

УДК 338.22:004  
JEL M15, Q53

## **ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ, УТИЛИЗАЦИИ И ОБЕЗВРЕЖИВАНИЮ ОТХОДОВ**

**Ахматова Д. Р.**  
Студент 4 курса

**Кабакова В.М.**  
Студент 4 курса  
Российский экономический университет  
имени Г.В. Плеханова  
г. Москва

*Аннотация. В данной статье рассматривается проблема переработки и утилизации бытовых и промышленных отходов. В частности, проанализированы отечественные и зарубежные практики в данной сфере. На основе анализа выявлены основные направления по повышению эффективности сбора, переработки и утилизации мусора с использованием цифровых технологий. Также в заключение проанализирована экономическая эффективность внедрения данных технологий.*

*Ключевые слова: цифровые технологии, цифровая трансформация, умные системы, ТБО, вторичное сырье, полигон.*

## **DIGITAL TRANSFORMATION OF THE INDUSTRY ON WASTE PROCESSING, DISPOSAL AND WASTE MANAGEMENT**

**D.R. Ahmatova,**  
Student, 4 course

**V.M. Kabakova**  
Student, 4 course  
Russian University of Economics  
named after G.V. Plekhanova  
Moscow, Russia

*Annotation. This article discusses the problem of processing and disposal of household and industrial waste. In particular, domestic and foreign practices in this area are analyzed. Based on the analysis, the main directions for increasing the efficiency of the collection, processing and disposal of garbage using digital technologies are identified. In conclusion, the economic efficiency of the implementation of these technologies is analyzed.*

*Key words: digital technologies, digital transformation, smart systems, MSW, secondary raw materials, landfill.*

В современном мире все чаще поднимается вопрос о переработке и утилизации ТБО и промышленных отходов. Это связано с тем, что число мусорных свалок, степень загрязнения мирового океана от выброса в него мусора и атмосферы от выделения токсичных веществ при сжигании некоторых отходов увеличивается с каждым годом. В итоге мусорные свалки занимают огромные территории, на которых при ином подходе можно было бы выращивать культурные растения или создавать

инфраструктуру, а качество морепродуктов зачастую не соответствует тому, которое было ещё век назад. Также мусорные свалки доставляют неудобства гражданам, находящимся в непосредственной близости от них, особенно если ТБО там сжигаются.

Причины, по которым отходы не перерабатываются и не утилизируются должным образом, различны. Их можно разделить на два вида: социальные и экономические.

Во-первых, каждый человек имеет свой взгляд на необходимость сортировки мусора. Без сортировки переработка ТБО во вторичное сырье становится затруднительной. Однако не каждый готов тратить свое время на сортировку мусора и искать специальные контейнеры для его выброса. Также зачастую водители мусоровозов не заботятся о раздельном сборе мусора из разных контейнеров [1]. Таким образом, необходимо изменять сознание граждан, иначе ни одна технология переработки ТБО не будет достаточно эффективной.

Во-вторых, при плохой организации системы переработки и утилизации ТБО и промышленных отходов дешевле вывезти отходы на свалку или мусорный полигон.

Если не произойдет никаких изменений в лучшую сторону, то объем мусора увеличится почти в 2 раза к 2050 году по прогнозам Всемирного банка [2].

Таким образом, необходим комплексный подход к решению проблемы переработки и утилизации ТБО и промышленных отходов.

В свою очередь одним из решений проблемы повышения эффективности переработки и утилизации твердых бытовых и промышленных отходов является применение цифровых технологий.

Однако далеко не все страны активно применяют цифровые технологии в сфере переработки мусора, в том числе и Российская Федерация.

Опираясь на официальную статистику, представленную на сайте Росстата, можно сделать вывод о том, что за последние 15 лет объем отходов в России возрос почти в 3 раза (таблица 1).

*Таблица 1*

**Образование, утилизация, обезвреживание и размещение отходов производства и потребления в Российской Федерации, млн. тонн, 2003-2018 гг. [3]**

	Образование отходов производства и потребления - всего	в том числе опасных	Утилизация и обезвреживание отходов производства и потребления	Размещение отходов производства и потребления на объектах, принадлежащих предприятию - всего	из них в местах:	
					хранения	захоронения
<b>2003</b>	2613,5	287,3	1342,7	1747,2	1385,6	361,6
<b>2004</b>	2644,3	142,8	1140,9	2316,0	1866,0	450,0
<b>2005</b>	3035,5	142,5	1265,7	2077,3	1670,9	406,5
<b>2006</b>	3519,4	140,0	1395,8	2732,5	2189,1	543,4
<b>2007</b>	3899,3	287,7	2257,4	2782,8	1746,1	1036,8
<b>2008</b>	3876,9	122,9	1960,7	2517,3	1868,5	648,9
<b>2009</b>	3505,0	141,0	1661,4	2334,2	1650,6	683,6
<b>2010</b>	3734,7	114,4	1738,1	2227,5	1634,5	593,0

