

ПОВТОРНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ

Лектор: Жақыпов Әлібек Серікұлы

Тел: +7 705 660 69 63

e-mail: Alibek.Zhakupov@kaznu.edu.kz

11 лекция

«Цифровые технологии в управлении отходами»

Цель лекции: сформировать у студентов целостное представление о цифровизации системы управления отходами, роли IoT, GPS, RFID, роботизированной сортировки, цифрового учета и программных платформ, а также об опыте их внедрения в мире и в Казахстане.

Задачи лекции:

1. Дать определение цифровых технологий в управлении отходами и показать их место в переходе к циркулярной экономике.
2. Рассмотреть глобальные тенденции цифровизации обращения с отходами и ключевые направления автоматизация сортировки, «умные» контейнеры, IoT, ИИ, большие данные.
3. Объяснить принцип работы роботизированных сортировочных комплексов с компьютерным зрением и их преимущества перед ручной сортировкой.
4. Показать возможности «умных» контейнеров, IoT датчиков и GPS навигации для оптимизации маршрутов вывоза, контроля переполнения и предотвращения нелегальных свалок.
5. Раскрыть роль RFID технологий, моделей pay as you throw и цифровой паспортизации отходов в учете и стимулировании раздельного сбора

План лекции

- 1 Введение в цифровизацию управления отходами
 - 1.1 Понятие цифровых технологий в сфере отходов
 - 1.2 Цифровизация как ответ на рост объемов отходов и переход к циркулярной экономике
- 2 Глобальные тенденции и направления цифровизации
 - 2.1 Национальные цифровые системы учета отходов и прозрачность управления
 - 2.2 Основные направления автоматизация сортировки, IoT, большие данные, ИИ
- 3 Роботизация и искусственный интеллект в сортировке отходов
 - 3.1 Принцип работы роботизированных сортировочных линий и машинного зрения
 - 3.2 Примеры применения для ТБО, электронного и строительного лома, влияние на качество вторсырья
- 4 «Умные» системы сбора и транспортировки отходов

4.1 IoT датчики в контейнерах контроль заполнения и динамические графики вывоза

4.2 GPS мониторинг мусоровозов оптимизация маршрутов и контроль доставки на лицензированные объекты

4.3 Космический мониторинг и выявление несанкционированных свалок

11 лекция «Цифровые технологии в управлении отходами»

В предыдущих лекциях мы рассмотрели традиционные аспекты обращения с отходами – их классификацию, методы переработки, системы управления, правовые основы и экологические требования. Современный этап развития требует дополнить эти знания пониманием цифровой трансформации, которая стремительно входит во все сферы, включая управление отходами. Цифровые технологии в управлении отходами – это использование автоматизированных систем, датчиков, информационных платформ и иных ИТ-решений для повышения эффективности, прозрачности и экологической устойчивости системы обращения с отходами. Во всем мире переход к «умным» системам сбора, сортировки и утилизации отходов признан одним из ключевых трендов развития отрасли. В данной лекции мы обсудим, как цифровизация помогает решать задачи обращения с отходами, рассмотрим международный опыт внедрения таких технологий, а также уделим особое внимание реализуемым и перспективным проектам в Казахстане.

Глобальные тенденции цифровизации обращения с отходами

Рост объемов отходов и стремление к циркулярной экономике заставляют страны искать инновационные решения. Цифровизация сегодня стала одним из ведущих мировых трендов в сфере управления отходами. Это включает автоматизированный учет и мониторинг отходовотоков в реальном времени, применение сети датчиков и аналитических платформ для управления сбором, логистикой и переработкой. Другими словами, современные города и компании внедряют технологии Интернета вещей (IoT), систем геолокации, больших данных и искусственного интеллекта, чтобы оптимизировать каждое звено цепочки обращения с отходами – от контейнера во дворе до перерабатывающего завода.

Международный опыт показывает, что цифровые технологии приносят ощутимую пользу. Например, в ряде развитых стран введены национальные цифровые системы учета отходов, данные которых доступны не только государственным органам и бизнесу, но и рядовым гражданам. Это повышает прозрачность управления отходами и вовлекает население в контроль: каждый может узнать, сколько отходов собирается, перерабатывается или отправляется на полигоны, что стимулирует общественный контроль и участие в раздельном сборе. В целом, мировые тенденции можно свести к нескольким ключевым направлениям цифровизации: автоматизация сортировки с помощью робототехники и ИИ, внедрение «умных» датчиков и навигации для оптимизации вывоза, использование RFID-меток для учета и тарифных мер, создание цифровых платформ и реестров для отслеживания движения отходов, а также интеграция этих данных в единую аналитическую систему для принятия решений. Рассмотрим подробнее эти направления.

