

Системная трансформация линейной модели экономики в циркулярную: проблемы и перспективы в современных российских реалиях

Несиоловская Татьяна Николаевна 

Доктор технических наук, профессор

ФГАОУ ВО «Ярославский государственный технический университет», г. Ярославль, Россия

E-mail: nesiolovskayatn@ystu.ru

Упина Алина Евгеньевна

магистрант

ФГАОУ ВО «Ярославский государственный технический университет», г. Ярославль, Россия

E-mail: alina-lina-2001@yandex.ru

Аннотация. Показано, что переход от линейной модели экономики к циркулярной должен рассматриваться с точки зрения системного подхода, выделены элементы системы трансформации. Выявлено, что задача управления состоит в формировании масштабной экосистемы, характеризующейся высокой эффективностью операций по мониторингу, сбору и переработке отходов. Представлен инструментарий перехода к циркулярной модели экономики, позволяющий моделировать процессы использования ресурсов и утилизации отходов и тем самым снизить рост отрицательных экстерналий. Показано, что трансформация линейной модели экономики в циркулярную потребует консолидированных решений в области цифровых технологий, логистики, технологий переработки и утилизации отходов..

Ключевые слова: циркулярная экономика, трансформация, системный подход, экология, утилизация, переработка, инструментарий

JEL codes: D02, O43; B41

DOI: <https://doi.org/10.52957/2221-3260-2024-6-114-123>

Для цитирования: Несиоловская, Т.Н. О пределах роста в экономике: подход с позиций института солидаризма / Т.Н. Несиоловская, А.Е. Упина. - Текст : электронный // Теоретическая экономика. - 2024 - №6. - С114-123. - URL: <http://www.theoreticaleconomy.ru> (Дата публикации: 30.06.2024)

Введение

В последние четыре года российская экономика находится в новых трудно предсказуемых условиях – пандемия, СВО, постоянно возрастающие санкции со стороны запада, логистические проблемы и т.д., что привело к нарушению относительного баланса спроса и предложения на большинстве российских рынков. В 2023 г. потребительский спрос значительно возрос под воздействием объективных и субъективных факторов (рост реальной заработной платы, увеличение государственной поддержки, ожидаемое снижение доступности кредитов и т.д.) [1]. В этой связи важнейшей задачей для государства и бизнеса явилось всестороннее стимулирование производства максимально широкого спектра товаров и услуг для удовлетворения растущего потребительского спроса.

Траектория развития экономики традиционно базируется на линейной модели, основанной на принципе «take, make, waste» - ресурсы и сырье идут на производство товаров, которые поставляются конечным потребителям, а после использования становятся отходами (рисунок 1).

Реализация линейной модели характеризуется рядом отрицательных последствий для

стабильного развития экономики как с экологической, так и с экономической позиций, важнейшими из которых являются:

- усиление загрязнения окружающей среды;
- нарастание дефицита сырья и энергетических ресурсов.
- рост площадей под полигоны производственных и бытовых отходов и неорганизованных свалок.

