

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ



УДК 332.145

Циркулярный город как система формирования материальных потоков и инфраструктуры замкнутого цикла

М.О. Гнеденко, О.И. Усаткина

Академия архитектуры и искусств, Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

В условиях нарастающей урбанизации и дефицита ресурсов особую актуальность приобретает формирование устойчивых моделей городского развития. Целью настоящей работы является изучение концепции циркулярного города как системы управления материальными потоками и создания инфраструктуры замкнутого цикла. В качестве объекта исследования выступает городская среда, рассматриваемая как совокупность взаимозависимых инфраструктурных систем. В статье применён аналитический подход к исследованию парадигмы циркулярной экономики и специфики её внедрения в различные сегменты городского хозяйства. По итогам проведённого анализа были выявлены фундаментальные принципы функционирования циркулярного города, а также определены перспективные возможности их практической реализации. Научно-практическая значимость изыскания заключается в обосновании направлений трансформации городской инфраструктуры, нацеленных на минимизацию антропогенного воздействия на окружающую среду и рационализацию ресурсопотребления. Сформулированные выводы могут быть интегрированы в процессы разработки стратегических программ и дорожных карт по обеспечению устойчивого развития современных агломераций.

Ключевые слова: циркулярный город, экономика замкнутого цикла, материальные потоки, инфраструктура замкнутого цикла, устойчивое развитие городов, ресурсоэффективность

Для цитирования. Гнеденко М.О., Усаткина О.И. Циркулярный город как система формирования материальных потоков и инфраструктуры замкнутого цикла. *Молодой исследователь Дона*. 2026;11(3):138–141.

Circular City as the Material Flow and Closed-Loop Infrastructure Forming System

Maria O. Gnedenko, Olga I. Usatkina

Academy of Architecture and Arts, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

In the context of increasing urbanization and resource depletion, the search for sustainable models of urban development becomes particularly relevant. The aim of the article is to study the concept of the circular city as a system for managing material flows and developing closed-loop infrastructure. The urban environment became an object of the study and was considered as a set of interdependent infrastructure systems. Analytical approach was used to investigate the circular economy paradigm and the specifics of its implementation in various sectors of municipal economy. In the frame of analysis, the fundamental principles of circular city operation were revealed and prospects for their practical implementation were identified. The scientific and practical significance of the study lies in substantiating the directions for urban infrastructure transformation aimed at minimizing the anthropogenic impact on the environment and ensuring rational resource consumption. The research findings can be integrated into the strategic programs and roadmaps for sustainable development of modern urban agglomerations.

Keywords: circular city, closed-loop economy, material flows, closed-loop infrastructure, sustainable urban development, resource efficiency

For Citation. Gnedenko MO, Usatkina OI. Circular City as the Material Flow and Closed-Loop Infrastructure Forming System. *Young Researcher of Don*. 2026;11(3):138–141.

Введение. Современные мегаполисы являются крупнейшими центрами линейного потребления ресурсов и образования отходов, однако в условиях изменения климата, роста урбанизации и ограниченности природных ресурсов традиционная линейная модель экономики становится всё менее жизнеспособной [1].

Отдельной проблемой современной городской экономики является избыточность инфраструктуры, которая в научной литературе иногда обозначается термином «инфраструктурные отходы» — некоторые элементы городской инфраструктуры используются лишь частично и значительную часть времени остаются невостребованными. Несоразмерность между инфраструктурой и уровнем её использования часто можно наблюдать, например, среди объектов улично-дорожной сети, в офисных зданиях, на территориях парковок. В частности, личный автомобиль в европейских городах большую часть времени простаивает, а офисные пространства используются лишь наполовину даже в течение рабочего дня.

