

УДК 338.2

СУНАГАТОВА Е.И., студент гр. ОУБ-221(КузГТУ)
Научный руководитель ГАЛАНИНА Т.В., к.с.-х.н., доцент (КузГТУ)
г. Кемерово

**РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В КОНТЕКСТЕ РАЗВИТИЯ
ЦИРКУЛЯРНОЙ ЭКОНОМИКИ**

Современная мировая экономика переживает серьезный кризис из-за ухудшения состояния окружающей среды. Как показано в докладе ООН, деятельность человека стала настолько масштабной, что начала влиять на основные природные процессы на Земле [1]. Активная добыча полезных ископаемых привела к их истощению, сокращению площади лесов и загрязнению водных ресурсов.

В то же время многие страны практически исчерпали возможности по переработке промышленных и бытовых отходов. Согласно отчету The Circularity Gap, только 8,6% материалов в мире используются повторно, что показывает огромный потенциал для улучшения системы использования ресурсов [4].

В ответ на эти проблемы мировое сообщество предлагает перейти к циркулярной экономике замкнутого цикла. Как отмечается в российском стандарте ПНСТ 452.1-2020, такой подход может стать решением проблем нехватки ресурсов, изменения климата и создания новых ценностей [9].

1. Теоретические основы циркулярной экономики. Циркулярная экономика определяется как модель производства и потребления, направленная на минимизацию отходов и эффективное использование ресурсов путём их повторного использования, переработки и восстановления [6].

В научной литературе существует несколько подходов к определению этого понятия. С одной стороны, это «устойчивая экономика, в которой происходит преимущественное замещение природных ресурсов вторичными материалами», с другой – «способ преодоления существующей модели производства и потребления, основанный на постоянном росте и увеличении объема ресурсов» [8]. Доминантной идеей среди большинства классических определений является сохранение или увеличение экономической ценности производимого продукта при одновременном сокращении используемого сырья, а также ограничение экологически вредного обращения.

Конечная цель циркулярной экономики видится в повышении качества жизни всех заинтересованных сторон путем устранения отходов и утечек из традиционных экономических цепочек поставок за счет сокращения, повторного использования и переработки на каждом этапе, таким образом замыкая цепь и поддерживая ценность внутри компании [2].

Основополагающие принципы:

Согласно стандарту ПНСТ 452.2-2020, главная цель внедрения принципов экономики замкнутого цикла на предприятии — создание коммерческой

ценности в долгосрочной перспективе [10]. Работа предприятия должна основываться на шести ключевых принципах, которые являются «основой для принятия решений и выстраивания модели поведения компании».

На рисунке 1 установлены шесть основных принципов ЭЗЦ, а также приведены рекомендации по их применению.