Автоматизация и роботизация сортировки отходов

Одним из первых участков, где цифровые технологии проявили себя, стала сортировка и переработка отходов. В традиционной системе

значительная часть сортировочных операций выполнялась вручную, что медленно и неточно. Теперь на смену приходят роботизированные комплексы с элементами искусственного интеллекта. Такие системы оборудованы камерами и сенсорами, которые с помощью алгоритмов машинного зрения распознают различные виды материалов (пластик, бумагу, стекло, металл и т.д.) на конвейере и направляют манипуляторы для их сортировки. Роботизация и ИИ позволяют добиваться высокой точности разделения фракций, что повышает качество вторичного сырья и уменьшает долю загрязнений. Например, в Германии уже активно применяются сортировочные установки с компьютерным зрением и искусственным интеллектом, которые обеспечивают более чистое разделение отходов по типам. Это, в свою очередь, делает переработку экономически выгоднее (чище сырье легче продать и переработать) и сокращает объем непригодных к переработке остатков.

Кроме того, автоматизированные сортировочные линии могут обрабатывать отходы гораздо быстрее, чем ручной труд, справляясь с увеличивающимися объемами. В мире существуют примеры (например, заводы в Нидерландах, США, Японии) где роботы сортируют не только бытовые отходы, но и электронный лом, строительные отходы и пр., выделяя ценные компоненты. Конечно, полная роботизация требует инвестиций, но она решает проблему человеческого фактора, снижает опасность для работников и обеспечивает стабильное качество сортировки. В рамках глобальных экологических трендов цифровая сортировка является вторым ключевым направлением после общего цифрового мониторинга. Таким образом, сочетание искусственного интеллекта и механизации на сортировочных этапах приближает нас к более замкнутому циклу переработки, где из отходов эффективно извлекаются ресурсы для повторного использования.

«Умные» системы сбора отходов: датчики и IoT

Не менее революционные изменения происходят и на этапе сбора и транспортировки отходов. В традиционной системе мусоровозы ездят по расписанию, зачастую впустую обслуживая полупустые контейнеры или, наоборот, не успевая вовремя опорожнить переполненные. IoT-технологии (Интернет вещей) позволяют превратить обычный контейнер в «умный контейнер». Оснащенные датчиками (например, ультразвуковыми датчиками уровня заполнения, весовыми сенсорами, датчиками движения крышки и т.п.), такие контейнеры в реальном времени передают информацию об объеме накопившегося мусора. На основе этих данных выстраивается динамический график вывоза: мусоровозы получают сигнал забирать отходы именно тогда, когда контейнер близок к наполнению, и прокладывают оптимальный маршрут с учетом только тех точек, которые требуют обслуживания.

Оптимизация маршрутов сбора с помощью датчиков заполненности уже реализуется во многих городах мира. Например, ряд городов в США и Европе установили в контейнерах IoT-сенсоры и тем самым сократили количество рейсов мусоровозов и издержки на топливо. Меньше ненужных выездов – меньше выбросов от транспорта и заторов, при этом ни один контейнер не остается переполненным надолго. В Сеуле и других городах Южной Кореи

также используются датчики в контейнерах, которые позволяют коммунальным службам мониторить заполненность баков в режиме онлайн и оперативно планировать вывоз. Это особенно важно в густонаселенных районах, где скопление мусора быстро приводит к антисанитарии. В итоге цифровой мониторинг контейнеров повышает эффективность сбора отходов, снижает затраты и улучшает санитарную обстановку.

Стоит отметить, что датчики IoT применяются не только для городских бытовых отходов. В промышленных и коммерческих отходопородных процессах также внедряются системы контроля наполнения бункеров, резервуаров для жидких отходов и т.д. Более того, некоторые умные контейнеры оснащаются дополнительной автоматикой: например, встроенным прессом для уплотнения мусора (чтобы реже опустошать) или механизмом блокировки открытия при переполнении с отправкой сигнала оператору. Такие решения уже присутствуют на рынке и постепенно распространяются.