Схожие проблемы наблюдаются и в системе производства и распределения продовольствия. На различных этапах продуктовой цепочки — от производства до конечного потребления — значительная часть ресурсов теряется. По оценкам специалистов, совокупные потери могут достигать трети от общего объёма произведённых продуктов. Подобные неэффективные процессы приводят к увеличению объёмов отходов, что, в свою очередь, требует значительных затрат на их сбор, обработку, транспортировку и утилизацию. В ряде случаев расходы на управление отходами способны достигать половины годового муниципального бюджета, что создаёт дополнительную нагрузку на систему городского управления.

В этих условиях возрастает интерес к альтернативным моделям экономического развития, среди которых особое место занимает концепция циркулярной экономики, или экономики замкнутого цикла. Внедрение принципов циркулярной экономики позволяет изменить процессы взаимодействия с ресурсами и тем самым снизить экологические последствия хозяйственной деятельности. На уровне городов данная идея получает развитие в виде модели циркулярного города.

Циркулярный город представляет собой новую модель организации городской среды, в которой процессы потребления, распределения и повторного использования ресурсов формируют замкнутые циклы. Данная концепция направлена на создание устойчивой и безопасной экосистемы городов на основе принципов циркулярной экономики.

Цель исследования — рассмотреть город как систему управления материальными потоками и определить, какие инфраструктурные решения обеспечивают переход к циркулярной модели.

Основная часть. Циркулярный подход основан на формировании замкнутых циклов материальных потоков, при которых отходы преобразуются во вторичное сырьё, а городская инфраструктура ориентирована на повторное использование материалов [2]. В рамках модели город рассматривается как метаболическая система, в которой происходит постоянный обмен ресурсами между сферами городской экономики. Таким образом, город перестаёт выступать «конечной станцией» для материалов и трансформируется в экосистему, где элементы городской среды проектируются с учётом многократного использования и регенерации ресурсов.

Реализация подобной модели требует внедрения принципов организации городской системы, которые определяют способы управления потоками и позволяют переводить их из линейной модели в циклическую. Определение основных принципов циркулярного подхода позволяет выявить направления трансформации городской инфраструктуры.

В современных городах значительные потоки ресурсов связаны со сферой строительства, для которой характерны как высокий уровень потребления природных ресурсов, так и образование больших объёмов отходов. В рамках циркулярной экономики строительство регулируется принципами проектирования без отходов. При проектировании зданий целесообразно применять переработанные материалы, а также использовать возможность демонтажа и повторного использования элементов.

Также следует отметить, что комплекс экологически ориентированных строительных технологий на сегодняшний день получает всё более широкое распространение. Такой комплекс учитывает природно-климатические особенности территорий, использование безопасных строительных материалов и энергоэффективных решений. Так, например, в процессы обслуживания объектов строительства внедряются технологии оборотного использования воды и каскадного использования энергии. Такие «зелёные» технологии позволяют оптимизировать эксплуатационные характеристики зданий, а также способствуют снижению потребления энергии в процессе их функционирования. Поэтому в последние десятилетия наблюдается увеличение заинтересованности в устойчивом строительстве во всём мире, в том числе и в Российской Федерации [3].

Принципы замкнутых циклов, которые предполагают максимальную эффективность использования материальных потоков с дальнейшим возвращением возобновлённых или переработанных ресурсов в оборот, напрямую связаны с отказом от невозобновляемых ресурсов, развитием устойчивых систем в сфере обращения с отходами, водой и энергией. Ряд экокниновационных решений способствует замыканию циклов ресурсов в хозяйственной деятельности в целом. Например, переработка органических отходов с целью их дальнейшего использования в сельском хозяйстве в качестве удобрений [4].

При формировании материальных потоков большую роль играет и сфера потребления. Здесь за счёт увеличения срока службы продукции, а также оптимизации производственных процессов можно достичь снижения нагрузки на ресурсы. При использовании циркулярных решений возможно выстраивать такие цепочки производства и распределения товаров, при которых на каждом этапе многократно сокращается объём отходов. Одним из эффективных приёмов таких решений является также переход от модели владения к модели использования, характерный для шеринг-экономики. Так, развитие сервисов проката и ремонта сокращает объём производства и, следовательно, образование отходов.