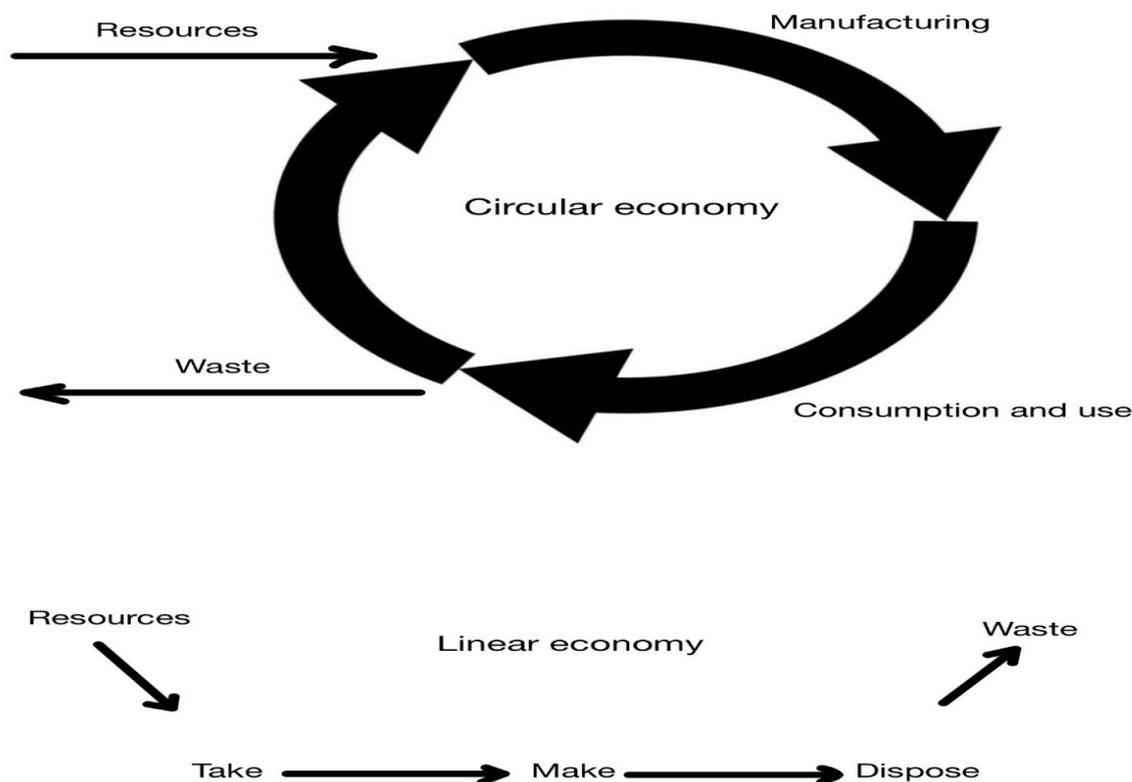


Рисунок 1 – Циркулярная и линейная модели экономики

Источник: составлено авторами

Мировой Банк (The World Bank) приводит данные, согласно которым каждый год в мире образуется около 2 млрд тонн твердых бытовых отходов (ТБО), т.е. в среднем на человека в день приходится 0,74 кг отходов, из которых не более 77 % утилизируются. При этом как образование, так и утилизация ТБО происходят в разных странах неоднородно. В развитых странах с высоким уровнем дохода, где проживает 16 % мирового населения, образуется практически треть мировых отходов - 683 млн тонн и по прогнозам экспертов к 2050 году образование ТБО на душу населения увеличится на 19 %. Утилизация ТБО в этих странах планируется с опережающим ростом по сравнению с существующей в настоящий момент ситуацией. В странах с низким и средним уровнем доходов прогнозы обещают значительно более резкое увеличение количества образующихся ТБО - до 40 % на душу населения при неизменно низкой их утилизации [2].

Одним из драйверов стабильного развития экономики в развитых странах считают переход к циркулярной модели, основанной на принципе «трех R» - уменьшать (reduce), повторно использовать (reuse) и перерабатывать (recycle) (рисунок 1).

По мнению европейских экспертов, переход к циркулярной экономике (экономике замкнутого цикла) приносит государству и обществу три неоспоримых преимущества:

- снижение негативного экологического воздействия за счет уменьшения использования ресурсов при производстве товаров и услуг;
- сокращение производственных затрат благодаря уменьшению использования первичных

ресурсов;

- появление новых рынков, что в свою очередь способствует созданию новых рабочих мест и повышению общего уровня благосостояния населения.

По состоянию на 2024 год Россия в списке самых экологически чистых стран, составленном ООН, занимает 32-е место из 180 и, к сожалению, ситуация в стране не меняется в лучшую сторону, есть риск снижения показателей индекса экологической эффективности [3]. Рост отрицательных экстерналий (как ресурсных, так и экологических) обусловлен увеличением количества ТБО в системе потребления. В этой связи переход к циркулярной модели экономики является для России чрезвычайно актуальным.