GPS-навигация и цифровой контроль транспорта

Для полной реализации потенциала «умных» контейнеров необходимо, чтобы и транспортная логистика была интегрирована в цифровую систему. Именно здесь на авансцену выходит спутниковая навигация (GPS) и связанные с ней программные комплексы управления автопарком. Оснащение мусоровозов GPS-трекерами теперь становится стандартом в передовых системах обращения с отходами. GPS-мониторинг мусоровозов в реальном времени дает сразу несколько преимуществ: диспетчеры видят местонахождение каждой машины, могут оперативно корректировать маршруты при изменении ситуации, а также контролировать, чтобы транспорт действительно довозил отходы до лицензированных полигонов или перерабатывающих предприятий, исключая несанкционированные свалки.

В международной практике GPS-навигация давно зарекомендовала себя как инструмент повышения прозрачности. Например, в ряде стран ЕС и США компании-операторы устанавливают трекеры не только для оптимизации маршрутов, но и для контроля за соблюдением графика вывоза и маршрута следования – любые отклонения фиксируются системой. Аналогичный путь выбрал и Казахстан: в новом Экологическом кодексе РК закреплено требование обязательного оснащения мусоровывозящего транспорта GPS-датчиками. Это нововведение нацелено, в частности, на борьбу с незаконными свалками – зная маршрут каждой машины «от точки сбора до точки размещения отходов», надзорные органы могут отследить, куда фактически выгружается мусор.

Практическое воплощение GPS-контроля уже демонстрирует столица Казахстана. В Астане с 2024 года реализуется масштабная цифровизация системы ТБО: каждый мусоровоз оборудован GPS-навигатором, передающим данные о маршруте, точном времени и объеме вывоза отходов в режиме реального времени. Благодаря этому контроль теперь осуществляется по каждой контейнерной площадке в отдельности, а не только в целом по маршруту. Если раньше подрядчики предоставляли отчеты о вывозе на бумаге, где были возможны пробелы и неточности, то теперь все фиксируется

автоматически – городские службы точно знают, когда и откуда вывезли мусор, сколько его было и каким путем. Такой подход исключает ситуацию, когда компания пропустила уборку, но отчиталась о выполнении: цифровой трекер не даст «утаить неисполнение работ». Помимо прозрачности, GPS-слежение позволяет оптимизировать работу техники: анализ треков помогает выстроить маршруты эффективнее, избежать лишнего пробега, а также быстрее реагировать на внеплановые ситуации (например, внеочередной вызов на переполненную площадку).

Отдельно стоит упомянуть роль цифровых технологий в контроле нелегальных свалок. Помимо GPS на транспорте, используются и другие инструменты мониторинга. Так, в Казахстане еще с 2019 года практикуется космический мониторинг: анализ спутниковых снимков позволил выявить тысячи несанкционированных свалок по стране. Эти данные легли в основу графиков их ликвидации. Комбинация спутникового наблюдения и GPS-контроля мусоровозов формирует двухуровневую систему: с одной стороны, предотвращается появление новых свалок (ведь все машины под надзором), с другой – обнаруживаются и устраняются старые очаги скопления отходов. Такой пример иллюстрирует, как цифровые технологии на базе геоданных помогают решать давнюю экологическую проблему.

RFID-метки и модель «Pay-as-you-throw»

Еще один интересный инструмент цифровизации в сфере отходов – это применение RFID-технологии (радиочастотной идентификации) для учета и стимулирования раздельного сбора. RFID-метки могут крепиться на мусорные контейнеры или даже на специальные мусорные пакеты, позволяя системе автоматически идентифицировать, кто и сколько отходов выбросил. Зачем это нужно? Прежде всего для внедрения принципа «плати сколько выбросил» (pay-as-you-throw) – справедливой системы, при которой плата домохозяйства или предприятия за вывоз отходов зависит от объема или массы выброшенного мусора. Реализовать такую систему без цифрового учета трудно, но RFID делает ее возможной.

