отраслях и странах для эффективного функционирования циркулярных процессов. 2. Трудности в организации цепочек поставок: переход к циркулярной экономике требует перестройки цепочек поставок, что может потребовать времени и ресурсов на их оптимизацию и усовершенствование.
Социальные аспекты	1. Создание новых рабочих мест в отраслях вторичной переработки и обслуживания товаров, способствуя снижению безработицы. 2. Повышение осведомленности об экологических проблемах и вовлечение населения в процессы утилизации и переработки отходов. 3. Развитие новых образовательных программ и курсов по циркулярной экономике для подготовки специалистов. 4. Содействие улучшению качества жизни за счет сокращения загрязнения окружающей среды и здоровья населения. 5. Содействие устойчивому развитию и укреплению социальной ответственности бизнеса и общества в целом.	1. Сопротивление и недовольство со стороны работников и компаний, которым приходится изменять устоявшиеся привычки работы и бизнес-процессы. 2. Неравенство доступа к новым возможностям и технологиям циркулярной экономики в различных социальных группах. 3. Риски возникновения секторов с низкой оплатой труда и нестабильными условиями работы в новых сферах циркулярной экономики.	1. Отсутствие образования и информирования: недостаток образовательных программ и информирования относительно циркулярной экономики может затруднить принятие концепций и методов работы.

Заключение

1. Поскольку циркулярная экономика основана на устранении отходов и создании ценности для вторичных ресурсов, она открывает новые возможности для таких предприятий, которые занимаются переработкой и восстановлением материалов, созданием альтернатив для продуктов и услуг, которые имеют более высокий уровень экологичности. Многие компании и стартапы осознают потенциал этих возможностей и выдвигают новые бизнес-модели, соответствующие требованиям будущих тенденций рынка.
2. Рассмотрены преимущества экономики замкнутого цикла, характеризующиеся улучшением общего состояния экологии, сокращением выбросов парниковых газов, использованием возобновляемых источников энергии, вместо истощения невозобновляемых ресурсов, переработкой отходов и увеличением экономической выгоды от реализации переработанной продукции, повышение общемирового и личного уровня ответственности за бережное использование материальных ресурсов и правильную утилизацию отходов.
3. Недостатки и барьеры экономики замкнутого цикла характеризуются устоем рынка на линейное производство, тяжестью единовременного перехода всех компаний на циркулярную экономику и повышением стоимости на экологически чистую продукцию.

Конкурирующие интересы: Конкурирующих интересов нет.

Библиографический список

1. Ратнер С.В. Циркулярная экономика: теоретические основы и практические приложения в области региональной экономики и управления // Инновации. – 2018. – № 9(239). – С. 29–37. EDN: JGEBZN
2. Мочалова Л.А. Циркулярная экономика в контексте реализации концепции устойчивого развития // Journal of New Economy. – 2020. – Т. 21. – № 4. – С. 5–27. EDN: DWBMIT
3. World Population by Year. <https://www.worldometers.info/world-population/world-population-by-year/>, (date accessed: 27.06.2024).
4. Мочалова Л.А. Соколова О.Г. Теория, методология и методика перехода к циркулярной экономике в сфере недропользования: научная монография. – Екатеринбург: Уральский государственный горный университет. – 2021. – 147 с. EDN: IRKWCI
5. Boulding K.E. The Economics of the Coming Spaceship Earth. – New York: RFF Press. – 1966. – pp. 3–14. https://arachnid.biosci.utexas.edu/courses/THOC/Readings/Boulding_Spaceship_Earth.pdf (date accessed: 05.12.2022).
6. Пахомова Н.В. Рихтер К.К., Ветрова М.А. Переход к циркулярной экономике и замкнутым цепям поставок как фактор устойчивого развития // Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика. – 2017. – Т. 33. – № 2. – С. 244–268. EDN: ZCMMCV
7. Череповицын А.Е., Лебедев А.П. Возможности использования технологий замкнутого цикла в нефтегазовом комплексе // Вопросы инновационной экономики. – 2022. – Т. 12. – № 2. – С. 1185–1198. EDN: WIWNSG
8. Гутман С.С., Манахова М.С. Формирование системы индикаторов оценки реализации концепции циркулярной экономики в регионах Российской Федерации // Север и рынок: формирование экономического порядка. – 2021. – Т. 24. – № 2(72). – С. 81–95. EDN: XDZLXU
9. Kanda W., Geissdoerfer M., Hjelm O. From circular business models to circular business ecosystems // Business Strategy and the Environment. – 2021. – Vol. 30. – № 6. – pp. 2814–2829. <https://doi.org/10.1002/bse.2895>

