

* * *

УДК 628.4.02

DOI 10.17816/snv202120

Статья поступила в редакцию 15.04.2020

ОБЗОР СИСТЕМ СБОРА И УДАЛЕНИЯ ОТХОДОВ В АНТРОПОГЕННЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

© 2020

Степанова Ирина Андреевна, кандидат биологических наук,
доцент кафедры экологии и природопользования**Степанов Алексей Сергеевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры геологии, геодезии и кадастра
Оренбургский государственный университет (г. Оренбург, Российская Федерация)

Аннотация. В статье рассмотрены последние исследования и публикации в печатных российских и иностранных изданиях, изучающие вопросы применения систем управления твердыми коммунальными отходами в антропогенных экосистемах. Проведен анализ применения российских и иностранных цифровых технологий и интернет-ресурсов, управляющих коммунальными отходами. Анализ общих аспектов теории управления твердыми отходами показал наличие проблемы управления твердыми городскими отходами (SWM) в различных странах. Выявлено четыре основных направления управлением отходами: сбор и логистика, применение машин и установок для обработки отходов, бизнес-модели и использование инструментов сбора, хранения и обработки данных. Логистическое управление твердыми отходами является очень сложной и важной работой для любой муниципальной корпорации по всему миру. Применение различных технологий и установок по обработке и сортировке отходов требует материальных вложений в каждую конкретную установку, но в итоге это будет способствовать оптимизации управления твердыми отходами. Инновационные бизнес-модели по решению экологических проблем накопления отходов требуют государственного стимулирования в виде субсидий или налоговых льгот. Анализ инструментов сбора, хранения и обработки данных, регулирующих потоки отходов, выявил перспективную возможность применения ГИС-технологий, интернета вещей и блокчейн-технологий для управления отходами. В работе предлагается новая web-ГИС технология (web-приложение Garbage collector) для сбора больших объемов статистических данных о состоянии контейнерных площадок города. Использование приложения поможет организовать систему управления отходами в пределах населенного пункта гражданами независимо от управляющих компаний совместно с муниципальными властями.

Ключевые слова: отходы; управление отходами; твердые коммунальные отходы; площадки накопления отходов; web-ГИС приложение; оптимизация системы управления отходов.

Во втором десятилетии XXI века в мире сохраняется устойчивая тенденция увеличения объемов отходов. К 2016 г. объем образования всех отходов достиг 22 млрд т, а объем генерации твердых коммунальных отходов (ТКО) превысил 1,3 млрд т. При этом, согласно докладу Департамента городского развития Всемирного банка, к 2025 г. количество образующихся в мире ТКО возрастет до 2,2 млрд т. К 2050 г. ежегодный объем отходов может превысить 3,4 млрд т при росте населения до 9,8 млрд чел. [1].

Проблема накопления отходов актуальна также для Российской Федерации. По данным, представленным в Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 г., в результате прошлой хозяйственной и иной деятельности в стране накоплено более 30 млрд т отходов [2]. По данным Федеральной службы государственной статистики, в 2005 г. в России зафиксировано образование примерно 3 млрд т отходов, в 2010 г. – около 4 млрд т, в 2015 г. – примерно 5 млрд т [3].

В ответ на проблемы, возникающие в связи с ростом объема отходов, Европейское агентство по охране окружающей среды (ЕАО) и Агентство США по защите окружающей среды определяют минимизацию (и предотвращение) как одно из направлений, на котором необходимо сосредоточить все усилия против растущей проблемы отходов. Однако единого видения, как именно должно осуществляться достижение поставленной цели, пока не существует [4].

Предлагается «умное управление отходами» (smart waste management, SWM) с глубокой интеграцией цифровых технологий: умные мусорные бункеры, мусоровозы, роботизированная сортировка и т.п. Европейской комиссией была запущена программа Digital Cities Challenge (цифровые вызовы городов).

Ученые и аналитики предлагают внедрять современный подход к сбору отходов, а именно – провести цифровую трансформацию предприятий в сфере переработки коммунальных отходов. Трансформация заключается во внедрении четырех составляющих: «умные контейнеры»; «умные мусоросборщики»; «умные» системы утилизации отходов; а также облачные сервисы для предприятий и мобильных приложений для горожан [5].

В настоящее время большинство операций по сбору коммунальных отходов сосредоточены на регулярном вывозе придомовых контейнеров по расписанию. Такой подход неэффективен, ведь зачастую контейнеры могут быть либо полупустыми, либо переполненными. В результате операторы по утилизации отходов тратят лишнее топливо (в случае полупустых контейнеров) или вынужденно совершают повторный выезд (в случае переполненности).

Увеличение ежегодных объемов отходов происходит при отсутствии усилий государств, ученых и граждан по применению систем управления отходами и по переработке отходов.

Целью данного исследования является обзор систем управления отходами в антропогенных экосистемах.