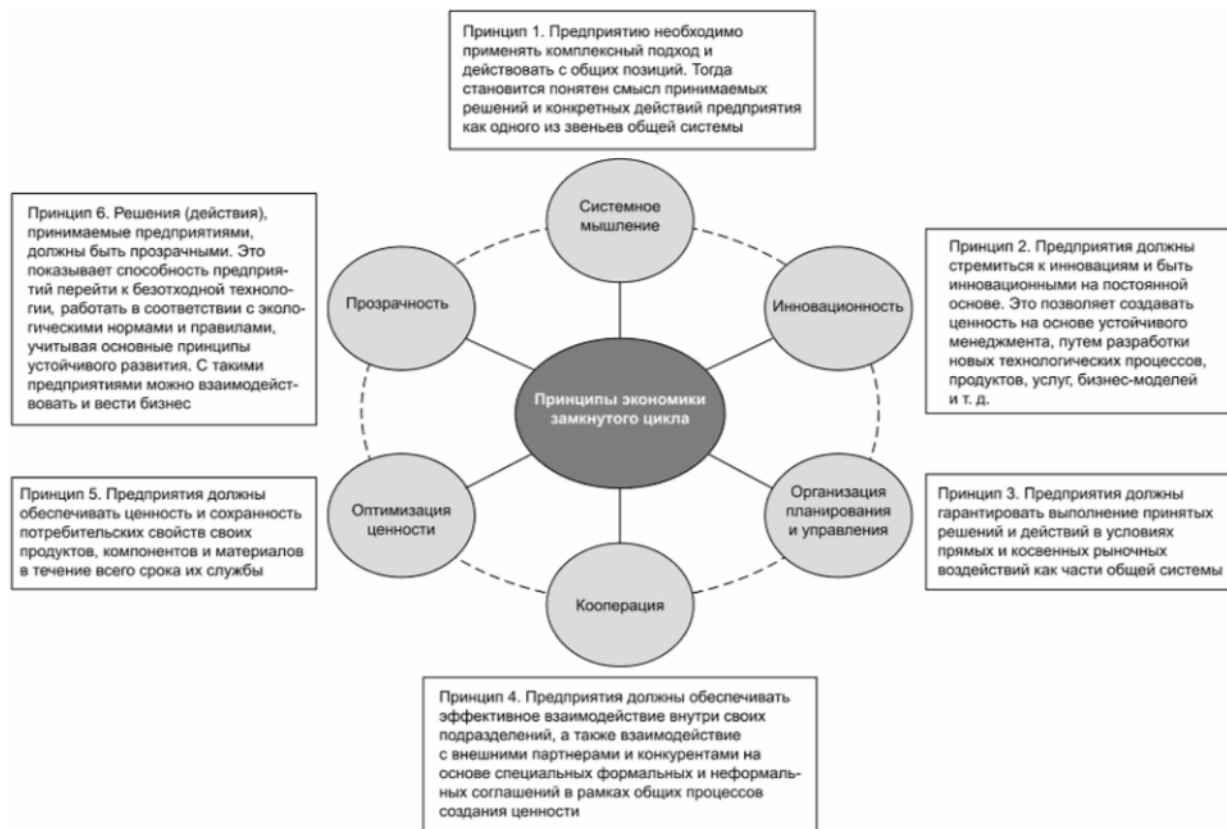


Рисунок 1. Графическое представление 6 основных принципов экономики замкнутого цикла.

Указанные шесть основных принципов ЭЗЦ - это основа для принятия решений и выстраивания модели поведения компании. Степень соответствия культуры производства и проводимых мероприятий данным принципам определяется индивидуально.

2. Ресурсосберегающие технологии в контексте циркулярности

2.1. Технологии на стадии проектирования и производства. Внедрение экологических инициатив невозможно без технологических инноваций производственных процессов, использования возобновляемых материалов и технологий, экологического проектирования. Как отмечается в исследованиях, особо важное значение приобретают изначальная ориентация производства на использование качественных экологичных материалов, а также возможность их восстановления, ремонта и совместного разумного потребления [2].

Ключевые направления включают:

Использование вторичного и биоразлагаемого сырья - направления устойчивого развития, ориентированные на сокращение отходов и снижение негативного воздействия на окружающую среду. В лесном секторе, например,

изучаются возможности переработки волокон и повторного использования древесины в качестве материала, что позволяет сохранять ее как поглотитель углерода [5].

Модульный и разборочный дизайн продукции - проектирование изделий, предусматривающее их легкий разбор и восстановление. Это особенно актуально для электроники, где модульный дизайн позволяет продлить жизненный цикл устройств [5].

Аддитивное производство (3D-печать) - технологии, снижающие отходы производства за счет послойного создания изделий. Как показывают исследования, это позволяет значительно сократить материалоемкость производства [5].

2.2. Технологии на стадии использования

На этапе эксплуатации ресурсосбережение обеспечивают передовые технологические решения:

«Умные» сети управления энергопотреблением (Smart Grid) - системы, позволяющие оптимизировать энергопотребление в реальном времени. В сельском хозяйстве, например, внедрение таких систем позволяет снизить энергоемкость производства в защищенном грунте [3].

Технологии очистки и повторного использования воды - создание замкнутых водных циклов на предприятиях. В промышленности это реализуется через системы очистки сточных вод и их повторного использования в технологических процессах [1].

Цифровые платформы совместного использования - развитие шеринг-экономики через специальные цифровые приложения. Как отмечается в исследованиях, это позволяет обеспечить более эффективное использование продуктов и продление их жизненного цикла [2].

2.3. Технологии на стадии утилизации

Замыкание материальных потоков обеспечивают современные технологии переработки.

Технологии сортировки отходов на основе компьютерного зрения и ИИ - автоматизированные системы, повышающие эффективность разделения отходов. Внедрение таких систем особенно актуально для электронных отходов, содержащих редкоземельные металлы [5].

Глубокая переработка отходов методами пиролиза - технологии термического разложения отходов без доступа кислорода. Например, в лесном секторе это позволяет перерабатывать древесные отходы вместо их простого сжигания [5].

Технологии извлечения ценных компонентов из сложных отходов - методы рекуперации материалов из сложных продуктов. Концепция «фуражирования» рассматривает свалки как будущие источники ресурсов, где старые устройства становятся «месторождениями» для извлечения ценных компонентов [5].