10. Hunger T., Arnold M., Ulber M. Circular value chain blind spot – A scoping review of the 9R framework in consumption // *Journal of Cleaner Production*. – 2024. – Vol. 440. – 140853. ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.140853>.
11. Morsetto P. Targets for a circular economy. // *Resources, Conservation and Recycling*. – 2020. – Vol. 153. 104553. ISSN 0921-3449, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104553>.
12. Ellen MacArthur Foundation. Towards the Circular Economy: Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition. https://kidv.nl/media/rapportages/towards_a_circular_economy.pdf?1.2.1, (date accessed: 28.06.2024).
13. Circular Economy Action Plan (CEAP). Summary for business. Implications and next steps. – 2020. https://docs.wbcsd.org/2020/11/WBCSD_Circular_Economy_Action_Plan_2020-Summary_for_business.pdf (date accessed: 28.06.2024).
14. Ghisellini P., Cialani C., Ulgiati S. A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems // *Journal of Cleaner Production*. – 2016. – Vol. 114. – pp. 11–32. ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>.
15. Bocken N.M.P., de Pauw I., Bakker C., van der Grinten B. Product design and business model strategies for a circular economy // *Journal of Industrial and Production Engineering*. – 2016. – Vol. 33. – № 5. – pp. 308–320. <https://doi.org/10.1080/21681015.2016.1172124>
16. The Circularity Gap Report. – 2021. <https://www.circle-economy.com/resources/circularity-gap-report-2021>, (date accessed: 01.07.2024).
17. The Circularity Gap Report. – 2024. <https://www.circularity-gap.world/2024>, (date accessed: 01.07.2024).
18. World GDP History 1960–2024. <https://countrycassette.com/world-gdp-history/> (date accessed: 01.07.2024).
19. Steinmann Z.J.N., Schipper A.M., Hauck M. [et al.] Resource Footprints are Good Proxies of Environmental Damage // *Environmental Science & Technology*. – 2017. – Vol. 51. – No. 11. – pp. 6360–6366.
20. Hickel J. The sustainable development index: Measuring the ecological efficiency of human development in the anthropocene // *Ecological Economics*. – 2020. – Vol. 167. – pp. 106331. ISSN 0921-8009, <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.05.011>.
21. Tsvetkov P., Andreichyk A., Kosarev O. The impact of economic development of primary and secondary industries on national CO2 emissions: The case of Russian regions // *Journal of Environmental Management*. – 2024. – Vol. 351. – 119881. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119881>.
22. Ellen MacArthur Foundation. The Nature Imperative: How the circular economy tackles biodiversity loss. https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/the_nature_imperative_how_the_circular_economy_tackles_biodiversity_loss.pdf, (date accessed: 20.07.2024).
23. Bocken N.M.P., Harsch A., Weissbrod I. Circular business models for the fast moving consumer goods industry: Desirability, feasibility, and viability // *Sustainable Production and Consumption*. – 2022. – Vol. 30. – pp. 799–814. ISSN 2352-5509, <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.01.012>.
24. Food Waste Index Report 2024. Think Eat Save: Tracking Progress to Halve Global Food Waste. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/45230>, (date accessed: 03.07.2024).
25. Ellen MacArthur Foundation. A New Textiles Economy: Redesigning fashion's future. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/a-new-textiles-economy>, (date accessed: 03.07.2024).