Пример впечатляющего успеха в этом направлении – Южная Корея. В некоторых корейских городах уже давно действуют умные контейнеры с RFID-метками и весовыми датчиками, которые фиксируют сколько отходов и какого типа выбросил каждый житель. Горожане используют персональные чип-карты или мешки с метками для выброса мусора, и данные о количестве отходов заносятся на их счет. В результате население материально мотивировано уменьшать объем несортированного мусора и лучше отделять перерабатываемые фракции – ведь за больший объем придется платить больше. Такая система pay-as-you-throw доказала свою эффективность: в Южной Корее благодаря ей уровень переработки, особенно органических отходов, превысил 95% – один из самых высоких показателей в мире. Люди стали гораздо меньше выбрасывать пищевые отходы впустую, предпочитая отдавать на компостирование, потому что за лишний вес органики пришлось бы платить.

RFID-технологии используются и в ряде европейских стран для учета отходов. Например, в некоторых городах Германии и Швейцарии контейнеры для отходов оснащены чипами, а мусоровозы – RFID-считывателями и весами. Когда машина поднимает бак и взвешивает его, система автоматически регистрирует вес и привязывает его к адресу хозяйства. Таким образом выставляется счет за фактически удаленные отходы. Помимо финансового стимула к уменьшению отходов, такая система обеспечивает точный учет количества собранного мусора по районам, что полезно для планирования мощностей переработки.

Еще одно применение RFID – контроль за движением специализированных контейнеров или опасных отходов. Метки позволяют отслеживать, куда переместился, скажем, контейнер с медицинскими отходами или бочками с химическими отходами, исключая их потерю или несанкционированный сброс. В целом RFID расширяет возможности управленцев: от наведения порядка в платежной дисциплине до обеспечения прослеживаемости в цепочке обращения с отходами.

Цифровая паспортизация и учет отходов

Термин «цифровая паспортизация отходов» означает перевод в цифровой формат всей системы документов и сведений, сопровождающих отходы в процессе их обращения. Традиционно для опасных отходов оформляются специальные паспорта отходов, содержащие информацию о составе, классе опасности, источнике образования и способах утилизации. В бумажном виде такие паспорта и сопроводительные накладные часто теряются или заполняются формально. Цифровизация решает эту проблему путем создания единой электронной базы данных об отходах.

В странах с продвинутой экологической политикой (например, Германия, Япония, Республика Корея) действуют государственные информационные системы учета твердых бытовых отходов и опасных отходов, куда стекаются данные от всех участников – от коммунальных служб до промышленных предприятий. Каждая партия отходов фактически получает электронный «паспорт», в котором фиксируется кто, когда и сколько отходов произвел, куда они направлены (на переработку, захоронение или сжигание) и каким образом обезврежены. Такой цифровой след делает всю систему более контролируемой: надзорные органы видят полную картину движения отходов, снижается риск нелегальной утилизации, а добросовестные переработчики, наоборот, получают подтверждение своих объемов работы для отчетности. В Республике Казахстан концепция цифрового учета отходов пока находится в стадии развития. В Environmental Performance Index 2024 Казахстан занял лишь 99-е место из 180 по качеству управления отходами, отчасти потому, что отсутствуют налаженные системы цифрового мониторинга потоков отходов и их раздельного сбора. Однако предпринимаются шаги к исправлению ситуации: эксперты и депутаты предлагают разработать отдельный закон об обращении с отходами, где одним из положений должно стать создание единой онлайн-платформы для учета, мониторинга и контроля отходопотоков. Предполагается, что такая платформа станет основой для реализации

принципов циркулярной экономики, обеспечив прозрачность на каждом этапе движения отходов – от образования до конечной переработки или захоронения.

Цифровая паспортизация будет особенно полезна в части опасных отходов. Уже сейчас по закону каждый отход I–IV класса опасности должен иметь паспорт, удостоверяющий его тип и характеристики. В будущем, вероятно, эти сведения будут вноситься в электронный реестр, доступный для контролирующих органов. Например, предприятие, генерирующее опасные отходы, сможет онлайн зарегистрировать их, получить электронный паспорт, а при передаче отходов лицензированному перевозчику и далее на завод – все эти шаги будут отражены в системе. В итоге формируется сквозная цифровая цепочка ответственности: от производителя отхода до конечного переработчика. Такая система уже частично реализована в ряде стран: например, в США действует электронная система манифестов Hazardous Waste e-Manifest, в Европе разрабатываются цифровые продуктовые паспорта (Product Passports) в рамках циркулярной экономики, которые содержат информацию облегчающую переработку продукта по окончании службы.