Реализация принципов шеринг-экономики также возможна и в сфере городского транспорта. Например, расширение использования общественного транспорта и внедрение сервисов краткосрочной аренды автомобилей позволяют уменьшить нагрузку на городскую транспортную среду [2]. А в долгосрочной перспективе трансформация транспортной системы связана с переходом на экологически чистые источники энергии — максимальную эффективность будет иметь полный перевод общественного транспорта на электрическую тягу с использованием энергии из возобновляемых источников. Одновременно использование цифровых решений, например новых систем координации транспортных потоков с применением технологий искусственного интеллекта, позволит повысить управляемость транспортного сектора.

В настоящее время в области управления материальными потоками уже активно используются цифровые инструменты. В частности, использование цифровых двойников городской инфраструктуры позволяет отслеживать потоки материалов, прогнозировать образование отходов и оптимизировать использование материалов.

Таким образом, регулирование различных видов материальных потоков в городской среде определяется принципами циркулярного города. В ряде стран и городов мира на сегодняшний день уже осуществляется практическая реализация принципов циркулярного города, постепенно расширяя применение стратегий перехода к экономике замкнутого цикла.

В странах Азии ведётся активная политика по внедрению циркулярных принципов. Так, в Китае инициирована государственная программа, целью которой является формирование городов с минимальным объёмом отходов. Для нескольких городов были разработаны индивидуальные стратегии, направленные на минимизацию образования различных категорий отходов.

Опыт в реализации циркулярных подходов накоплен и в странах Европы, где принципы экономики замкнутого цикла интегрированы в государственную стратегию устойчивого развития. Особенно активно используются цифровые решения, позволяющие отслеживать материальные потоки и оптимизировать управление ресурсами, что, в свою очередь, с помощью новых технологий повышает ресурсоэффективность городской инфраструктуры.

На уровне международного сотрудничества в данной сфере важным шагом стало принятие в 2020 году Европейской декларации о циркулярных городах. В документе была закреплена необходимость ускоренного перехода от линейной экономической модели к новой системе, построенной на циркулярных принципах, эффективности использования ресурсов и снижении углеродного следа. Реализация данных принципов в дальнейшем позволит обеспечить устойчивое экономическое развитие без роста потребления природных ресурсов.

Мировой опыт показывает, что внедрение принципов циркулярной экономики способно существенно снизить экологическую нагрузку на городскую среду. Поэтому развитие подобных инициатив приобретает особую актуальность и для их использования в России.

Вопросы устойчивого развития и рационального использования ресурсов уже активно интегрируются в российскую государственную политику. К примеру, в соответствии с Федеральным проектом «Экономика замкнутого цикла» сформирована концепция циркулярного города, разработан комплекс мер реализации. В рамках проекта предполагается увеличить долю сортировки ежегодно образуемых твёрдых коммунальных отходов до 100%, а за счёт развития инфраструктуры переработки отходов — увеличить долю вовлечения вторичных ресурсов в оборот до 25 %. Для достижения поставленных целей среди ключевых мероприятий проекта следует выделить утверждение региональных программ по переходу к экономике замкнутого цикла, в том числе и разработку нормативных документов для новых регионов: Донецкой Народной Республики, Запорожской и Херсонской областей.