26. McGinty D.B. 5 Opportunities of a Circular Economy. <https://www.wri.org/insights/5-opportunities-circular-economy>, (date accessed: 03.07.2024).
27. Амирова Н.Р., Саргина Л.В., Кондратьева Я.Э. Циркулярная экономика: возможности и барьеры // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Общественные науки. – 2021. – № 3(59). – С. 187–201. EDN: CBRDLS
28. Ma H.W. Shih H.C., Liao M.I. Circular Economy and New Research Directions in Sustainability // International Series in Operations Research and Management Science. – 2021. – pp. 141–168. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58023-0_6
29. Bauwens, T. Are the circular economy and economic growth compatible? A case for post-growth circularity // Resources, Conservation and Recycling. – 2021. – Vol. 175. – 105852. ISSN 0921-3449, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105852>.
30. Hofmann F. Circular business models: Business approach as driver or obstructer of sustainability transitions? // Journal of Cleaner Production. – 2019. – Vol. 224. – pp. 361–374. ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.115>.
31. Скобелев Д.О. Федосеев С.В. Политика повышения ресурсоэффективности и формирование экономики замкнутого цикла // Компетентность. – 2021. – № 3. – С. 5–13. EDN: ICAZSG
32. Kirchherr J., Piscicelli L., Bour R., Kostense-Smit E., Muller J., Huibrechtse-Truijens A., Hekkert M. Barriers to the Circular Economy: Evidence From the European Union (EU) // Ecological Economics. – 2018. – Vol. 150. – pp. 264–272. ISSN 0921-8009, <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.04.028>.
33. Babkin A., Shkarupeta E., Tashenova L., Malevskaia–Malevich E., Shchegoleva T., Framework for assessing the sustainability of ESG performance in industrial cluster ecosystems in a circular economy // Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity. – 2023. – Vol. 9. – No. 2. – 100071. ISSN 2199-8531, <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2023.100071>.
34. Veyssiere S., Uzunidis D., Kasmi F., Adatto L. Circularity – The Circular Economy as an Innovative Process // Innovation Economics, Engineering and Management Handbook 2: Special Themes. Wiley. ISTE Editions. – 2021. – pp. 75–83. <https://doi.org/10.1002/9781119832522.ch7>.
35. Гурьева М.А. Циркулярная экономика как инновационная модель развития социально-экономического пространства // Вопросы инновационной экономики. – 2019. – Т. 9. – № 4. – С. 1295–1316. EDN: XTLIJZ
36. Fura B. Stec M., Mis T. Statistical Evaluation of the Level of Development of Circular Economy in European Union Member Countries // Energies. – 2020. – Vol. 13. – No. 23. – 6401. <https://doi.org/10.3390/en13236401>.
37. Kaza S., Yao L.C., Bhada-Tata P., F. Woerden V. What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Urban Development. World Bank. Washington DC. – 2018. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1329-0>.
38. Рейтинг стран по уровню переработки отходов. <https://nonews.co/directory/lists/countries/recycling>, (дата обращения: 05.07.2024).
39. Ministry of Environment. Land & Waste. <https://eng.me.go.kr/eng/web/index.do?menuId=466>, (date accessed: 07.07.2024).
40. Block S., Emerson J.W., Esty D.C., Sherbinin A., Wendling Z.A. 2024 Environmental Performance Index. New Haven. CT: Yale Center for Environmental Law & Policy. – 2024. – 204 p. <https://epi.yale.edu/downloads/2024-epi-executive-summary.pdf>

Advantages and disadvantages of a closed-loop economy: the path to environmentally friendly production

L.A. Ishin¹, A.E. Cherepovitsyn², A.P. Lebedev²

¹ Russian Environmental Operator, 12, Presnenskaya embankment, Moscow, 123112, Russian Federation.

² Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University, 2, 21 line, Vasilyevsky Island, St. Petersburg, 199106, Russian Federation.