Цель исследования - оценить инструментарий перехода к циркулярной модели экономики в современных российских реалиях, позволяющий сформировать масштабную экосистему, характеризующуюся высокой эффективностью операций по мониторингу, сбору и переработке отходов.

Методы

В работе использовался системный подход, аналитический подход, методы количественного и качественного анализа.

При переходе к циркулярной модели экономики предлагается применять системно-теоретическую перспективу, которая рассматривает сложные системы как совокупность подсистем, взаимосвязей и функций.

С позиций «жесткого» системного подхода, наполнение потребительского рынка можно представить как деятельность, которая относится к созданию товаров путем преобразования входов $X(t)$, т.е. ресурсов в выходы $Y(t)$, т.е. получению потребителями продукции (рисунок 2).



Рисунок 2 – Процесс трансформации ресурсов в продукцию

Источник: составлено авторами

Скорость и уровень процессов трансформации определяется характеристиками экономической системы. Влияние внешней среды на экономическую систему заключается в воздействии экологических, политических, экономических, социальных факторов.

Роль и соотношение этих факторов могут различаться и, в соответствующих условиях, можно говорить о рисках – экологических, политических, технологических и т.д. Задачи управления (на федеральном, территориальном и операционном уровнях) сделать так, чтобы имеющиеся препятствия стали триггерами развития экономической системы.

Основным недостатком «жесткой» системной методологии являются: излишняя структуризация, игнорирование факторов функционирования системы не поддающихся количественной оценке.

Существенной чертой экономических систем является то, что они, как правило, являются «слабоструктурированными», то есть не имеют четкой структуры. Системный подход в таком случае должен не только ответить на вопрос об оптимальных путях достижения заданной цели, но и помочь правильно сформулировать саму цель системы. Именно поэтому в качестве методологического базиса для использования системного подхода применяют «мягкую системную методологию».

Адекватное «основное определение» системы должно включать, по крайней мере, шесть элементов,

которые обозначают мнемоническим символом CATWOE. Центральным элементом является процесс трансформации (Т), посредством которого заданные исходные условия преобразуются в требуемый результат. Следующий элемент – владелец (О) системы. Внутри самой системы выделяются действующие лица (А) осуществляющие основные виды ее деятельности. Внутри и вне системы находятся внутренние и внешние потребители (С), для которых функционирование системы оборачивается созданием добавленной ценности и на которых, следовательно, оказывает влияние деятельность, осуществляемая системой. Пятый элемент - ограничение со стороны окружающей среды (Е). Шестой элемент редко выражается явным образом, но неявно всегда присутствует в определениях системы и представляет концептуальные рамки, позиции и предпосылки (W). Данный цикл позволяет проактивно реагировать на проблемную ситуацию.

По-видимому в рамках настоящего исследования следует использовать отдельные элементы как «жесткого» так и «мягкого» системных подходов.

В рамках «жесткого» системного подхода можно считать, что выход (произведенная продукция и последующая утилизация ТБО) определяется уровнем управления.

На федеральном уровне выходом является выполнение поставленных стратегических задач. На территориальном уровне - создание рекомендаций по выполнению стратегических задач. На операционном уровне - мониторинг, сбор и переработка отходов.

В рамках «мягкой» системной методологии можно рекомендовать выделить инструменты управления, которые позволят осуществить процесс трансформации «входа» в систему в требуемый результат («выход»).

Инструментами, обеспечивающими согласованность уровней управления являются: управление спросом и предложением, инструменты социальных реформ, регулирующие инструменты, экономические инструменты.

Правовой основой исследования явились законодательные и нормативные акты Российской Федерации.

Результаты

Основой для развития циклической экономики в России является Стратегия экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года (Указ Президента РФ от 19.04.2017 № 176). В Стратегии дана оценка текущего состояния экологической безопасности, согласно которой состояние окружающей среды на территории Российской Федерации, где сосредоточены большая часть населения страны, производственных мощностей и наиболее продуктивные сельскохозяйственные угодья (около 15 % территории страны), оценивается как неблагоприятное по экологическим параметрам.