<b>2011</b>	4303,3	120,2	1990,7	2584,4	1919,4	665,0
<b>2012</b>	5007,9	113,7	2348,1	2912,0	2109,1	777,3
<b>2013</b>	5152,8	116,7	2043,6	4897,7	4071,8	814,9
<b>2014</b>	5168,3	124,3	2357,2	2951,4	2426,2	524,5
<b>2015</b>	5060,2	110,1	2685,1	2333,1	1978,1	354,6
<b>2016</b>	5441,3	98,3	3243,7	2620,8	2105,3	503,8
<b>2017</b>	6220,6	107,2	3264,6	3204,5	2378,5	826,0
<b>2018</b>	7266,1	98,1	3818,4	3575,4	2546,2	1029,2

Также таблица 1 показывает увеличение площади хранения и захоронения отходов производства и потребления, где объем отходов каждый год увеличивается в среднем на 2 000 млн. тонн в местах хранения и на 600 млн. тонн в местах захоронения.

Только 10% ТБО и промышленных отходов отправляется на мусороперерабатывающие заводы. Помимо этого, в РФ всего около 60 предприятий, занимающихся сортировкой отходов, в связи с чем, например, около 90% стекла отправляется в места захоронения, а не на переработку [4].

В 2019 году насчитывается около 5,5 тысяч объектов размещения отходов. Ежегодно площадь свалок в России увеличивается на 0,4 млн. га [5].

Эти данные подчеркивают актуальность применения цифровых технологий в индустрии переработки промышленных и бытовых отходов. Сегодня существует около 10 стартапов, развивающихся в данном направлении.

Так, например, ученые Сибирского отделения РАН разрабатывают систему автоматической сортировки мусора при помощи искусственного интеллекта [6].

Также цифровые технологии можно применять и при сборе отходов. Например, сотовый оператор МТС разработал специальные датчики, контролирующие наполнение контейнеров и машин для вывоза отходов, а также перемещение машин [7]. Это позволит более экономно строить маршрут и вовремя вывозить промышленные и бытовые отходы.

Таким образом, в России применяются цифровые технологии при сборе, переработке и утилизации мусора, но лишь в виде пилотных проектов.

Тем временем зарубежный опыт решения проблемы загрязнения планеты гораздо богаче отечественного.

Призыв к повышению устойчивости, в том числе глобальные меры, такие как принятые ООН в 2015 году «Цели в области устойчивого развития» до 2030 года, Парижское соглашение, посвящённое урегулированию мер по снижению концентрации углекислого газа в атмосфере с 2020 года (следует отметить, что Россия не ратифицировала данное соглашение), побудил большинство стран и мировых сообществ пересмотреть свое отношение к теме управления отходами. Запрет Китая на импорт в 2018 году 24 категорий твердых отходов оказал значительное влияние на цену вторичного сырья в Северной Америке и Европе и оставил тонны отходов без движения [8].

Решение всех перечисленных проблем индустрии управления отходами может быть связано с применением программного обеспечения и принятия цифровых решений. Независимо от отрасли или формы собственности предприятия, цифровая трансформация процессов управления и переработки мусора является обязательным условием для организаций, желающих увеличить долю своего участия на мировом рынке и одновременно снизить затраты. Ключевой вопрос, который стоит перед мировыми компаниями, уже не в том, когда проводить цифровую трансформацию, а в том, с чего начать или что ускорить [9].

Исследования компании Frost & Sullivan «The Impact of Digital Transformation on the Waste Recycling Industry» показали, что среднегодовые темпы роста цифровой трансформации в сфере обращения с твердыми коммунальными отходами составят 2,74%. На рисунке 1 можно наблюдать, что объем этого рынка в денежном выражении достигнет в 2020 году 3,6 миллиардов долларов [10].

