

## ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ ЦИРКУЛЯРНОЙ ЭКОНОМИКОЙ И ЗЕЛЕННОЙ ЛОГИСТИКОЙ

*Сербулова Н.М., кандидат технических наук, доцент,  
Моргунова Т.В., старший преподаватель,  
Донской государственный технический университет*

**Аннотация:** в статье даётся обзор концепции зеленой логистики (ЗЛ) как основного направления развития современной логистики и неотъемлемого условия и базовой системы развития циркулярной экономики (ЦЭ). Циркулярная экономика является средством реализации замкнутого цикла движения материальных потоков в экономической системе. Зеленая логистика, в свою очередь, является важным инструментом для развития экономики с многооборотным использованием продукции. Актуальность исследования обусловлена накопившимися проблемами в глобальной экономике, которые требуют поиска новых подходов и решений, необходимых для решения сложной задачи перепроектирования ключевых аспектов текущей экономики. В то время как экологические вопросы стали предметом серьезной озабоченности во всем мире, организации постоянно испытывают на себе давление с целью развития экологически ответственных операций. Важной переменной стала приверженность делу охраны окружающей среды. Это обусловило резко возросший интерес к развитию зеленой логистики со стороны компаний, государства и общественности, особенно в связи с тем, что традиционная логистика не может больше соответствовать требованиям современного общества и оказывает огромное негативное влияние на окружающую среду. Цель данной работы – представить определяющие факторы, которые могут повлиять на развитие концепции зеленой логистики в компаниях как элемента стратегии устойчивого развития. В статье рассматриваются вопросы реализации принципов зеленой логистики на примере возможности управления осадками сточных вод в циркулярной экономике.

**Ключевые слова:** зеленая логистика, циркулярная экономика, зеленые практики, устойчивое развитие

За последние 200 лет человечество сформировало впечатляющую индустриальную экономику, которая обеспечила беспрецедентное процветание современного общества. Однако, стремительный экономический рост привел к возникновению негативных экологических и социальных последствий. В основе нашей экономики лежит линейная модель «взять – изготовить – утилизировать», которая основана на потреблении большого количества исчерпаемых ресурсов и ископаемого топлива. Любая система, основанная на непрерывной добыче и потреблении, в конечном итоге столкнется с ограничениями роста. Сегодняшняя экономика чрезвычайно расточительна, что приводит к большим потерям стоимости. Например, в 2016 году в мире образовалось 45 млн. тонн электронных отходов, стоимость которых оценивается в 55 млрд. евро [2]. Большая часть этой стоимости никогда не восстанавливается, поскольку только 20% этих отходов надлежащим образом собирается и перерабатывается [3].

Ответом на современные угрозы природной среде является модель экономики с многооборотным использованием продукции – циркулярная экономика (ЦЭ), которая представляет собой системное решение, направленное на смягчение неблагоприятного воздействия производства и потребления на окружающую среду, особенно в контексте сокращения выбросов парниковых газов и

образования отходов. Основными задачами ЦЭ являются проектирование систем утилизации отходов и загрязняющих веществ, сохранение продукции и материалов в рабочем состоянии и восстановление природных систем. Исследования показали, что внедрение принципов циркулярной экономики в Европе позволит получить чистую прибыль в размере 1,8 трлн. евро к 2030 году, решая актуальные проблемы, связанные с дефицитом ресурсов, создавая рабочие места, стимулируя инновации и обеспечивая существенные экологические выгоды [1].

Общей проблемой при извлечения ценности из потоков использованных материалов, от бытовых отходов до подержанных компьютеров, является высокая степень их неоднородности и смешанности. Для эффективного восстановления ценных материалов требуются однородные, чистые потоки материалов и продуктов. В целом, чем лучше осуществляется предварительная сортировка и разделение потоков материалов, тем выше уровень восстановления и тем больше компонентов можно извлечь для повторного использования и восстановления.