Следует отметить, что крупные города Российской Федерации обладают значительным потенциалом для внедрения циркулярных принципов. С целью ускорения перехода к новой модели возможно рассмотреть расширение набора инструментов городских систем экологического менеджмента [3]. В том числе, для внедрения циркулярных принципов необходимо осуществить ряд последовательных мероприятий, которые включают: — внесение законодательных инициатив, направленных на создание нормативной базы в сфере экономики замкнутого цикла, в том числе системы стандартизации и сертификации циркулярной продукции; — проведение государственных закупок восстановленных или рециркулированных материалов и товаров, способствующих развитию рынка подобной продукции; — определение финансовых стимулов, включая налоговые льготы, льготные кредит-

ные программы и развитие рынка «зелёных облигаций»; – развитие промышленного симбиоза, при котором отходы одних предприятий используются в качестве ресурсов для других, формируя замкнутые производственные цепочки; – реализация образовательных программ, направленных на повышение уровня компетенций специалистов и информированности в сфере циркулярной экономики.

Заключение. Таким образом, концепция циркулярного города представляет собой перспективную модель устойчивого развития городской среды, основанную на принципах замкнутых материальных циклов и рационального использования ресурсов. Модель циркулярного города позволяет внести значительный вклад в достижение целей устойчивого развития России, а также мирового сообщества.

Формирование инфраструктуры замкнутого цикла способствует снижению мировой экологической нагрузки, повышению ресурсоэффективности и формированию новых устойчивых городских систем, ориентированных на повторное использование природных ресурсов. Кроме того, развитие цифровых технологий управления материальными потоками открывает потенциал для оптимизации городской инфраструктуры.

Дальнейшие исследования в перспективе могут быть направлены на разработку конкретных инструментов интеграции циркулярных принципов в градостроительное планирование, архитектурное проектирование и системы управления городской инфраструктурой. Основные принципы циркулярного города могут помочь сформировать дорожную карту для продвижения инициатив экономики замкнутого цикла в городах.

Список литературы

1. Зиновьева И.С., Филиппова А.В. Россия на пути к циркулярной экономике. В: *Материалы Национальной научно-практической конференции «Циркулярная экономика для целей устойчивого развития отраслей и территорий»*, 2024 г. Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова. 2024.437 с. https://doi.org/10.58168/CIRCULAR2024_142-147
2. Метов Т.В., Лебединская А.Р. Реализация экологических принципов строительства энергоэффективных зданий. *Инженерный вестник Дона*. 2025;(11(131)):47–54. URL: <file:///C:/Users/msnoving/Downloads/realizatsiya-ekologicheskikh-printsipov-stroitelstva-energoeffektivnyh-zdaniy.pdf> (дата обращения: 01.04.2026).
3. Ерзкян Б.А., Фонтана К.А. Циркулярная экономика и устойчивое развитие городов. *РППЭ*. 2021;(7(129)):7–22. <https://doi.org/10.26726/1812-7096-2021-7-7-22>
4. Иосифов В.В., Ратнер П.Д. Современные модели территориального экологического менеджмента: циркулярный город. *Экономический вестник ИПУ РАН*. 2021;2(2):40–53. <https://doi.org/10.25728/econbull.2021.2.5-iosifov>

Об авторах:

Мария Олеговна Гнеденко, бакалавр кафедры архитектурно-средового проектирования Академии архитектуры и искусств Южного Федерального университета (344006, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, ул. Б. Садовая,105/42), gnedenko@sfedu.ru

Ольга Игоревна Усаткина, кандидат экономических наук, доцент кафедры инженерно-строительных дисциплин Академии архитектуры и искусств Южного Федерального университета (344006, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, ул. Б. Садовая, 105/42), usatkina@sfedu.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Maria O. Gnedenko, Bachelor's Degree Student of the Architectural and Environmental Design Department, Academy of Architecture and Arts, Southern Federal University (105/42, Bolshaya Sadovaya Str., Rostov-on-Don, 344006, Russian Federation), gnedenko@sfedu.ru

Olga I. Usatkina, Cand.Sci.(Economics), Associate Professor of the Engineering and Construction Disciplines Department, Academy of Architecture and Arts, Southern Federal University (105/42, Bolshaya Sadovaya Str., Rostov-on-Don, 344006, Russian Federation), usatkina@sfedu.ru

Conflict of Interest Statement: the authors declare no conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.