Задачи исследования:

1. Анализ исследований и публикаций в печатных российских и иностранных изданиях, изучающих вопросы по регулированию системы сбора и удаления отходов.

2. Анализ применения российских и иностранных цифровых технологий, интернет-ресурсов и сервисов, способствующих рациональному управлению отходами в антропогенных экосистемах.

3. Представление концепта сбора объективных данных о состоянии системы временного накопления твердых отходов (контейнерных площадок) в определенной антропогенной экосистеме и сравнительного анализа предлагаемой разработки с представленными ранее технологиями по управлению отходами.

Методы исследования в статье представлены анализом мировых разработок по системам сбора и удаления отходов в антропогенных экосистемах, сравнительным анализом собственной разработки регулярной системы сбора данных по накоплению отходов с представленными ранее подобными технологиями.

В работе **исследуется ситуация по обращению с отходами** в различных странах и в Российской Федерации. Отмечено отсутствие селективного сбора отходов от населения, а также отсутствие схем очистки населенных мест или их несовершенство, приводящие в результате к увеличению количества твердых коммунальных отходов [6; 7]. Изучается динамика накопления ТКО в различных антропогенных экосистемах [8]. Информирование населения и бизнеса в России в условиях формирования системы обращения с отходами на данный момент носит несистемный, часто точечный и случайный характер [9].

Исследователями разрабатываются модели образования, сбора и переработки твердых отходов, позволяющие управлять процессами обеспечения экологической безопасности, а именно планировать мероприятия по вывозу и утилизации отходов, составлять сводный кадастр отходов [10; 11].

Предлагаются территориальные и региональные схемы обращения с ТКО как основа модели управления отходами [12–14]. Выявлена необходимость повышения эффективности функционирования модели путем оптимизации потоковых процессов по сбору и удалению отходов в антропогенных экосистемах [15]. Также предлагаются схемы информационного обеспечения селективной сборки ТБО, способствующие качественной организации системы управления отходами [16].

Ученые все чаще обращают внимание на важность применения успешных практик «умных» решений по управлению отходами для повышения комфортности городской среды [17]. Существуют разработки цифровой продукции тематического картографирования, позволяющие устойчиво управлять развитием территории в различных регионах. С помощью географических информационных систем предлагается управлять обращением с твердыми коммунальными отходами (ТКО) [18].

Рассматриваются аналоги мирового опыта формирования умных городов. Сегодня смартгорода

направлены на экологичное энергоэффективное использование городских коммуникаций и инфраструктуры на основе современных информационных технологий. В перспективе данные технологии дадут возможность решения проблем накопления отходов [19].

Исследователями даются конкретные рекомендации по применению информационно-технологического подхода по управлению сферой обращения твердых бытовых отходов в России, способствующие улучшению эколого-экономических показателей в стране [20].

Нами анализировались **общие аспекты теории управления твердыми отходами**. Управление твердыми отходами (SWM) является неотъемлемой частью системы экологического менеджмента. Исследователями описан ряд экономических моделей и моделей оценки жизненного цикла (LCA), облегчающий будущим работникам выбор подходящих алгоритмов управления отходами и оценку их возможных результатов. Представляются различные инновационные решения, о которых сообщалось для достижения разумных и устойчивых планов управления отходами во многих странах [21].

Анализ показывает, что эффективность системы управления отходами может быть максимизирована путем правильного использования методов оптимизации. Например, методы нечеткого, стохастического и интервального программирования можно использовать для решения проблем управления отходами, связанных с неопределенностью [22]. Интернет вещей (IoT) и облачные вычисления представляют возможность оптимизации управления твердыми отходами [23].

В работах анализируется влияние межправительственных отношений на управление отходами. Институты экологического управления развиваются по-разному в разных секторах. Во многих странах Азии отсутствуют надежные институты управления. Поэтому открытый политический процесс может помочь с привлечением различных политических групп и гражданского общества для придания законности и эффективности управлению окружающей средой [24].

На разных материках и в разных странах изучается управление твердыми бытовыми отходами. Существует проблема управления ТБО в развивающихся странах. Предлагается стратегия нулевых отходов, основанная на повторном использовании отходов и продлении жизненного цикла продукта [25].

В Турции система управления твердыми отходами анализируется с использованием методов математического моделирования. Даны рекомендации для предприятий по восстановлению вторичных материалов и предложены варианты будущих инвестиций для политиков [26].

Управление твердыми городскими отходами велось в районах трущоб Бразилии (Rocinha). Эта тема особенно актуальна для развивающихся стран, так как наблюдается постоянный рост трущоб. Управление твердыми городскими отходами является неотъемлемой частью устойчивого управления цепочками поставок (SSCM), которая представляется жизнеспособным методом включения социальных, экологических и экономических целей для устойчивого развития [27].