Важным звеном в системе циркулярной экономики является концепция сбалансированного потребления и производства. Внедрение принципов ЦЭ должно способствовать уменьшению загрязнения окружающей среды и уровня потребления

природных ресурсов, снижению капиталоемкости и энергоемкости процессов получения и переработки вторичного сырья, соблюдению принципа «ноль отходов». Циркулярная экономика – это концепция создания ценностей за счет рационального использования ресурсов и минимизации негативного воздействия производимой продукции на окружающую среду на всех этапах жизненного цикла продукции, что позволяет повторно применять использованные материалы. В своих основных допущениях ЦЭ руководствуется как традиционными, так и новыми идеями, которые способствуют смягчению негативного воздействия продукции, производимой компаниями, на окружающую среду и включает в себя следующие концепции:

- от колыбели к колыбели (C2C);
- 3R (сокращение, повторное использование и переработка) и 4R (сокращение, повторное использование, переработка и ремонт);
- оценка жизненного цикла;
- экологически чистое производство;
- промышленная экология;
- устойчивое управление цепочками поставок;
- зелёная цепочка поставок.

Все вышеперечисленные концепции вписываются в реализацию идеи устойчивого развития. Здесь стоит добавить еще одну концепцию, а именно концепцию зеленой логистики, которая является предпосылкой и ключевым элементом развития циркулярной экономики. Зеленая логистика сочетает в себе вышеупомянутые концепции и реализует принципы устойчивого развития. Важным аспектом концепции ЦЭ является замкнутый цикл циркуляции материалов («зеленые материалы»), которые можно использовать для развития зеленой логистики. Семантический смысл зеленой логистики широк. Вначале важно отметить, что существует два направления в понимании влияния логистики на потоки остаточных материалов в экономической системе в концепции экологически ориентированной логистики, а именно: экологическая или зеленая логистика, которые часто воспринимаются как синонимы, и вторичная (рециклинговая) логистика (также известная как логистика отходов, или логистика обратных потоков).

Экологистика рассматривается как логистическая подсистема, ориентированная на логистические процессы, в частности, на сбор, хранение и транспортировку материалов, объектом деятельности которой являются отходы. Так, экологистика направлена на смягчение воздействия деятельности предприятий на природную среду, включая, например, повторное использование отходов (в том числе, отходов упаковки). Экологическая деятельность направлена на поиск оптимальных ре-

шений по сбору, хранению, утилизации и переработке или экологически и социально безопасному обращению с различными видами отходов. Напротив, логистика рециклинга была определена в ранних исследованиях как применение логистики для переработки и удаления отходов, в то время как в более широком понимании была отмечена логистическая деятельность, направленная на сокращение использования ресурсов, рециркуляцию веществ, повторное использование материалов и удаление отходов [4].

В течение многих лет логистическая деятельность ориентировалась только на экономические цели, которые в основном заключаются в максимизации прибыли или минимизации общих затрат. В настоящее время планирование логистической деятельности компании требует баланса между экономическими, экологическими и социальными приоритетами. Таким образом, внедрение зеленой логистики ведет к созданию устойчивых предприятий.

Существующие определения зеленой логистики подразумевают, что эта концепция не только служит сохранению природных ресурсов, но и является связующим звеном между природными ресурсами и продуктами, продуктами и потребителями, а также является инструментом для замыкания контура управления в системе циркулярной экономики. Зеленая логистика, таким образом, будет определять эффективность экономического цикла в многооборотной экономике. К числу важных мероприятий в области зеленой логистики при реализации компаниями концепции многооборотной экономики относятся следующие экологически чистые виды деятельности:

- экологичная упаковка;
- экологичный транспорт;
- хранение;
- процесс переработки.