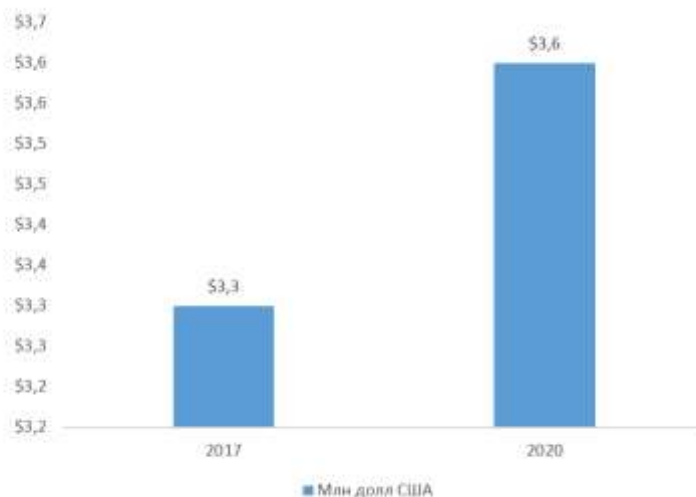


Рисунок 1 – Динамика цифровой трансформации в сфере обращения с твердыми коммунальными отходами [10].

Мировые рынки цифровых технологий в области сбора и транспортировки мусора составляют, по подсчетам экспертов Frost & Sullivan, 322 миллиона долларов. В 2020 году согласно исследованию, данные показатели увеличатся до 360 миллионов долларов, а в 2030 году достигнут отметки 972 миллионов долларов [10]. Более точная динамика представлена на рисунке 2.

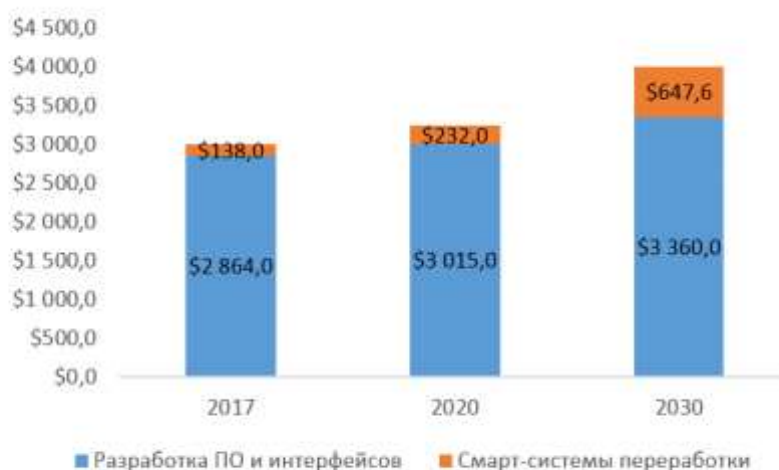


Рисунок 2 – Динамика цифровой трансформации в области сбора и транспортировки мусора [10].

Наиболее значимыми сегментами рынка цифровых технологий в области сбора и транспортировки являются следующие сегменты:

- разработка программного обеспечения;
- совершенствование облачных платформ;
- развитие системы интеллектуальной переработки ТКО.

Доля разработки программного обеспечения и интерфейсов, как видно на рисунке 3, в 2017 году составляла 2864 миллиона долларов, а в будущем по подсчетам экспертов Frost & Sullivan показатели будут только увеличиваться и достигнут в 2030 году 3360 миллионов долларов, объемы смарт-систем переработки также будут иметь положительную динамику и увеличатся с 138 миллионов долларов в 2017 году до 647 миллионов долларов в 2030 [10].



*Рисунок 3 – Динамика основных сегментами рынка цифровых технологий в области сбора и транспортировки мусора [10].*

Европа лидирует в решениях по управлению отходами. Одной из ведущих стран по утилизации является Австрия. Австрийская биотехнологическая компания разработала новый высокотехнологичный метод управления отходами, в котором для переработки полиэтилентерефталата (ПЭТ) используются грибковые ферменты [11].

ПЭТ расщепляется на мономерные строительные блоки энзимами, которые затем могут быть превращены обратно в более ценные полимеры. При использовании биоинженерных грибковых ферментов рециркуляцию пластмассы ПЭТ можно проводить «естественным путем», без производства каких-либо новых побочных продуктов, с использованием меньшего количества новых производственных материалов, которые необходимо производить с использованием нефти, и можно использовать 100% переработанного материала. До сих пор ПЭТ можно было переработать только путем его сжигания или измельчения в материал низкого качества.

Бельгия также является лидером в области управления отходами, она имеет лучший показатель утилизации отходов в Европе: 75% отходов повторно используются, перерабатываются или компостируются: все это помогает сократить общее образование отходов.

Наряду с всеобъемлющим законодательством, важную роль в этом вопросе играют цифровые технологии управления отходами, такие как Ecolizer.