Стратегией экологической безопасности РФ ставятся задачи, обеспечивающие устойчивое развитие регионов за счет:

- эффективного использования природных ресурсов;
- повышения уровня утилизации отходов производства и потребления;
- развития системы эффективного обращения с отходами производства и потребления;
- создания индустрии утилизации, в том числе повторного применения отходов;
- стимулирования внедрения наилучших доступных технологий и др.

Рекомендации по выполнению стратегических задач основаны на особенностях циркуляционной экономики [4]:

– усиленный контроль за запасами природных ресурсов и соблюдением устойчивого баланса возобновляемых ресурсов для сохранения и поддержания на неистощимом уровне природного капитала;

– оптимизация процессов потребления путем разработки и распространения продукции, комплектующих и материалов, отвечающих самому высокому уровню их повторного использования;

- выявление и предотвращение негативных внешних эффектов текущей производственной

деятельности с целью повышения эффективности экономической и экологической систем.

Управление на операционном уровне базируется на трех основополагающих принципах решения проблемы переработки отходов [5]:

- повторно использовать и перерабатывать ценные компоненты отходов в качестве вторсырья;
- при невозможности повторной переработки отходы необходимо использовать как вторичные энергетические ресурсы;
- когда вышеназванные способы неприемлемы, отходы могут быть определены для полигонного захоронения.

Использование инновационных методов производства, которые основаны на повторном использовании сырья – одно из несомненных достоинств циркулярной модели экономики, открывающей простор для развития новых технологий.

Исходя из вышесказанного, инструментарий внедрения циркулярной экономики можно разделить на четыре технологические группы:

- цифровые технологии;
- биотехнологии;
- физические технологии;
- технологии переработки и утилизации отходов.

Группа цифровых технологий позволяет отслеживать и контролировать использование ресурсов и утилизацию отходов и моделировать действия по обеспечению оптимального первичного и вторичного использования сырья и материалов. К инструментам данной группы относятся: цифровые двойники; облачные технологии; «блокчейн»; интернет вещей.

Цифровой двойник представляет виртуальную модель любых объектов, систем, процессов или людей, которая точно воспроизводит форму и действия оригинала, синхронизирована с ним и позволяет моделировать поведение оригинала в тех или иных условиях [6]. Это помогает экономить время и средства, особенно, если речь идет о сложном и дорогостоящем объекте.

Облачные технологии представляют вычислительные ресурсы, не требующие дополнительной инфраструктуры. Они позволяют сокращать количество серверов, хранилищ и устройств, необходимых для физической конфигурации. Достигается максимальная отдача от используемого оборудования, что значительно сокращает количество потребляемых ресурсов.

Технология «Блокчейн» обеспечивает достоверность данных и наглядное отслеживание жизненного цикла продукции и используется для учета разных активов, надежного распределения и хранения записей всех совершенных и совершаемых транзакций [7]. Записи, находящиеся в блокчейне, не подлежат удалению или изменению, что дает возможность осуществлять контроль за использованием ресурсов и осуществлять государственный надзор за соблюдением законодательства в сфере использования и утилизации отходов.

Такая технология как интернет вещей в первую очередь способна обеспечить наиболее рациональное использование всех подключенных устройств, минимизацию используемой энергии и сокращение постоянных издержек за счет специальных датчиков, подсоединяемых к устройствам, обеспечивающим точность в сфере обслуживания [8]. Технология дает возможность прогнозировать сроки бесперебойной работы оборудования, тем самым производить своевременный ремонт, минимизировать простои и увеличить экономию ресурсов.

Группа биотехнологий предлагает методы, основанные на использовании живых организмов и их составляющих для производства продуктов и решения задач утилизации, являясь ключевыми факторами для создания экологически чистого мира [9]. К инструментам данной группы относятся биоэнергетика и биоматериалы.

Биоэнергетика, основанная на использовании биологических процессов (биомасса и биогаз) для получения электричества и других форм энергии позволяет перейти от природных ископаемых источников энергии к возобновляемым. Это не только сокращает потребление природных ископаемых,

но и снижает негативное воздействие на окружающую среду.