Особое значение приобретает промышленный симбиоз, когда отходы одного производства становятся сырьем для другого. Как показывает опыт эко-промышленных парков, такая организация позволяет создавать замкнутые

циклы использования тепловой энергии, побочных продуктов и водных ресурсов [5].

3. Барьеры и ограничения внедрения. Переход к циркулярной экономике сталкивается с серьезными препятствиями, которые можно систематизировать следующим образом:

Финансовые барьеры: Значительные расходы на переход к новой модели, существенные авансовые инвестиции, рост стоимости продукции в моменте перехода [11-14].

Социальные барьеры: Отсутствие знаний о важности внедрения моделей циркулярной экономики, сопротивление переменам.

Институциональные барьеры: Глубоко укоренившаяся модель линейной экономики, отсутствие четкой законодательной базы.

Технические барьеры: Большинство современных товаров сконструированы для потребления и дальнейшего превращения в отходы, нехватка технологий производства товаров высокого качества из переработанных материалов.

Для России дополнительной проблемой является высокая материало-, водо- и энергоемкость промышленного производства, низкая ресурсоэффективность, а также доминирование экономических приоритетов над экологическими [12].

4. Перспективы и рекомендации. Перспективы развития циркулярной экономики в России связаны с комплексом взаимодополняющих направлений, требующих скоординированных усилий всех участников экономического процесса.

Институциональные и финансовые механизмы:

- развитие «зеленых» финансов и ESG-инвестиций, включая создание специализированных финансовых инструментов для поддержки циркулярных проектов;

- формирование нормативно-правовой базы, предусматривающей налоговые льготы и преференции для предприятий, внедряющих ресурсосберегающие технологии;

- создание системы государственных гарантий и субсидирования процентных ставок по кредитам на модернизацию производств.

Технологическая модернизация:

- активное внедрение цифровых двойников и AI для управления ресурсами, позволяющих оптимизировать материальные потоки в реальном времени;

- развитие технологий промышленного симбиоза, создающих замкнутые производственные циклы между предприятиями;

- внедрение систем мониторинга и анализа данных для прогнозирования ресурсопотребления и оптимизации производственных процессов.

Стимулирование спроса и просвещение:

- развитие системы «зеленых» госзакупок, предусматривающей приоритет для продукции, произведенной по циркулярным принципам;

- реализация образовательных программ для населения и бизнеса о преимуществах циркулярной экономики;
- создание системы добровольной сертификации и маркировки циркулярной продукции.

Для бизнеса:

- увеличивать инвестиции в НИОКР в области циркулярных технологий, особенно в направлениях переработки отходов и создания новых материалов;
- внедрять принципы экономики замкнутого цикла в корпоративные стратегии и систему управления;
- развивать партнерские отношения с научными учреждениями для совместной разработки инновационных решений.

Для государства:

- создать четкие «правила игры» через совершенствование законодательной базы в области обращения с отходами и ресурсосбережения;
- разработать систему экономических стимулов, включая налоговые льготы, ускоренную амортизацию и целевое финансирование;
- обеспечить координацию между различными ведомствами для реализации комплексного подхода к переходу на циркулярную модель.

Для научного сообщества:

- развивать междисциплинарные исследования на стыке экологии, экономики и цифровых технологий;
- создать специализированные научно-образовательные центры для подготовки кадров в области циркулярной экономики;
- активно участвовать в разработке национальных и международных стандартов в области ресурсосбережения.

Особое значение приобретает подготовка кадров. Как отмечается в исследованиях, необходимо подготовить работников с новым мышлением, активных носителей человеческого капитала, адекватного требованиям «зеленой экономики» [6]. Это требует перестройки системы образования на всех уровнях - от школ до вузов и программ дополнительного профессионального образования.

В рамках ведомственного проекта Минсельхоза России «Цифровое сельское хозяйство» планировалось, что в 2019–2021 годах через отраслевую электронную образовательную систему «Земля знаний» пройдут обучение компетенциям цифровой экономики 55 000 специалистов отечественных сельскохозяйственных предприятий [3]. Этот опыт может быть масштабирован и на другие отрасли экономики.

Ключевым условием успешного перехода к циркулярной экономике является создание эффективной системы взаимодействия между бизнесом, государством, наукой и обществом. Только комплексный подход, учитывающий технологические, экономические и социальные аспекты, позволит России занять достойное место среди стран, успешно реализующих принципы устойчивого развития.