Для Казахстана переход к цифровому учету станет серьезным шагом вперед. Это потребует не только создания ИТ-инфраструктуры, но и нормативного закрепления обязанностей по внесению данных, а также обучения персонала. Тем не менее опыт показывает, что «цифровой след» отходов повышает ответственность всех участников и улучшает экологические показатели. Кроме того, наличие достоверных данных позволит принимать обоснованные решения: где строить новые перерабатывающие мощности, каких отходов образуется слишком много, как эффективнее стимулировать раздельный сбор и т.д.

Программные платформы и аналитика для управления отходами

Современное управление отходами опирается на данные, а для их сбора, хранения и анализа создаются специализированные программные платформы. В последние годы на рынке появилось множество решений – от городских информационных систем до коммерческих онлайн-сервисов – предназначенных для координации всех процессов обращения с отходами. Их задача – объединить разрозненные элементы (датчики, GPS, сводки от компаний, заявки от населения) в единое информационное пространство, где в режиме реального времени видно состояние системы и возможны управленческие действия.

Примером такой интегрированной платформы служит внедряемая в Астане информационная система «Waste Management». С помощью этого ПО столица создала детализированную цифровую карту города, на которой отображены все контейнерные площадки. В систему поступают данные от GPS-навигации мусоровозов, что позволяет в каждой точке на карте видеть, когда последний раз вывозился мусор и вовремя ли проводится обслуживание. Более того, система аккумулирует аналитические данные – например, объем отходов, собираемый в каждом районе, частоту переполнения контейнеров, время простоя техники и т.п.. Эта информация бесценна для эффективного управления: город может перераспределить ресурсы, изменить маршруты,

добавить контейнеры в проблемных местах или пересмотреть график работы. В Астане цифровизация уже дала конкретный результат – количество жалоб жителей на несвоевременный вывоз мусора резко сократилось, а сам процесс стал прозрачным и подконтрольным. Таким образом, ИТ-платформа выступила как инструмент контроля качества услуг: компании-подрядчики понимают, что каждый их шаг фиксируется, и стараются соблюдать стандарты.

Помимо муниципальных систем, есть и инициативы от частного сектора. В Казахстане разрабатываются цифровые платформы для отрасли отходов, которые связывают между собой генераторов отходов, перевозчиков и переработчиков. Например, один из проектов предлагает онлайн-сервис, где предприятие, имеющее отходы, может разместить заявку на вывоз, перевозчики – откликнуться на нее, а перерабатывающие заводы – подтвердить готовность принять сырье. Алгоритмы в таком сервисе подбирают оптимальные варианты с учетом расстояния, доступных мощностей и ценовых предложений. Встроенные модули обеспечивают заключение электронных договоров, фотофиксацию выполнения работ, автоматическое формирование отчетных документов и даже рейтинг надежности подрядчиков. По сути, такая платформа создает цифровой рынок отходов, делая взаимодействие всех участников удобным и прозрачным. Для Казахстана, где географические расстояния велики, а информация о переработчиках не всегда доступна, подобные решения могут стать прорывом – они повысят процент переработки, снизят транзакционные издержки и помогут малым предприятиям войти в отрасль, найдя клиентов через интернет.

Наконец, аналитические возможности цифровых систем дают новое качество управлению отходами на стратегическом уровне. Сбор большого массива данных (Big Data) об образовании, сборе и утилизации отходов позволяет применять методы прогнозирования и оптимизации. В будущем, используя данные за несколько лет, можно будет моделировать, как повлияют те или иные меры (например, внедрение залоговой стоимости тары или запуск нового завода) на объемы отходов, строить сценарии и выбирать наилучшие решения. Уже сейчас во многих городах мира данные от «умных» отходовых систем интегрируются в общие платформы Smart City, где вместе анализируются параметры трафика, энергопотребления, экологии и др. Например, Алма-Ата, реализуя концепцию «умного города», интегрировала видеонаблюдение с модулем распознавания переполненных контейнеров и мусора на улицах – эти инциденты сразу поступают в ситуационный центр городских служб. Такой проактивный подход позволяет не ждать жалоб граждан, а заранее знать о проблеме и решать ее.

Казахстанский опыт и перспективы

Как видно, в мире накоплен значительный опыт применения цифровых технологий в сфере отходов. Казахстан, стремясь модернизировать свою систему управления отходами, постепенно перенимает эти практики, адаптируя их к местным условиям. Рассмотрим, что уже делается и что планируется в нашей стране на этом направлении.