В Индии рассматривается сбор и сегрегация отходов по источникам, варианты переработки и по-

вторного использования, технологии обработки. Для решения проблем накопления отходов обсуждается действующая политика правительства, финансовая поддержка и стимулы для управления твердыми отходами (SWM) [28].

В Китае говорят о том, что система управления должна быть снабжена технологиями, количественно и качественно улучшающими сбор (спецификация контейнера и транспортного средства, маршрутизация транспортного средства, техническое обслуживание транспортного средства), передачу (на промежуточные точки и станции), восстановление (компостирование, сортировка объектов и организация) и окончательное захоронение (санитарные свалки, рекуперация энергии из свалочного газа) отходов. Также важно укреплять сотрудничество с частным сектором по данному вопросу [29].

При сравнительном анализе систем управления и переработки твердых отходов в Восточной Африке изучен опыт утилизации отходов в Танзании, Южном Судане, Кении и Мозамбик. Даны рекомендации по переработке отходов. Выявлены критические проблемы по управлению отходами в быстро растущих городах Африки. Даны рекомендации по ликвидации выбросов отходов и по их переработке [30].

При управлении твердыми бытовыми отходами в Южной Африке предлагается технология «отходы-в-энергию», способствующая утилизации отходов и производству энергии. Исследования показывают, что при правильных инвестициях в технологии и институциональные изменения отходы могут потенциально стать ресурсом, который может способствовать социально-экономическому развитию городов [31].

Учеными разработана система оценки для 18 городов в 6 странах Южной и Юго-Восточной Азии, помогающая лучше понять функциональные и административные аспекты, определяющие качество и охват системы управления твердыми отходами. Во многих странах Азии нет понятной системы сбора данных по твердым коммунальным отходам и карт по их транспортировке. Выявлено, что национальные правительства заинтересованы в улучшении услуг для их городских жителей. Однако отсутствие политической воли на местном уровне затрудняет рациональное управление потоками отходов [32].

Таким образом, выявлено, что управление твердыми городскими отходами (SWM) является центральной проблемой в различных странах и в крупных городах по всему миру.

Управление твердыми бытовыми отходами представлено четырьмя направлениями: сбором и логистикой, применением технологий и установок для обработки отходов, бизнес-моделями и инструментами данных.

Проведен анализ исследований и публикаций по сбору и логистике твердых бытовых отходов. Ученые предлагают лучшие варианты сети логистики отходов и разрабатывают оптимальные технологии переработки отходов [33]. Необходимость сокращения количества отходов в городских районах приводит к концепции городов с нулевыми отходами. Эта концепция может быть поддержана обратной логистикой (управлением возвратов отходов населению). Поэтому учеными изучаются тенденции размеров потоков муниципальных отходов [34].

Изучением управления на этапе сбора и логистики твердых бытовых отходов ученые занимаются на примере различных стран и дают конкретные советы для определенных территорий по улучшению сбора отходов.

Изучается методологическая основа для определения степени динамического воздействия влияния деятельности в области устойчивой логистики отходов на различные сферы жизни в отдельных странах Европейского Союза [35].

Испанскими учеными рассматривается модель движения отходов от упаковки пищевых продуктов и сбора каждой фракции в конкретных контейнерах до окончательной обработки с выявлением восьми разных материалов. Коллективный раздельный сбор отходов управляется соответствующими уполномоченными организациями. Система депозитного возврата упаковки реализуется на европейском уровне для решения проблемы накопления отходов [36].

Использование логистики и моделирования для полного разделения и ликвидации отходов изучают в Словакии. Результатом работы явилось использование отходов в качестве сырья биогаза [37].

Американское исследование суммирует результаты логистики твердых отходов не только в Колумбии, но и в других странах Латинской Америки со ссылкой на некоторые из ведущих экономик мира. Исследование также касается транспортировки отходов и их хранения на свалках. Результаты выявили ряд проблем, связанных с экономикой, технологиями, правилами и политическими решениями, общими для нескольких стран мира [38].

В Индии сбор и транспортировка отходов составляют 50–70% от общей стоимости системы муниципального управления твердыми отходами. Ученые сформулировали логистическую модель MILP (смешанное целочисленное линейное программирование) для расчета общего количества бункеров, необходимых на объектах для различных типов отходов, и предложили метод их распределения [39]. Планирование территорий для сбора твердых отходов в муниципальных районах с использованием моделей смешанного целочисленного линейного программирования осуществляют также в Мексике [40].

Изучаемая в Египте логистика отходов может быть применима на регион Ближнего Востока и Северной Африки. Образование отходов в развивающихся странах сильно увеличивается из-за ускоренного экономического роста, поэтому возникает много вопросов и проблем, связанных с транспортировкой и логистикой отходов. В результате предлагается «обратная логистика» для изучения способов эффективного управления отходами и увеличения их использования [41].