Биоматериалы применяются для создания растений или микроорганизмов, которые можно использовать для разработки новых сельскохозяйственных культур с возможностью роста на ранее непригодных для выращивания почвах, а также в качестве «живых» инструментов утилизации отходов.

Группа физических технологий позволяет существенно улучшить процессы производства и потребления, снизив потребность в человеческом труде и материалах [10]. К инструментам данной группы относятся 3D-печать, робототехника и нанотехнологии.

3D-печать (аддитивные технологии) дает возможность создавать предметы и детали из различных материалов без использования традиционных методов, что позволяет экономить ресурсы за счет минимизации отходов сырья в процессе производства и уменьшать выбросы в окружающую среду. Возможность производить индивидуальные изделия и запасные части на заказ способствует эффективному использованию ресурсов за счет уменьшения потребности в массовом производстве и хранении продукции. Аддитивные технологии позволяют развернуть производство изделий практически в любой точке территории, что резко сокращает транспортные расходы и обеспечивает оптимизацию логистических цепей.

Робототехника позволяет автоматизировать процессы изготовления продукции и рециклинга, что увеличивает эффективность использования ресурсов и позволяет уменьшить негативное воздействие на окружающую среду.

Нанотехнологии предлагают возможности для создания материалов с уникальными свойствами и функциями, что позволяет повысить долговечность производимой продукции и сократить расходы на ее послепродажное обслуживание, тем самым обеспечивая оптимальное использование ресурсов, рост энергоэффективности и снижение негативного воздействия на окружающую среду.

Группа технологий переработки и утилизации отходов должна быть ориентирована на максимальное возвращение их в жизненный цикл продукции в виде материальных и/или энергетических ресурсов. Однако управление отходами в России осуществляется преимущественно захоронением, компостированием и сжиганием, что негативно влияет на окружающую среду и уменьшает возможность использования ценных вторичных ресурсов.

В соответствии с предложенным системным подходом рассмотрим переход от линейной модели экономики к циркулярной в соответствии с уровнями управления.

На федеральном уровне с 1 января 2019 года вступили в силу изменения в системе обращения с отходами, призванные установить порядок в процессе их сборки и утилизации. Наряду с борьбой против незаконных свалок предполагается строительство заводов для глубокой переработки мусора.

На территориальном уровне должны быть выполнены показатели, установленные паспортом федерального проекта «Комплексная система обращения с ТКО» в рамках национального проекта «Экология». Так, например, для Ярославского региона количество перерабатываемых отходов должно постоянно возрастать и к 2024 году превысить 80 % (рисунок 3).

На операционном уровне для выполнения поставленной задачи в Ярославской области ведется комплексная работа по мониторингу, сбору и переработке отходов. Целевая функция - увеличение темпов и расширение инфраструктуры для сортировки и переработки отходов. Производится оборудование для мусоропереработки, восстановление площадок для сбора твердых бытовых отходов, внедрение системы раздельного сбора, реконструкция мусоросортировочной станции «Чистый город». В период с 2025 по 2026 годы планируется реализация проекта по строительству нового комплекса переработки отходов.

В настоящее время имеются разнообразные проекты для реализации «Комплексной системы обращения с ТКО» на территории Ярославской области, стоимость которых составляет от 2 до 5 миллиардов рублей. Предполагается, что инвесторы будут задействованы федеральным оператором для финансирования этих проектов.