Abstract

The relevance of the study is related to the development of the circular economy in the national economies of many countries of the world, where it is receiving increasing attention. Circular technological and economic models can be considered promising areas of strategic transformation for companies that contrast themselves with traditional business models of an open economic system based on extensive growth. The concept of a circular economy appeared in order to create closed-loop production and consumption models that aim to increase resource efficiency, use waste management approaches and achieve stable coexistence between the economy, the environment and the population. The purpose of the study is to analyze relevant scientific sources and statistical information to determine the advantages and disadvantages of closed-loop economic models at the current stage of scientific and technological progress. The research methodology is based on the use of general scientific research methods such as analysis, generalization, abstraction, synthesis. The results of the study. The article evaluates the current situation of the development of the circular economy in the world, identifies factors that emphasize the extensiveness of the current economy. The main advantages, disadvantages and barriers of the circular economy are presented, classified into four aspects: environmental, economic, technological and social. It is established that from the point of view of the economic development of the branches of the national economy, the circular economy will

Regional and Sectoral Economics (Research Article)

© Authors, 2024

© Samara University, 2024 (Compilation, Design, and Layout)

Ⓐ © ⓘ The content is published under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Please cite this article in press as:

Ishin L.A., Cherepovitsyn A.E., Lebedev A.P. Advantages and disadvantages of a closed-loop economy: the path to environmentally friendly production, *Vestnik Samarskogo Universiteta. Ekonomika i Up-ravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2024, vol. 15, no. 3, pp. 135–153. doi:<http://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-3-135-153> (In Russian).

Authors' Details:

Leonid A. Ishin Phd in Economics; Deputy Head of the Department for Control of Changes in the Federal Scheme of the Department for Work with Federal and Territorial Schemes;
e-mail: av103mail@gmail.com

Alexey E. Cherepovitsyn  <http://orcid.org/0000-0003-0472-026X>

Doctor of Economics, Professor; Head of the Department of Organization and Management; e-mail: alekseicherepov@inbox.ru

Andrey P. Lebedev  <http://orcid.org/0000-0002-3651-3831>

Postgraduate student of the Department of Organization and Management; e-mail: andrey.lebedev.997@mail.ru

create new markets and business opportunities in the sectors of recycling and servicing of goods. It is also assumed that circular business models can increase the competitiveness of companies through innovation and optimization of production processes. In addition, circular economic systems will contribute to the development of innovative technologies and processing methods aimed at more efficient use of raw materials and materials.

Keywords: circular economy; closed-loop economy; life cycle; resource efficiency; waste management.

Received: Saturday 3rd August, 2024 / Revised: Sunday 18th August, 2024 /

Accepted: Tuesday 3rd September, 2024 / First online: Monday 30th September, 2024

Competing interests: No competing interests.