Ecolizer решает проблему отходов на этапе производства товара. Это веб-калькулятор, который помогает продвигать устойчивое проектирование и чистое малоотходное производство, что позволяет компаниям оценивать воздействие своей продукции на окружающую среду. Он принимает во внимание обработку, транспортировку, переработку энергии и отходов, чтобы обнаружить способы снижения воздействия этих переменных. Например, можно рассчитать экологический след кофемашины, найдя оценки различных переменных, а затем оценить, какие изменения в конструкции могут быть внесены для уменьшения воздействия на окружающую среду [12].

Благодаря технологии интеллектуального управления отходами предприятия могут отслеживать свои отходы более тщательно, чем когда-либо прежде. Интеллектуальные системы сбора отходов помогают не только сократить расходы, но и могут снизить воздействие бизнеса на окружающую среду.

Международный опыт позволяет выделить три основных направления цифровой трансформации процессов управления и переработки мусора:

*1. Оптимизация сбора отходов в регионе с помощью умных контейнеров.*

В региональном масштабе эффективный сбор отходов означает «быть в нужном месте, в нужное время». Благодаря данным появляются новые решения для оптимизации логистической цепочки сбора. В частности, эти решения требуют измерения содержимого контейнеров в режиме реального времени.

Решение такого рода внедряется в Европе компанией SigrenEa, управляющей более чем 10 000 контейнерами, оснащенными датчиками, которые измеряют их содержимое с помощью ультразвуковой или инфракрасной технологии. Эти датчики адаптированы к типу собираемых отходов (органические, бумажные, стеклянные отходы и т.д.), к конфигурации контейнера (подземный, полуподземный, надземный) и их объему. Собранные данные анализируются, а затем компилируются с другими показателями, такими как состояние дорожного движения, погода или информация из городских служб. Затем данные отправляются водителям грузовиков, которые, таким образом, могут оптимизировать свой маршрут на основе этих параметров. Избегая ненужных поездок для сбора полупустых контейнеров, эта оптимизация движений грузовика снижает эксплуатационные расходы и уменьшает воздействие на окружающую среду [13].

На сегодняшний день в США ведётся повсеместное внедрение интеллектуальных технологий на различных производствах. Эти технологии представлены ниже.

OnePlus Metro — это ультразвуковой датчик мусорного бака, который позволяет узнать, насколько заполнен контейнер для отходов. А платформа Wasteforce позволяет легко контролировать емкость контейнера из любого места, предоставляя подробную аналитику, которая помогает бизнесу или организации отслеживать отходы. Наличие полной видимости контейнера сокращает расходы, связанные с его переполнением. Эти данные также помогают сократить выбросы топлива за счет оптимизации графиков сбора мусора.

Компания Comprology, базирующаяся в Сан-Франциско, штат Калифорния, предоставляет датчики для мусорных баков на основе изображений, которые автоматически отслеживают наполненность и содержание. Кроме того, устройство поддерживает GPS-слежение, помогающее оптимизировать маршруты водителя и эффективность использования топлива, а также мониторинг наклона, который записывает, когда контейнер поднимается и опускается. Эта интеллектуальная система утилизации отходов позволяет перевозчикам управлять складскими запасами контейнеров, строить более совершенные маршруты и даже принимать заказы с помощью автоматических текстовых сообщений. А для самосвалов с фронтальной загрузкой программное обеспечение автоматически определяет, какие контейнеры нуждаются в обслуживании каждый день, затем планирует маршруты и равномерно распределяет задания среди водителей.

EsCube Labs работает по всему миру, включая Северную и Южную Америку, Европу и Ближний Восток, и является инновационной компанией, предлагающей экологически чистые технологии утилизации отходов для различных секторов. Их компактор для мусора на солнечной энергии - CleanCUBE - может содержать до восьми раз больше мусора, снижая частоту сбора мусора до 80%. Их ультразвуковой датчик

уровня заполнения - CleanFLEX - помогает компаниям, занимающимся утилизацией отходов, повысить эффективность сбора до 50% [13].

### *2. Умный грузовик: мусоровозы в центре строительства умного города.*

Местные власти контролируют ряд показателей от состояния воздуха до температуры, стремясь улучшить качество жизни жителей. Умные грузовики нацелены на получение этих данных. Это нововведение, разработанное SUEZ, будет развернуто во Франции в рамках пилотного проекта в метрополии Ренна. С помощью встроенных информационных систем эти интеллектуальные грузовики могут собирать данные о сборе отходов в режиме реального времени и оптимизировать этапы сбора, они также оснащены датчиками, которые могут измерять качество воздуха, или создавать термографические карты города, показывая уровни потерь энергии зданий.