Исследование, направленное на оптимизацию логистической сети и транспортной системы, было успешно применено в Иране. Устранение неопределенности в соотношениях генерации ТБО предлагается двухэтапным подходом оптимизации эффективной поддержки рентабельной транспортной системы. Достигается это путем определения оптимального размера накопления и утилизации, маршрутов транспортных средств и распределения мощностей по компонентам системы [42; 43].

Учеными Нигерии в метрополии Абеокута учтено большое количество домохозяйств и генерируемые ими биологически разлагаемые отходы. Данные отходы предлагают собирать отдельно и использовать для производства биогаза в городе. Так большое количество районов с низким уровнем дохода может получать доступ к более дешевому электричеству [44].

Таким образом, логистическое управление твердыми отходами является очень важной и сложной работой для любой муниципальной корпорации. Оптимальное проектирование сетей по сбору отходов на основе логистики облегчит их сбор и минимизирует воздействие отходов на антропогенные экосистемы.

В статье проведен **анализ исследований и публикаций по применению технологий и установок для обработки** собираемых отходов. Темпы роста накопления твердых бытовых отходов в Китае составляют 10%, что превышает годовой темп прироста во всем мире (8,42%). Китайскими учеными разработан метод классификации отходов (стандарт автоматического разделения), основой которого является рациональная автоматическая сортировка отходов с помощью интеллектуальных многосегментных и автоматизированных мусорных баков. Это может улучшить эффективность сортировки и переработки отходов и решить текущую ситуацию накопления отходов [45].

В Дубае изучают методы машинного обучения для классификации отходов по различным категориям, чтобы было проще перерабатывать отходы. Предлагаемая автоматическая система алгоритма глубокого обучения классифицирует металлические, бумажные, пластиковые и не подлежащие переработке отходы. Классификация выполнена с использованием архитектуры сверточной нейронной сети (CNN) AlexNet в режиме реального времени [46].

Учеными из Индии также ведутся разработки по применению капсульных нейронных сетей и визуализации для сортировки твердых отходов. Сверточная нейронная сеть (CNN) является основой обработки изображений в перспективе глубокого нейронного обучения (Deep Learning). Чтобы устранить недостатки и улучшить производительность по сравнению с CNN, была разработана новая архитектура CNN, известная как нейросеть Capsule (Capsule-Net). Capsule-Net используется для управления твердыми отходами, она разделяет пластик и другие фракции [47].

В Южной Индии для компаний или отраслей предлагается использовать решения по разделению отходов с помощью недорогого интеллектуального мусорного контейнера, с последующим поступлением отходов на переработку. Данное решение позволяет сортировать металлические и неметаллические отходы. Для контроля схемы сортировки используется микроконтроллер [48].

В развивающихся странах предлагается уделять внимание переработке и компостированию, приводящим к снижению объемов отходов и производству ценных продуктов с многократным применением [49]. Решения, основанные на методах компьютерного распознавания отходов, позволяют автоматизировать процессы по обращению с отходами [50].

Таким образом, выявлено, что применение различных технологий и установок по обработке или сортировке отходов требует материальных вложений

в каждую конкретную установку, однако в итоге это будет способствовать оптимизации управления твердыми отходами.

На следующем этапе проведен **анализ исследований и публикаций по применению бизнес-моделей** для управления твердыми бытовыми отходами.

В ходе исследования ученых государственного университета Сан-Паулу (Бразилия) был проведен контент-анализ для определения уровня техники, сильных и слабых сторон, возможностей и угроз (SWOT-анализ) управления органическими отходами на основе принципов цикличности экономики. Проведенный анализ был сосредоточен на возникающих цепочках создания стоимости и изменении существующих бизнес-моделей, законодательства и налогообложения [51].

Исследователи Санкт-Петербургского института экономики и управления разработали новую бизнес-модель экологически сбалансированного воспроизводства топливных ресурсов из отходов и рекомендации по ее использованию на региональном и муниципальном уровне. Практическая ценность полученных результатов заключается в возможности их использования как региональными (муниципальными) органами власти, так и инвесторами [52].

В работе ученых Миланского политехнического университета изучены системы «продукт-сервис» с моделью, основанной на восстановлении и переработке отходов; а также бизнес-модель Canvas как наиболее распространенный метод классификации. Полученные результаты могут помочь компаниям, исследователям и правительству в обновлении текущих знаний об управлении отходами и в применении их специалистами-практиками [53].

Японские ученые проводили исследования новой модели управления ТБО, основанной на многоцелевом подходе, включающей технические, социальные, экологические, институциональные, бизнес, менеджмент, политические и культурные факторы. Предлагаемая устойчиво-рентабельная модель расширяет повторное использование и переработку отходов с учетом новых технических и технологических решений. Решение реализуется с помощью ряда процедур в области управления и бизнеса [54].