References

1. Ratner S.V. Circular economy: theoretical foundations and practical applications in the field of regional economy and management // *Innovations*. – 2018. – No. 9(239). – pp. 29–37. (In Russ.). EDN: JGEBZN
2. Mochalova L.A. Circular economy in the context of implementing the concept of sustainable development // *Journal of New Economy*. – 2020. – Vol. 21. – No. 4. – pp. 5–27. EDN: DWBMIT
3. World Population by Year. <https://www.worldometers.info/world-population/world-population-by-year/>, (date accessed: 27.06.2024).
4. Mochalova L.A., Sokolova O.G. Theory, methodology and methodology for the transition to a circular economy in the field of subsoil use: scientific monograph. – Ekaterinburg: Ural State Mining University. – 2021. – 147 p. (In Russ.) EDN: IRKWCI
5. Boulding K.E. The Economics of the Coming Spaceship Earth. – New York: RFF Press. – 1966. – pp. 3–14. https://arachnid.biosci.utexas.edu/courses/THOC/Readings/Boulding_Spaceship_Earth.pdf (date accessed: 05.12.2022).
6. Pakhomova N.V., Richter K.K., Vetrova M.A. Transition to Circular Economy and Closed-Loop Supply Chains as Driver of Sustainable Development // *St. Petersburg University Journal of Economic Studies*. – 2017. – Vol. 33. – No. 2. – pp. 244–268. (In Russ.) EDN: ZCMMCv
7. Cherepovitsyn A.E., Lebedev A.P. Possibilities of closed-cycle technologies in the oil and gas complex // *Russian Journal of Innovation Economics*. – 2022. – Vol. 12. – No. 2. – pp. 1185–1198. (In Russ.) EDN: WIWNSG
8. Gutman S.S., Manakhova M.S. Formation of a system of indicators for assessing the implementation of the circular economy concept in the regions of the Russian Federation // *Sever i rynok: formirovanie ekonomicheskogo poriyadka*. – 2021. – Vol. 24. – No. 2(72). – pp. 81p–95. (In Russ.) EDN: XDZLXU
9. Kanda W., Geissdoerfer M., Hjelm O. From circular business models to circular business ecosystems // *Business Strategy and the Environment*. – 2021. – Vol. 30. – № 6. – pp. 2814–2829. <https://doi.org/10.1002/bse.2895>
10. Hunger T., Arnold M., Ulber M. Circular value chain blind spot – A scoping review of the 9R framework in consumption // *Journal of Cleaner Production*. – 2024. – Vol. 440. – 140853. ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.140853>.
11. Morsetto P. Targets for a circular economy. // *Resources, Conservation and Recycling*. – 2020. – Vol. 153. 104553. ISSN 0921-3449, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104553>.

12. Ellen MacArthur Foundation. Towards the Circular Economy: Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition. https://kidv.nl/media/rapportages/towards_a_circular_economy.pdf?1.2.1, (date accessed: 28.06.2024).
13. Circular Economy Action Plan (CEAP). Summary for business. Implications and next steps. – 2020. https://docs.wbcsd.org/2020/11/WBCSD_Circular_Economy_Action_Plan_2020{Summary_for_business.pdf (date accessed: 28.06.2024).
14. Ghisellini P., Cialani C., Ulgiati S. A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems // Journal of Cleaner Production. – 2016. – Vol. 114. – pp. 11–32. ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>.
15. Bocken N.M.P., de Pauw I., Bakker C., van der Grinten B. Product design and business model strategies for a circular economy // Journal of Industrial and Production Engineering. – 2016. – Vol. 33. – № 5. – pp. 308–320. <https://doi.org/10.1080/21681015.2016.1172124>
16. The Circularity Gap Report. – 2021. <https://www.circle-economy.com/resources/circularity-gap-report-2021>, (date accessed: 01.07.2024).
17. The Circularity Gap Report. – 2024. <https://www.circularity-gap.world/2024>, (date accessed: 01.07.2024).
18. World GDP History 1960–2024. <https://countrycassette.com/world-gdp-history/> (date accessed: 01.07.2024).
19. Steinmann Z.J.N., Schipper A.M., Hauck M. [et al.] Resource Footprints are Good Proxies of Environmental Damage // Environmental Science & Technology. – 2017. – Vol. 51. – No. 11. – pp. 6360–6366.
20. Hickel J. The sustainable development index: Measuring the ecological efficiency of human development in the anthropocene // Ecological Economics. – 2020. – Vol. 167. – pp. 106331. ISSN 0921-8009, <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.05.011>.
21. Tsvetkov P., Andreichyk A., Kosarev O. The impact of economic development of primary and secondary industries on national CO2 emissions: The case of Russian regions // Journal of Environmental Management. – 2024. – Vol. 351. – 119881. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119881>.
22. Ellen MacArthur Foundation. The Nature Imperative: How the circular economy tackles biodiversity loss. https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/the_nature_imperative_how_the_circular_economy_tackles_biodiversity_loss.pdf, (date accessed: 20.07.2024).
23. Bocken N.M.P., Harsch A., Weissbrod I. Circular business models for the fast moving consumer goods industry: Desirability, feasibility, and viability // Sustainable Production and Consumption. – 2022. – Vol. 30. – pp. 799–814. ISSN 2352-5509, <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.01.012>.
24. Food Waste Index Report 2024. Think Eat Save: Tracking Progress to Halve Global Food Waste. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/45230>, (date accessed: 03.07.2024).
25. Ellen MacArthur Foundation. A New Textiles Economy: Redesigning fashion's future. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/a-new-textiles-economy>, (date accessed: 03.07.2024).
26. McGinty D.B. 5 Opportunities of a Circular Economy. <https://www.wri.org/insights/5-opportunities-circular-economy>, (date accessed: 03.07.2024).
27. Amirova N.R., Sargina L.V., Kondratyeva Ya.E. Circular economy: opportunities and barriers // University proceedings. Volga region. Social sciences. – 2021. – No. 3(59). – pp. 187–201. (In Russ.) EDN: CBRDLS