СТАТИСТИКА ОБРАБОКИ ОТХОДОВ 2022-2024ГГ

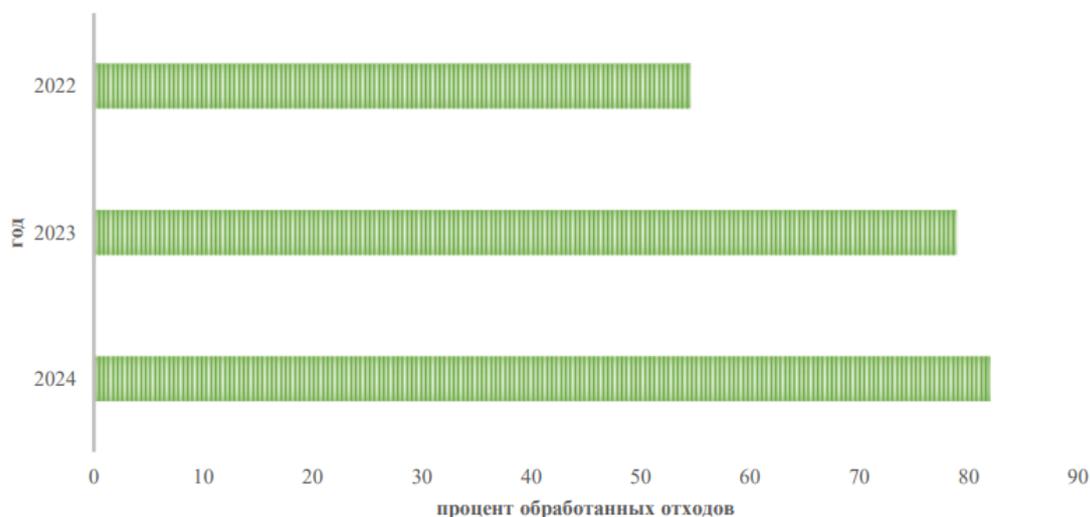


Рисунок 3 – Показатели уровня переработки отходов для Ярославля [11]

Источник: составлено авторами

Таким образом, Ярославская область активно устраняет проблемы, связанные с переходом от линейной модели экономики к циркуляционной модели. Главными препятствиями на пути к достижению этой цели в регионе являются неразвитость инфраструктуры и сферы услуг, недостаток информации об объемах собираемых и перерабатываемых отходов.

Преодоление этих препятствий возможно за счет следующих основных тенденций рынка трансформации цифровых технологий, биотехнологий и физических технологий:

- производство смарт-систем для сбора отходов («умные контейнеры» с установленными на них датчиками);
- оптимизация логистических цепочек и оснащение автопарка специализированным программным обеспечением и датчиками («умные мусоросборники»);
- производство и внедрение интеллектуальных систем переработки и утилизации твердых бытовых отходов;
- разработка и применение облачных технологий и пользовательских интерфейсов.

Комплексное использование данных технологий направлено на создание эффективных логистических цепочек, оптимизацию транспортных маршрутов и контроль над вывозом мусора в том числе с помощью беспилотных летающих аппаратов, что позволит сократить время работы мусоровозов, затраты на топливо и риск возгораний, а также контролировать объемы отходов и соблюдать границы полигонов. Дистанционный контроль повышает качество окружающей среды, создание сервиса управления отходами объединяет компании и дает возможность применения дополненной реальности для контроля за переходом от линейной модели экономики к циркулярной.

Заключение

Таким образом, применение системно-теоретической перспективы, рассматривающей сложную экономическую систему как совокупность подсистем, связей и функций позволяет взаимоувязать задачи управления процессом трансформации линейной модели экономики в циркулярную на федеральном, территориальном и операционном уровнях. Комплексное применение разнообразных инструментов обеспечивает формирование масштабной экосистемы, включающей государственные и территориальные органы, муниципалитеты, перевозчиков, региональных операторов, которые смогут качественно перестроить инфраструктуру утилизации и переработки отходов, снимая