Выявлено, что инновационные бизнес-модели и промышленные стратегии, адекватные высоким темпам технологического роста и решающие серьезные экологические проблемы накопления отходов, требуют привлечения дополнительных финансирования и государственного стимулирования в виде субсидий или налоговых льгот.

В статье проведен **анализ исследований и публикаций по применению инструментов сбора, хранения и обработки данных**, регулирующих потоки отходов. К современным инструментам по регулированию потоков отходов можно отнести ГИС-технологии, интернет вещей и блокчейн-технологии.

Решение проблем управления отходами в целом замедляется из-за отсутствия достоверной информации о движении отходов. Исследователи говорят о важности применения дистанционного зондирования и ГИС в моделировании управления отходами, описывают применение этих методов в различных тематических исследованиях по всему миру (в Португалии, Италии, Китае и других странах). Значительное

внимание уделяется применению Веб-ГИС в управлении потоками отходов и оптимизации их накопления [55].

Для проектирования оптимальных маршрутов сбора, транспортировки и передачи отходов рекомендуется применять геоинформационные системы с моделями сбора и транспортировки отходов [56]. В Индонезии были разработаны инструменты сетевого анализа, позволяющие упрощать транспортную систему по сбору и удалению отходов в антропогенных экосистемах [57]. Оптимизация системы маршрутизации для сбора и транспортировки твердых отходов является важным компонентом эффективной системы управления твердыми отходами [58; 59].

Обеспечение устойчивого обращения с отходами в Катаре обеспечивается оптимизацией сбора отходов путем предоставления или перераспределения бункеров в соответствии с образованием отходов и плотностью населения с использованием ГИС [60].

Определением оптимального расположения центров сортировки отходов и планирования маршрутов на основе ГИС занимались в Кермане – крупнейшей провинции Ирана. В результате этого исследования разработаны оптимальные маршруты перевозки отходов и пункты размещения сортировочных центров [61].

IoT технология, или интернет технология вещей, – это сеть, которая объединит все объекты без участия человека [62]. Предлагается система управления отходами, основанная главным образом на использовании инновационной метки радиочастотной идентификации, оснащенной недорогими датчиками, и облачной программной системы, способной управлять набором данных по отходам [63].

Учеными разработана концепция мобильных депо (как промежуточных пунктов сбора и передачи отходов), а также динамическое распределение пунктов сбора и передачи отходов для последующей их транспортировки на перерабатывающие предприятия. Предлагаемая система управления – компонент приложения Smart City (SC) [64].

Созданием IoT технологии, изучением нормативных и правовых аспектов их применения занимаются в Индии [65]. Разработанные ими умные мусорные баки при заполнении самостоятельно передают информацию с указанием местоположения ответственному лицу [66]. В Индии также предлагается использование интернета вещей с использованием ультразвуковых датчиков Arduino-UNO и EC-GSM для управления отходами и оптимизированного сбора влажных (биоразлагаемых) отходов для производства биогаза. Информация о заполнении мусорных баков будет выводиться в IoT облачную платформу под названием Thing Speak [67; 68].

В Индонезии изучается модель циклической экономики в системе управления отходами. Модель объединяет IoT технологию управления отходами в интеллектуальный, устойчивый и адаптивный механизм управления данными, целью которого является улучшение сбора твердых бытовых отходов и повышение эффективности использования ресурсов [69]. Общий концептуальный анализ применения IoT технологий в управлении отходами изучается сегодня также в Пакистане [70].

Рассмотрено применение Блокчейн (Blockchain) технологии по созданию распределенного реестра и баз данных, работающих одновременно на множестве узлов для управления отходами. Использование технологической архитектуры Blockchain растет во всем мире, учитывая ее характеристики, нацеленные на безопасность и целостность информации, без необходимости в центральном гаранте.

Сфера применения Blockchain значительно расширилась благодаря компаниям, имеющим социальное значение. В статье исследователей Universidade Paulista (Сан-Паулу, Бразилия) представлено применение цифровой архитектуры Ethereum Blockchain для управления твердыми отходами в муниципалитете в штате Сан-Паулу, Бразилия. Эта технология приходит на смену текущей системе учета и управления. Действующая система использует слабо защищенные от подделки печатные сертификаты (талоны) под названием «Зеленые монеты». Система, основанная на Blockchain, обеспечивает управление платежами от сбора отходов в муниципалитете с целью улучшения медицинского и социально-экологического обеспечения, а также финансовой и социальной интеграции добровольцев посредством использования социальной валюты. Предлагаемое приложение использует социальные крипто-монеты и поддержку безопасности через Blockchain Ethereum вместо печатных сертификатов, используемых в настоящее время гражданами-добровольцами, владельцами магазинов и государственными агентами [71].