Заключение. Ресурсосберегающие технологии являются технической основой перехода к циркулярной экономике. Без их развития достижение замкнутости материальных потоков невозможно. Как отмечают эксперты, «отделение экономического роста и благосостояния людей от использования ресурсов должно быть неотъемлемой частью и первоочередной задачей климатической политики» [6].

Массовое внедрение ресурсосберегающих технологий способно не только решить экологические проблемы, но и создать новую качественную модель экономического роста, основанную на разумном использовании ограниченных ресурсов. Для России это особенно актуально в контексте необходимости структурной модернизации промышленности и перехода к ресурсно-инновационной модели развития.

Список литературы:

1. Global Environment Outlook 5: Environment for the Future we Want // UN Environment Programme. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.unep.org/resources/global-environment-outlook-5> (Дата обращения: 19.10.2025)
2. The Circularity Gap Report Closing the Circularity Gap in a 9% World 2019. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.circularity-gap.world/2019> (Дата обращения: 19.10.2025)
3. Амирова Н.Р., Саргина Л.В., Кондратьева Я.Э. Циркулярная экономика: возможности и барьеры // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Общественные науки. – 2021. – № 3. – С. 187–201. (Дата обращения: 20.10.2025)
4. Антонова И.И., Мухаметшин Р.З., Антонов С.А. Ресурсосберегающие аспекты циркулярной экономики: проблемы перехода // Вестник экономики, права и социологии. – 2021. – № 4. – С. 178–185. (Дата обращения: 22.10.2025)
5. Антропов В.А., Бочко В.С., Книсс М.Ю. Развитие «зеленой» экономики России // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – 2018. – № 3 (39). – С. 68–83. (Дата обращения: 20.10.2025)
6. Ветрова М.А. Обоснование стратегических и операционных решений предприятий в условиях перехода к циркулярной экономике: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05. – Санкт-Петербург, 2018. – 432 с. (Дата обращения: 23.10.2025)
7. Воронин Б.А., Лоретц О.Г., Митин А.Н., Чупина И.П., Воронина Я.В. К вопросу о цифровизации российского сельского хозяйства (обзор информационных материалов) // Аграрный вестник Урала. – 2019. – № 2 (181). – С. 46–56. (Дата обращения: 23.10.2025)
8. ГОСТ Р ИСО 37101-2018 Устойчивое развитие в сообществах. Система менеджмента. Общие принципы и требования. – Введ. 2018-05-29. – М.: Стандартинформ, 2018. – 40 с. (Дата обращения: 23.10.2025)
9. Дмитриевский А.Н., Мастепанов А.М., Бушуев В.В. Ресурсно-инновационная стратегия развития экономики России // Вестник РАН. – 2014. – Т. 84. – № 10. – С. 867–873. (Дата обращения: 19.10.2025)

10. Задорожная Л.Е., Ратнер С.В. Драйверы экономического роста в циркулярной экономике // Друкерровский вестник. – 2020. – № 1 (33). – С. 21-34. (Дата обращения: 19.10.2025)
11. ПНСТ 452.1-2020 Инновационный менеджмент. Применение принципов экономики замкнутого цикла в организациях. Ч. 1. Основные положения. – Введ. 2020-12-01. – М.: ФГУП «Стандартинформ», 2020. – 12 с. (Дата обращения: 22.10.2025)
12. ПНСТ 452.2-2020 Инновационный менеджмент. Применение принципов экономики замкнутого цикла в организациях. Ч. 2. Общие принципы и требования. – Введ. 2020-12-01. – М.: ФГУП «Стандартинформ», 2020. – 16 с. (Дата обращения: 23.10.2025)
13. Титова Н.Ю. Условия внедрения циркулярной экономики в промышленность Российской Федерации // Территория новых возможностей. Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. – 2020. – Т. 12, № 2. – С. 29–37. (Дата обращения: 19.10.2025)

Аннотация: Актуальность исследования обусловлена усугублением глобальных экологических проблем, ключевым фактором которых является загрязнение окружающей среды отходами производства и потребления. В ответ на эти вызовы международное сообщество активизировало поиск решений, среди которых переход к циркулярной экономике рассматривается как стратегический приоритет. Эта модель, основанная на принципах минимизации потребления первичных ресурсов и максимизации повторного использования и регенерации материалов, является основой для достижения целей в области ресурсосбережения и охраны природы.

Ключевые слова: циркулярная экономика, ресурсосберегающие технологии, устойчивое развитие, переработка отходов, промышленная экология.