вопросы по объему мусора, местам его накопления, своевременности вывоза, условиям переработки и транспортировки. Тем самым осуществляется переход к экономике замкнутого цикла, улучшающей экологические и экономические параметры российских территорий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Потребительский рынок России: итоги 2023 г. – перспективы на 2024 г. Доклан ТПП России, гл. 3 от 05.04.2024.
2. Абрамов А., Акимов М. Твердые бытовые отходы (ТБО) // Экологические проблемы России и мира, связанные с твердыми бытовыми отходами. - Электронный ресурс. <https://www.kp.ru/family/ecology/tverdye-bytovye-otkhody/>. Дата обращения (13.05.2024)
3. Рейтинг стран по экологии в 2023-2024 году. Официальная статистика. Электронный ресурс <https://visasam.ru/emigration/vybor/ekologiya-v-stranah-mira.html>. Дата обращения (14.05.2024)
4. Амирова Н., Кондратьева Я. Инструменты и методы внедрения циркулярной экономики // Постсоветский метрик. - 2022. - 19 с.
5. Хорошавин Л.Б., Беляков В.А., Свалов Е.А. Основные технологии переработки промышленных и твердых коммунальных отходов // Екатеринбург: Изд-во Уральского университета. 2016. - 220 с.
6. Пономарев К. С., Феофанов А. Н., Гришина Т. Г. Цифровой двойник предприятия как инструмент цифровой трансформации производств // Цифровая экономика: оборудование, управление, человеческий капитал: Материалы конференции. - Вологда, 2018. С. 73-76
7. Калимбет Е. Ю. Экономическая сущность технологии блокчейн // Экономическая безопасность спортивной индустрии. – 2018. – С. 29-33
8. Огневцев С.Б. Цифровизация экономики и экономика цифровизации АПК // Международный сельскохозяйственный журнал. - 2019. - № 2. С. 77-80
9. Каренов Р. С., Бекишев К. Б. Биотехнология: ее роль и место в научно-техническом прогрессе // Вестник карагандинского университета. Сер. Биология. Медицина. География. - 2018. - № 3 (91). – С. 53-57
10. Shuaib M., Haleem A., Kumar S., Javaida M. Impact of 3D Printing on the environment: A literature-based study // Sustainable Operations and Computers. -2021. - № 2. P. 57-63
11. Маркин, М. И. Экономические подходы к переработке отходов: аналитическое исследование. – 2024. – № 12(161). – С. 834-837. – DOI 10.34925/EIP.2023.161.12.161. – EDN FKUFFB.
12. Маркин, М. И. Применение нечеткого SWOT-анализа при разработке маркетинговой стратегии компании / М. И. Маркин // Экономика и предпринимательство. – 2024. – № 7(168). – С. 1391 -1394
13. Куликова М.С., Арустамов Э.А., Левакова И.В. Экология и обращение с отходами в Ярославской области // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №6 (2017) <https://naukovedenie.ru/PDF/110EVN617.pdf> (доступ свободный)
14. Rony Medaglia. Digital government and the circular economy transition: An analytical framework and a research agenda / Rony Medaglia, Borianana Rukanova, Ziyang Zhang // Government Information Quarterly 41 (2024) 101904
15. Рязанова Олеся Евгеньевна, Кузнецова Дарья Сергеевна ЦИРКУЛЯРНАЯ ЭКОНОМИКА КАК МЕХАНИЗМ ПРЕОДОЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО КРИЗИСА 2020 // Теоретическая экономика. 2021. №5 (77). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsirkulyarnaya-ekonomika-kak-mehanizm-preodoleniya-ekonomicheskogo-krizisa-2020>.

Systemic transformation of the linear model of the economy into a circular one: problems and prospects in modern russian realities

Nesiolovskaya Tatiana Nikolaevna

Doctor of Technical Sciences, Professor

Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, Russia

E-mail: nesiolovskayatn@ystu.ru

Uppina Alina Evgenevna

undergraduate student

Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, Russia

E-mail: alina-lina-2001@yandex.ru

Abstract. It is shown that the transition from a linear model of the economy to a circular one should be considered from the point of view of a systematic approach, the elements of the transformation system are highlighted. It is revealed that the task of management is to form a large-scale ecosystem characterized by high efficiency of operations for monitoring, collection and recycling of waste. A toolkit for the transition to a circular economy model is presented, which allows modeling the processes of resource use and waste disposal and thereby reducing the growth of negative externalities. It is shown that the transformation of the linear model of the economy into a circular one will require consolidated solutions in the field of digital technologies, logistics, recycling and waste disposal technologies.

Keywords: circular economy, transformation, systematic approach, ecology, recycling, recycling, tools