28. Ma H.W. Shih H.C., Liao M.I. Circular Economy and New Research Directions in Sustainability // International Series in Operations Research and Management Science. – 2021. – pp. 141–168. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58023-0_6
29. Bauwens, T. Are the circular economy and economic growth compatible? A case for post-growth circularity // Resources, Conservation and Recycling. – 2021. – Vol. 175. – 105852. ISSN 0921-3449, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105852>.
30. Hofmann F. Circular business models: Business approach as driver or obstructer of sustainability transitions? // Journal of Cleaner Production. – 2019. – Vol. 224. – pp. 361–374. ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.115>.
31. Skobelev D.O., Fedoseev S.V. Resource Efficiency Policy and Circular Economy Development // Competency. – 2021. – No. 3. – pp. 5–13. (In Russ.) EDN: ICAZSG
32. Kirchherr J., Piscicelli L., Bour R., Kostense-Smit E., Muller J., Huibrechtse-Truijens A., Hekkert M. Barriers to the Circular Economy: Evidence From the European Union (EU) // Ecological Economics. – 2018. – Vol. 150. – pp. 264–272. ISSN 0921-8009, <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.04.028>.
33. Babkin A., Shkarupeta E., Tashenova L., Malevskaia–Malevich E., Shchegoleva T., Framework for assessing the sustainability of ESG performance in industrial cluster ecosystems in a circular economy // Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity. – 2023. – Vol. 9. – No. 2. – 100071. ISSN 2199-8531, <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2023.100071>.
34. Veyssiere S., Uzunidis D., Kasmi F., Adatto L. Circularity – The Circular Economy as an Innovative Process // Innovation Economics, Engineering and Management Handbook 2: Special Themes. Wiley. ISTE Editions. – 2021. – pp. 75–83. <https://doi.org/10.1002/9781119832522.ch7>.
35. Gureva M.A. Circular economy as an innovative development model of socio-economic space // Russian Journal of Innovation Economics. – 2019. – Vol. 9. – No. 4. – pp. 1295–1316. (In Russ.) EDN: XTLIJZ
36. Fura B. Stec M., Mis T. Statistical Evaluation of the Level of Development of Circular Economy in European Union Member Countries // Energies. – 2020. – Vol. 13. – No. 23. – 6401. <https://doi.org/10.3390/en13236401>.
37. Kaza S., Yao L.C., Bhada-Tata P., F. Woerden V. What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Urban Development. World Bank. Washington DC. – 2018. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1329-0>.
38. Rating of countries by level of waste recycling. <https://nonews.co/directory/lists/countries/recycling>, (date accessed: 05.07.2024).
39. Ministry of Environment. Land & Waste. <https://eng.me.go.kr/eng/web/index.do?menuId=466>, (date accessed: 07.07.2024).
40. Block S., Emerson J.W., Esty D.C., Sherbinin A., Wendling Z.A. 2024 Environmental Performance Index. New Haven. CT: Yale Center for Environmental Law & Policy. – 2024. – 204 p. <https://epi.yale.edu/downloads/2024-epi-executive-summary.pdf>