Ключевое значение для эффективности системы многооборотного производства имеет материальный поток, являющийся частью производственной деятельности предприятия, и связанный с ним энергетический поток в промышленных системах компаний. Неотъемлемым требованием циркулярной экономики и промышленной экологии является обеспечение эффективного потока и повторного использования ресурсов между компаниями. Целью является оптимизация логистических процессов в производственных системах компаний, участвующих в поставках продукции, рационализация логистики производства и эффективное управление цепочками поставок компаний, участвующих в системе ЦЭ. Тем не менее, циркулярная экономика и компании, участвующие в

ней, будут находиться под влиянием различных факторов, в том числе:

- политические и правовые аспекты;
- конъюнктурные факторы;
- социальные и культурные аспекты;
- технические и технологические факторы;
- природные факторы.

Однако продукция компаний, которая после потребления может вновь стать ценным материалом в экономической системе, пользуется популярностью и рассматривается как экологически чистая. Материалы минерального происхождения и органические ресурсы часто возвращаются в производственные системы в качестве вторичного сырья.

Циркулярная экономика влечет за собой необходимость не только наименьшего использования невозобновляемых источников энергии, но и использования отходов в качестве перерабатываемых материалов и их переработки без негативных внешних последствий. Поэтому внедрение циркулярной экономики – непростая задача, особенно для сектора муниципальных услуг. Управление постоянно растущим количеством осадка сточных вод во всем мире будет иметь первостепенное значение. Это наглядно продемонстрировано на примере изменения подхода к вопросам, связанным с водоснабжением и очисткой сточных вод. Сточные воды и их осадок больше не являются отходами. Для эффективного управления осадком сточных вод требуются мероприятия, позволяющие эффективно решать проблемы, связанные с процессами очистки, а также управление осадком и его использование в соответствии с принципами циркулярной экономики. Тенденции в этой области в различных странах зависят от многих факторов, в частности, от научно-технических знаний, инновационности технологических и технических решений, качества осадка сточных вод, законодательства, политики и стратегии в области водоснабжения, канализации и седиментации, а также наличия финансовых ресурсов. Твердые осадки, попадающие в почву, являются источником органических питательных веществ, влияющих на улучшение качества почвы и урожайности культивируемых растений. Таким образом, отходы используются в качестве удобрения, что соответствует принципам циркулярной экономики. Другой пример обработки осадка сточных вод и его использования в рамках циркулярной экономики основан на предположении, что различные отходы с соответствующими свойствами могут быть объединены для получения нового продукта, такого как наполнитель (механическая смесь). В процессе термической обработки осадка сточных вод и дру-

гих отходов создается ценный продукт, который широко используется в строительстве.

В настоящее время только 5% биологических отходов перерабатывается. По оценкам специалистов, увеличение объемов переработки биоотходов позволит заменить до 30% неорганических удобрений. На сегодняшний день, Европейский Союз импортирует около 6 млн. тонн фосфатов в год, но 30% этого объема может быть замещено продуктами переработки осадка сточных вод, биоразлагаемыми отходами, мясом и костной мукой или навозом. Зола от сжигания осадка сточных вод может содержать такое же количество фосфора, как и природная фосфорная руда. Во многих европейских странах, например, в Германии, уже приняты усовершенствованные меры по извлечению фосфора из золы при сжигании осадка сточных вод.

В течение последних нескольких лет управление осадком сточных вод в мире осуществлялось в основном за счет его естественного использования или термической утилизации. Одним из лучших способов утилизации осадка сточных вод является его применение в сельском хозяйстве. Многочисленные питательные вещества, присутствующие в осадке сточных вод, должны быть повторно использованы в окружающей среде, особенно в почве, где все чаще проявляется дефицит органических и питательных веществ. В случае сельскохозяйственной утилизации, осадок может стать ценным источником азота, фосфора, углерода, органического вещества и микрокомпонентов, необходимых для правильного роста растений. В хорошо стабилизированном осадке сточных вод органическое вещество составляет около 50-60% сухого веса, а в недостаточно стабилизированном осадке сточных вод – до 70%. В то время как в сыром шламе сточных водах он составляет около 85% сухого веса. Длительное выдерживание осадка сточных вод приводит к последовательному снижению содержания органических веществ за счет происходящих процессов минерализации. Несомненным преимуществом такого способа утилизации является относительно низкая стоимость. Результаты исследований многочисленных авторов свидетельствуют о благотворном влиянии осадка сточных вод на физические, химические и биологические свойства почвы. Осадок сточных вод особенно подходит для удобрения почв, требующих улучшения их структуры и биологической активности, добавления питательных веществ и обогащения сорбционного комплекса [5].