### *3. Сетевые игроки для улучшения утилизации отходов.*

Другая важная задача состоит в налаживании взаимодействия служб сбора отходов с пользователями, которые производят отходы. Цифровые платформы предлагают решение этой проблемы, предоставляя предприятиям, которые располагаются на определенной территории, возможность напрямую выражать свои потребности операторам службы сбора и утилизации отходов.

Американский стартап Rubicon Global развернул технологическую платформу, которая позволяет сети сборщиков мусора контактировать с профессиональными клиентами (предприятиями общественного питания, предприятиями малого и среднего бизнеса и т. д.). Это система работает «по требованию». Когда бизнес нуждается в операторе для сбора отходов, он может войти в приложение, ввести информацию о типе и местонахождении отходов или времени, когда они должны быть собраны. В этот момент вступает в действие система, подобная аукциону, в которой компания может найти лучшего сборщика на основе информации, которую она вводит. Затем выбранный оператор доставляет отходы в наиболее подходящий центр переработки и утилизации. Благодаря объединению усилий различных сторон предлагаемое решение от Rubicon Global позволяет компаниям сократить расходы на сбор отходов и улучшить свои экологические показатели за счет увеличения объема отходов, которые они перерабатывают [14].

Таким образом, для эффективного решения проблемы переработки и утилизации отходов необходимо внедрение следующих аспектов:

- умные системы сбора и транспортировки отходов;
- умные системы утилизации мусора;
- специальные приложения для граждан и организаций.

Все эти составляющие присутствуют и в российской индустрии работы с отходами. Однако эти аспекты носят точечный или пилотный, временный характер, реализуясь на определенных территориях, доля которых в общей площади территории Российской Федерации ничтожно мала.

Внедрение цифровых технологий в сфере переработки и утилизации мусора потребует значительных бюджетных средств, но затраты можно снизить при помощи института ГЧП.

В итоге средства, затраченные на внедрение цифровых технологий и модернизацию сферы переработки и утилизации мусора, окупятся через несколько лет благодаря реализации вторичного сырья и эксплуатации земель не в целях свалок или полигонов, а в коммерческих целях.

### Список источников

1. Козырев А.Н. Умный город – город без отходов // Цифровая экономика. — 2018. — URL: <http://digital-economy.ru/mneniya/umnyj-gorod-gorod-bez-otkhodov> (Дата обращения: 11.09.2019).
2. Новости Интернета вещей: Новые технологии для уборки мусора. — URL: <https://iot.ru/gorodskaya-sreda/novye-tekhnologii-dlya-uborki-musora> (Дата обращения: 11.09.2019).
3. Росстат: Окружающая среда. — URL: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/environment/#](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/environment/#) (Дата обращения: 12.09.2019).
4. РБК: Объем мусора в России вырос на треть за 10 лет. — URL: <https://reality.rbc.ru/news/5ab4b3509a7947d2bee4777c> (Дата обращения: 12.09.2019).
5. ТАСС: Утилизация мусора в России. Как реформируют отрасль. — URL: <https://tass.ru/info/6000776> (Дата обращения: 12.09.2019).
6. Новости Интернета вещей: Новые технологии для уборки мусора. — URL: <https://iot.ru/gorodskaya-sreda/novye-tekhnologii-dlya-uborki-musora> (Дата обращения: 11.09.2019).
7. МТС предложит технологии для умного сбора мусора // Adindex: журнал. — 2019. — URL: <https://adindex.ru/news/digital/2019/07/26/274105.phtml> (Дата обращения: 12.09.2019).
8. China says it won't take any more foreign garbage — URL: <https://www.reuters.com/article/us-china-environment/china-says-it-wont-take-any-more-foreign-garbage-idUSKBN1A31JI> (Дата обращения: 12.09.2019).
9. A Global Survey of Digital Transformation in the Waste Management & Recycling Industries — URL: <https://us.amcsgroup.com/newsroom/news/press-release-the-digital-transformation-barometer/> (Дата обращения: 12.09.2019).
10. Frost & Sullivan «The Impact of Digital Transformation on the Waste Recycling Industry», 2018.
11. Countries with the Most Sophisticated Waste Management — URL: <http://ukrecoalliance.com.ua/en/countries-with-the-most-sophisticated-waste-management/> (Дата обращения: 12.09.2019).
12. The Sustainability Exchange — URL: <https://www.sustainabilityexchange.ac.uk/ecolizer> (Дата обращения: 12.09.2019).
13. Waste management enters the digital revolution Exchange — URL: <https://openresource.suez.com/-/waste-management-enters-the-digital-revolution> (Дата обращения: 12.09.2019).
14. Rubicon Global - Commercial Garbage & Waste Management — URL: <https://www.rubiconglobal.com/> (Дата обращения: 12.09.2019).