Исследования по применению Blockchain технологий в управлении отходами ведутся в Португалии, Финляндии [72], Дании [73], Сингапуре [74], Индии [75; 76] и в Эквадоре [77]. Исследователи полагают, что Blockchain может радикально повысить эффективность и результативность сбора, анализа и распространения данных по накоплению и движению отходов. Технология делает данные более доступными и прозрачными и позволяет точно отслеживать движения в цепочке поставок. Технология повышает автономность информационной системы, поскольку она функционирует более независимо без каких-либо или с меньшим количеством посредников.

Анализ инструментов сбора, хранения и обработки данных, регулирующих потоки отходов, выявил перспективную возможность применения ГИС-технологий, интернета вещей и блокчейн-технологий для управления отходами.

Обзор печатных российских и иностранных изданий показал, что применение различных новых технологий и сервисов по регулированию систем сбора и удаления отходов целесообразно и будет способствовать оптимизации антропогенных экосистем.

Проведен анализ применения российских и иностранных цифровых технологий, интернет-ресурсов и сервисов, способствующих рациональному управлению отходами. Специалистами IBM разработано приложение по управлению утилизацией отходов **Wastenet**, использующее комбинацию технологий визуального распознавания, машинного обучения и облачных вычислений. Система сортировки отходов показывает, в какую корзину следует положить тот или иной вид отходов. Пользователь

держит предмет возле специального сканера у мусорной корзины, и система показывает, к какому типу отходов он относится.

Финская компания **Enevo** разрабатывает ультразвуковые датчики уровня наполнения мусорных контейнеров. Подключение к облаку Enevo позволяет клиентам получать данные об уровне заполнения баков и оповещать пользователя, если в баке обнаруживаются подозрительное движение или изменение температуры. Enevo сотрудничает с компаниями Burger King, Panera Bread, McDonalds [78].

На этапе транспортировки и удаления отходов сегодня также используются современные интеллектуальные информационные системы. Новейшие разработки позволяют оптимизировать маршруты. Рассмотрим опыт применения цифровых технологий для интеллектуальной сортировки отходов.

Американская компания **Compology** разработала собственное программное обеспечение (ПО), анализирующее данные с камер-датчиков, установленных в контейнерах, и отслеживающее уровень заполнения контейнеров и движение перевозчика. ПО также самостоятельно рассчитывает наиболее оптимальный маршрут для перевозчиков отходов. Сейчас с Compology сотрудничают компании Tesla, Nest, Google, Airbnb, NASA. Похожий проект внедряет французская компания Trinov.

Финская компания **ZenRobotics** специализируется на технологиях роботизированного сбора и переработки отходов. Главный продукт – ZenRobotics Recycler, система сортировки отходов, которая отделяет сырье от отходов. Проект ZenRobotics сотрудничает с компанией Baetsen, специализирующейся на переработке отходов, шведской компанией-утилизатором Carl F и финским заводом по сортировке и утилизации отходов Remeo и другими [79].

VisionLink – подразделение и одноименный комплекс приложений мониторинга и управления спецтехникой компании Caterpillar. Приложение Landfill разработано компанией VisionLink и предназначено для управления полигонами твердых отходов. Данный продукт отслеживает процессы уплотнения и наполнения на объекте в сочетании с регулированием работы машин-уплотнителей. В результате достигается лучшее уплотнение и продление срока службы полигона.

В России десятки стартапов ведут разработки решений для умного сбора отходов. Агрегатор **Sborbox** разработал приложение для управляющих компаний и жителей, в котором можно отмечать точки на карте с собранными отходами (у дома, подъезда или квартиры), с которых работникам компании можно забирать данные утилизируемые отходы. В результате отходы не попадают на полигоны и свалки, а используются как вторсырье и перерабатывается [80].

Российская компания **Binology** создала концепцию работы с отходами. Предложена «умная урна», которая работает автономно и прессует отходы. Работу урн регулирует Binology SmartCity Management – программная платформа, являющаяся неотъемлемой частью общего решения Binology для «умных городов». Это специализированный сервис, позволяющий удаленно в режиме реального времени отслеживать параметры по всем установленным урнам

SmartCity Bin, вести аналитику по сбору отходов, управлять работой персонала и специализированного транспорта.

Российский разработчик сетевого и телекоммуникационного оборудования **QTECH** разработал систему, позволяющую определять уровень наполненности мусорного бака с помощью датчиков GPS. IoT-решения от QTECH не ограничиваются датчиками для контроля наполненности контейнеров ТБО. Компания также разрабатывает решения для дистанционного сбора показаний с приборов учета на базе технологии LoRaWAN. Благодаря предлагаемой системе мусоровозам удастся эффективно рассчитывать свой маршрут.

Разработана сервис-платформа **Убиратор** по сбору отходов и вторичного сырья с его последующей утилизацией. Разработчики платформы представляют ее как B2B-сервис по вывозу отходов и вторсырья с элементами B2B-маркетинга. Это сервис эффективного управления отходами для разумного бизнеса. Компании-клиенты в режиме онлайн заказывают вывоз макулатуры на определенное время, сборщик отходов принимает заказ, забирает его, а после отвозит в пункт приема и утилизации [81].