Следует отметить, однако, что существует ряд серьезных ограничений в области сельскохозяйственной утилизации осадка сточных вод. Осадок из городских сточных вод, помимо макро- и микро-

элементов, необходимых для правильного роста растений, может также содержать чрезмерное количество вредных тяжелых металлов (например, Cd, Pb, Hg, As). Кроме того, утилизация осадка в сельском хозяйстве зависит от сезона и вегетационного периода растений. Отправной точкой для признания возможности использования осадка сточных вод в качестве удобрения должен быть полный химический и санитарный анализ данной партии сточных вод. Следует также гарантировать, что осадок сточных вод вводится в почву только в дозах, соответствующих потребностям растений [5].

Сжигание все чаще является рациональным решением для сокращения количества осадка и его утилизации. Тепловое превращение является одним из лучших и предпочтительных решений, главным образом, благодаря тому, что оно приводит к максимальному сокращению объема осадка и его полному обеззараживанию. Примером муниципального управления осадком сточных вод в соответствии с принципами циркуляционного хозяйствования является, в частности, установка компанией Veolia системы рекуперации энергии осадка с использованием осадка очистных сооружений, работающих в Гонконге для 7,2 миллиона человек. Это крупнейшая установка термической обработки осадка сточных вод. Её эксплуатация дает многочисленные преимущества, например, сбор осадка с 11 очистных сооружений.

Трудно определить единое типовое решение по управлению осадком сточных вод для всех очистных сооружений. Однако в настоящее время существует потребность в утилизации и повторном использовании осадка сточных вод. Выбранный метод должен строго соответствовать не только качеству и количеству образующегося осадка сточных вод и технологическим возможностям очистных сооружений, но и специфике подрядчиков,

осуществляющих сбор, использование, переработку или обезвреживание отходов сточных вод.

В настоящее время просвещение в области зеленой логистики и циркулярной экономики и продвижение этих концепций среди предпринимателей имеет ключевое значение. Растущее количество отходов становится серьезной проблемой во всем мире. Внедрение циркулярной экономики является сложной задачей, особенно для сектора муниципальных услуг. Осадок сточных вод стал неотъемлемым элементом жизнедеятельности человека и экономической деятельности, и с развитием технологий его разнообразие и свойства меняются. В связи с растущими возможностями развития и модернизации существующих очистных сооружений или строительства новых, в ближайшем будущем, как в России, так и в мире, будет наблюдаться резкое увеличение потока осадка сточных вод, с которым будет очень сложно справиться. Поиск новых путей обращения с отходами (осадками сточных вод) становится, таким образом, предметом интереса современной зеленой логистики. Они будут охватывать все процессы управления, связанные с потоками отходов и информации из мест, где они образуются, в соответствующие пункты назначения. Действующие правила все более строго регламентируют вопросы хранения осадка сточных вод на перегруженных свалках бытовых отходов. Общие природные методы обращения с осадками сточных вод теряют свою привлекательность в связи с высоким содержанием экологически вредных соединений (тяжелых металлов) в осадках городских сточных вод, особенно в осадках, образующихся на крупных городских территориях. Поэтому, основной тенденцией в утилизации отходов будут выступать, в первую очередь, термические методы утилизации, как наиболее экологически безопасные и экономически целесообразные.