Во-первых, как упоминалось, принят новый Экологический кодекс (вступил в силу в 2021 году), в котором заложены основы цифрового мониторинга. Требование оснащать мусоровозы GPS-трекерами – часть этого курса на цифровой контроль. Его реализация уже идет: пример Астаны показал эффективность мер, и этот опыт признан успешным на республиканском уровне. Президент Казахстана поручил масштабировать практику «умного города» Астаны на другие крупные города, что подразумевает, среди прочего, распространение и цифровых решений для ЖКХ, включая вывоз мусора. Можно ожидать, что в ближайшие годы такие системы, как в столице, появятся и в Алматы, Шымкенте и областных центрах.

К слову, город Алматы также не отстает: в рамках проекта «Smart City» там внедрена система видеонаблюдения с элементами AI, способная распознавать переполненные мусорные контейнеры и стихийные свалки по изображению с камер. По данным на 2025 год, в Алматы уже работали 803 камеры, из них 214 оснащены интеллектуальной видеоаналитикой, фиксирующей нарушения в вывозе отходов. Эти сигналы позволяют коммунальным службам быстро реагировать, отправляя технику на уборку до того, как ситуация ухудшится. Таким образом, Алматы использует цифровой инструмент для наведения порядка и экономии бюджетных средств – превентивное устранение мусорных заторов обходится дешевле, чем разбор завалов и ликвидация последствий.

Во-вторых, развивается цифровая инфраструктура учета отходов на уровне госуправления. Как мы обсуждали, отсутствует пока единая информационная система по отходам, но ведется работа над новой Концепцией управления отходами. Вероятно, в ее рамках будет предусмотрено создание национального реестра или платформы, где будут аккумулироваться сведения о всех видах отходов (кроме радиоактивных) в Казахстане. Также обсуждается усиление ответственности акиматов и предприятий за предоставление точных данных об обращении с отходами. Депутатами подчеркивается, что в передовых странах «цифровая система учета ТБО доступна каждому гражданину», и нам нужно двигаться в том же направлении. Это амбициозная задача, но ее реализация сделает управление отходами более научно обоснованным и открытым для общества.

В-третьих, появляются пилотные проекты в частном секторе. Уже есть казахстанские ИТ-компании, предлагающие решения для автоматизации работы мусоровывозящих компаний. Например, мобильные приложения, где водитель мусоровоза видит свой маршрут, отмечает выполнение каждой точки сбора, а диспетчер в офисе отслеживает все онлайн. Такие приложения также позволяют делать фотофиксацию до/после уборки контейнерной площадки, чтобы сразу подтверждать качество услуг. В будущем, возможно, появятся и пользовательские сервисы – приложения для жителей, где можно будет увидеть расписание вывоза своего двора, оставить жалобу или заявку на вывоз крупногабаритного мусора. Косвенно к этому направлению можно отнести запущенную ранее платформу OpenAlmaty и аналогичные сервисы обратной связи, через которые граждане сообщают о проблемах ЖКХ, включая мусор.

Интеграция таких обращений с цифровой системой управления отходами позволит сразу направлять сигнал ответственным службам, создавая единый цикл от жалобы до решения под контролем ИТ-системы.

Конечно, внедрение всех этих технологий сопряжено с вызовами. Казахстан отличается большой территорией и разным уровнем развития инфраструктуры в регионах. То, что работает в городах, сложнее сразу распространить на сельскую местность. Кроме того, требуется подготовка кадров – от водителей, умеющих пользоваться новой техникой, до экологов и управленцев, способных анализировать данные. Необходимо обновлять нормативную базу: например, устанавливать стандарты для роботизированной сортировки, цифровых весовых контрольных систем на полигонах, требований к защите данных и т.д. Пока что, по оценкам экспертов, нормативы не успевают за технологиями. Однако очевидно, что движение в сторону цифровизации – неизбежная часть экологической модернизации.

Отрадно, что первые результаты у нас уже есть: цифровизация системы ТБО в Астане охватила 85% структуры вывоза отходов (остается подключить полигоны с установкой измерительных приборов для полного цикла) и доказала свою эффективность. Доверие к технологии растет, а потому и бизнес, и государство готовы инвестировать в ее развитие. Например, расходы на оснащение техникой GPS и датчиками в столице взяли на себя сами мусоровывозящие компании, понимая, что в перспективе это повысит их конкурентоспособность. Это хороший прецедент государственно-частного партнерства в экотехносфере.