Существуют геоинформационные сервисы, позволяющие осуществлять сбор данных по местам сбора отходов в антропогенных экосистемах. Компания Esri разработала Collector for ArcGIS – мобильное приложение для сбора данных. Приложение работает даже при отключении от Интернета и легко интегрируется в ArcGIS. Российская коммерческая компания NextGIS разработала NextGIS Mobile – мобильную геоинформационную систему для операционной системы Android, позволяющую создавать, редактировать и выгружать геоданные, в режиме онлайн и офлайн.

На заключительном этапе исследования **представлен концепт сбора данных о накоплении твердых отходов**. Нами разработан сервис сбора объективных данных о расположении и состоянии объектов временного накопления твердых бытовых отходов (контейнерных площадок) в населенных пунктах. В настоящее время реализовано кроссплатформенное web-приложение Garbage collector на основе среды разработки WebAppBuilder компании ESRI (рисунок 1).

Данная разработка – это инструмент сбора, хранения и обработки данных по накоплению отходов, основанный на web-ГИС технологии. Приложение может быть запущено в web-браузере любого устройства.

Функционал приложения позволит любому жителю города (пользователю) в web-интерфейсе без регистрации наносить на карту точечные объекты (контейнерные площадки) и заполнять атрибутивные данные (адрес объекта, описание состояния объекта, комментарии, фотографии и дату фиксации). Информация вносится в соответствующие поля приложения.

Слой, доступные для редактирования в web-приложении, представляют собой опубликованный сервис разработанной базы данных. Данные автоматически фиксируются в облачном хранилище ArcGIS Online и синхронизируются в базе геоданных (рис. 2).