### Литература

1. *Формирование эффективных управленческих решений в условиях неопределенности: современный опыт, перспективы, инновации: Монография / Л.В. Борисова, В.П. Димитров, Н.М. Сербулова и др. Ростов-на-Дону, ИП Беспмятников С.В., 2018. 264 с.*
2. *Ellen MacArthur Foundation, SUN and McKinsey Center for Business and Environment, Growth Within: A Circular Economy Vision for a Competitive Europe [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications/growth-within-a-circular-economy-vision-for-a-competitive-europe> (дата обращения: 12.11.2019)*
3. *Baldé C.P., Forti V., Gray V., Kuehr R., Stegmann P.: The Global E-waste Monitor. 2017 [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://collections.unu.edu/eserv/UNU:6341/Global-E-waste\\_Monitor\\_2017\\_\\_electronic\\_single\\_pages\\_.pdf](https://collections.unu.edu/eserv/UNU:6341/Global-E-waste_Monitor_2017__electronic_single_pages_.pdf) (дата обращения: 10.11.2019)*

4. Salema M.I.G., Barbosa-Povoa A.P., & Novais A.Q. An optimization model for the design of a capacitated multi-product reverse logistics network with uncertainty // *European Journal of Operational Research*. 2007. №179 (3). P. 1063 – 1077.
5. Wang X., Chen T., Yinghua G. & Yongfeng J. Studies of land application of sewage sludge and its limiting factors // *Journal of Hazardous Materials*. 2008. №160. P. 554 – 558.

#### References

1. *Formirovanie effektivnykh upravlencheskih reshenij v usloviyah neopredelennosti: sovremennyy opyt, perspektivy, innovacii: Monografiya* / L.V. Borisova, V.P. Dimitrov, N.M. Serbulova i dr. Rostov-na-Donu, IP Bospamyatnov S.V., 2018. 264 s.
2. Ellen MacArthur Foundation, SUN and McKinsey Center for Business and Environment, *Growth Within: A Circular Economy Vision for a Competitive Europe* [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications/growth-within-a-circular-economy-vision-for-a-competitive-europe> (data obrashcheniya: 12.11.2019)
3. Baldé C.P., Forti V., Gray V., Kuehr R., Stegmann P.: *The Global E-waste Monitor. 2017* [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: [https://collections.unu.edu/eserv/UNU:6341/Global-E-waste\\_Monitor\\_2017\\_\\_electronic\\_single\\_pages\\_.pdf](https://collections.unu.edu/eserv/UNU:6341/Global-E-waste_Monitor_2017__electronic_single_pages_.pdf) (data obrashcheniya: 10.11.2019)
4. Salema M.I.G., Barbosa-Povoa A.P., & Novais A.Q. An optimization model for the design of a capacitated multi-product reverse logistics network with uncertainty // *European Journal of Operational Research*. 2007. №179 (3). P. 1063 – 1077.
5. Wang X., Chen T., Yinghua G. & Yongfeng J. Studies of land application of sewage sludge and its limiting factors // *Journal of Hazardous Materials*. 2008. №160. P. 554 – 558

---

## THE INTERRELATION BETWEEN CIRCULAR ECONOMY AND GREEN LOGISTICS

*Serbulova N.M., Candidate of Engineering Sciences (Ph.D.), Associate Professor,  
Morgunova T.V., Senior Lecturer,  
Don State Technical University*

**Abstract:** the article provides an overview of the concept of green logistics (GL) as main trend of the development of modern logistics and an integral condition and the basic system of the development of the circular economy (CE). Circular economy is means as a realization of a closed loop of material flows in the economic system. Green logistics is an important tool for the development of circular economy. The relevance of the study is due to the accumulated problems in the global economy, which require the search for new approaches and solutions necessary to solve the complex task of redesigning key aspects of the current economy. While environmental issues have become critical concerns all over the world, organizations are constantly under pressure to develop environmentally responsible operations. Commitment to the natural environment has become an important variable. Therefore, the interest in developing green logistics from companies, government, and the society is increasing significantly especially because traditional logistics cannot meet the requirements of modern society and has huge negative impact on the environment. The purpose of this paper is to present determinant factors that can influence the development of green logistic concept in companies as an element of sustainable development strategy. The article deals with the implementation of the principles of green logistics on the example of practices on the example of sludge management in the circular economy.

**Keywords:** green logistics, circular economy, green practices, sustainable development