Цифровые технологии уже трансформируют сферу управления отходами – от момента, когда мусор выбрасывается, до его окончательного превращения в новый ресурс или безопасного захоронения. Мы видим, что автоматизация, датчики, GPS, RFID и программные платформы позволяют сделать систему обращения с отходами более прозрачной, эффективной и экологичной. Международный опыт – от Южной Кореи и Сингапура до Германии и США – показывает, что цифровизация способствует повышению уровней переработки, снижению издержек и улучшению экологических показателей. В Казахстане цифровые решения призваны решить многие накопившиеся проблемы: устранить стихийные свалки, наладить учет отходов, повысить процент их переработки и доверие населения к системе. При этом важно понимать, что цифровизация не заменяет базовых принципов (как отдельный сбор, экологическое просвещение, соблюдение нормативов) – она служит инструментом, усиливающим их действие.

Лекция на тему цифровых технологий логически продолжает предыдущие материалы: освоив традиционные методы, мы переходим к современным подходам. Они не отменяют необходимости сортировать мусор, внедрять отдельные контейнеры или строить перерабатывающие заводы – напротив, цифровые инструменты помогают этим мерам работать слаженно и результативно. Например, наличие датчиков и учета ничего не даст, если нет инфраструктуры переработки, но когда оба компонента развиваются параллельно, достигается синергия. Цифровая система быстро направит

отходы к переработчику, а переработчик, получая стабильный поток вторсырья с известными параметрами, сможет эффективно работать.

В заключение подчеркнем: переход к «умному» управлению отходами – необходимый шаг на пути к циркулярной экономике и «зеленому» будущему. Казахстан, интегрируя лучшие мировые практики и собственные инновации, имеет шанс совершить «цифровой скачок» в этой сфере, быстро нагнав и даже в чем-то опередив другие страны региона. Для этого потребуются совместная работа государства, бизнеса и общества – законодательное обеспечение, инвестиции в технологии и воспитание экологической ответственности граждан. Цифровые технологии предоставляют нам инструменты, но именно от людей зависит, будут ли они применены во благо окружающей среды. Используя эти инструменты разумно, мы сможем значительно повысить эффективность управления отходами и приблизиться к цели, где отходы перестают быть проблемой, превращаясь в ценное вторичное сырье в цикле экономики замкнутого цикла. Цифровизация в управлении отходами – это не дань моде, а осознанный выбор в пользу прозрачности, контроля и устойчивого развития, который уже сегодня начинает приносить плоды и несомненно определит облик отрасли в ближайшие годы

Контрольные вопросы

1. Что означает понятие «цифровизация системы управления отходами» и какие цели она преследует?
2. Какую роль играют технологии Интернета вещей (IoT) в сборе и транспортировке отходов?
3. Какие основные направления цифровизации обращения с отходами выделяются в мировой практике?
4. В чём преимущества роботизированных сортировочных комплексов с искусственным интеллектом по сравнению с ручной сортировкой?
5. Как работают «умные контейнеры» и каким образом они оптимизируют графики вывоза отходов?
6. Какую функцию выполняют GPS-трекеры на мусоровозах, и как это повышает прозрачность системы управления отходами?
7. Что такое RFID-метки и как они используются в моделях типа «Pay-as-you-throw»?
8. Что представляет собой цифровая паспортизация отходов, и какие преимущества она даёт для государственного и промышленного контроля?
9. Каковы основные задачи программных платформ и аналитических систем для управления отходами?

Информационные источники:

1. Эстамиров Р.А. ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ // Международный студенческий научный вестник. – 2015. – № 1.;

URL: <http://www.eduherald.ru/ru/article/view?id=11968> (дата обращения: 05.02.2020).

2. Республика Казахстан. Закон об охране окружающей среды. // Справочная система ЮРИСТ. 2007
 3. Республика Казахстан. Экологический кодекс от 9 января 2007 года
 4. В.Ю. Конюхов , Е.Ю. Копылова , Е. В. Зелинская
- ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПЕРЕРАБОТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ** // Иркутский национальный исследовательский технический университет
5. https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=32423149#pos=20;-15