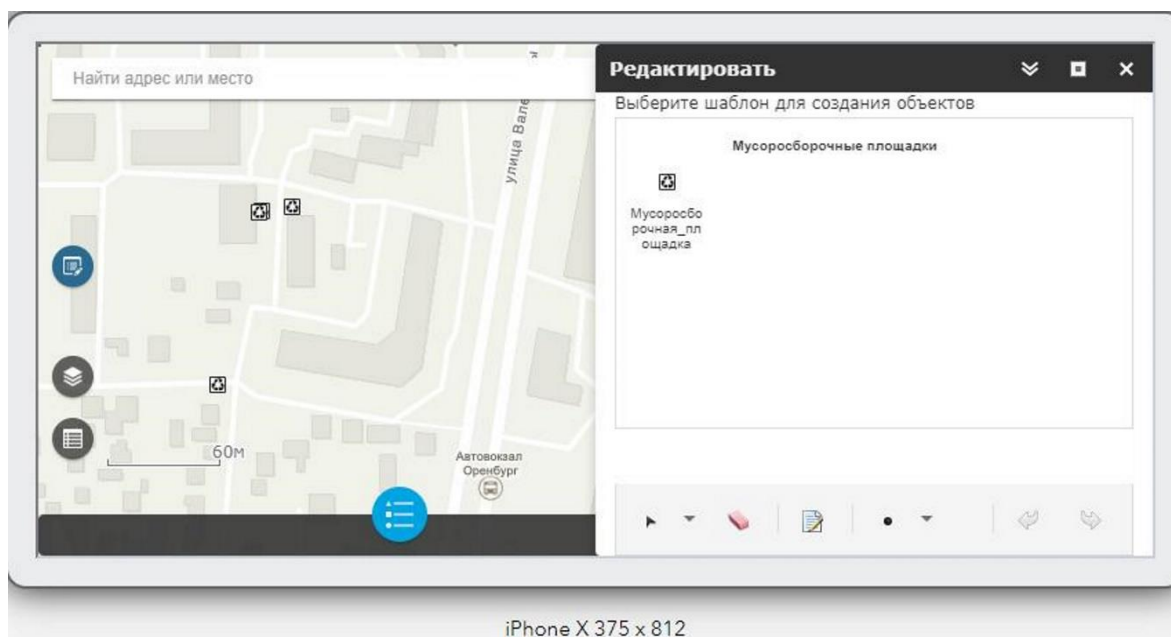


Рисунок 1 – Мобильная версия интерфейса приложения Garbage collector

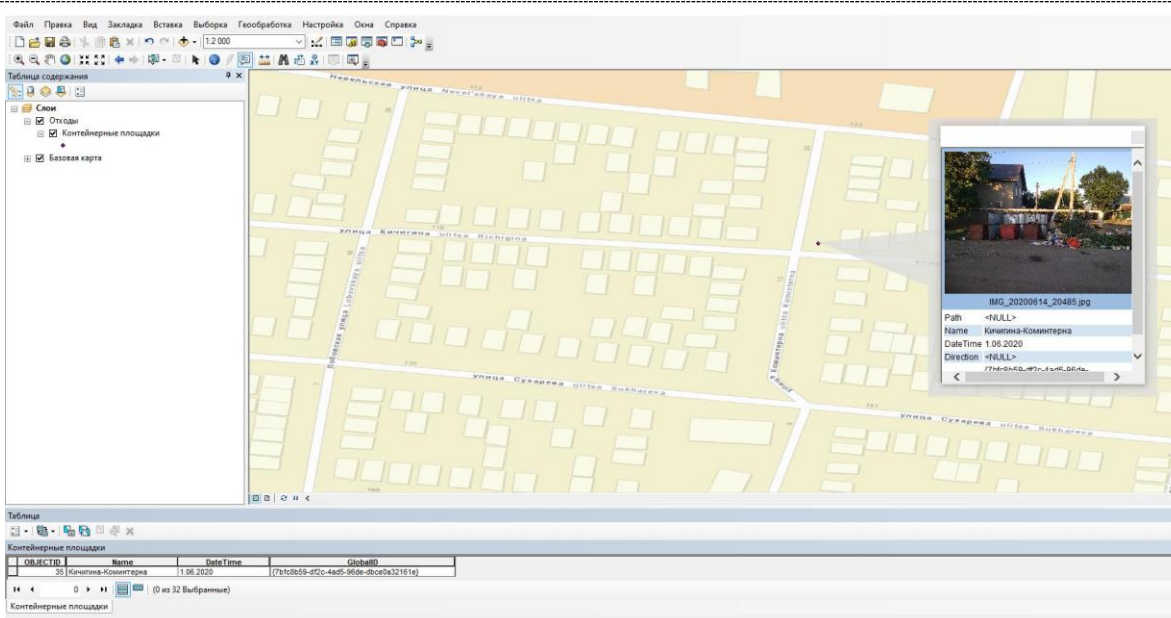


Рисунок 2 – Интерфейс оператора ГИС ArcMap. Результат внесения данных пользователя Garbage collector

Основным источником данных должны стать волонтеры – местные жители, заинтересованные в улучшении условий жизни в своем районе или городе. Последующая обработка, модерирование некачественных данных проводятся администратором в приложении Arc Map.

Для обычных пользователей это приложение представлено в виде сайта, переход на который осуществляется по QR-коду, нанесенному на поверхность, видимую в месте размещения мусорных контейнеров или по ссылке в тематических группах соцсетей.

Web-приложение предоставляет возможность просматривать существующие объекты и размещать новые объекты временного накопления отходов. Любой пользователь может добавить информацию в существующие описания, разместить новую фотографию с геопривязкой, но не имеет прав к удалению данных [82].

Проведенный в работе анализ применения различных вариантов управления отходами выявил перспективную возможность применения ГИС-технологий.

Анализ имеющихся в мире и в нашей стране аналогов показал, что на рынке сервисов по сбору пространственных данных присутствует достаточное количество поставщиков услуг. Среди основных разработчиков неспециализированного программного обеспечения (ПО) для сбора полевых данных на рынке можно назвать прежде всего ESRI, Leica, NextGIS (РФ). Все современные разработчики предлагают для специалистов чрезвычайно мощные инструменты для сбора и обработки данных. Разработаны настраиваемые мобильные приложения для разных отраслей. Сбор точной геопривязанной информации о состоянии и местоположении пунктов временного размещения твердых отходов специалистами коммунальных служб или учеными-исследователями не вызывает затруднений. Они готовы ис-

пользовать специализированное оборудование и ПО для сбора и обработки данных. Но когда необходимо привлечение разобщенных данных от большого числа непрофессионалов, возникает ряд трудностей:

– большинство местных жителей, желающих предоставить сведения о текущем состоянии объектов временного накопления отходов, не готовы устанавливать и обучаться использованию специализированного ПО для сбора полевых данных;

– все приложения для сбора полевых данных в бесплатных версиях работают с различными ограничениями функционала (обязательная регистрация, невозможность вложения фотографии и т.д.).

Заключение

Преимуществом предлагаемого web-приложения Garbage collector является независимость от управляющих компаний сбор данных о состоянии пунктов временного накопления ТКО местными жителями. Это позволит доводить до общественности и муниципальных властей объективную информацию об администрировании твердых коммунальных отходов. На основе анализа больших объемов статистических данных о состоянии контейнерных площадок будет разрабатываться система штрафов и стимулирующих тарифов для региональных операторов ТКО.

Предлагаемая нами регулярная система сбора данных волонтерами о состоянии пунктов временного накопления отходов позволит выработать для администрации города экономически эффективный алгоритм стимулирования операторов ТКО по управлению отходами.

Список литературы:

1. Что такое Отходы 2.0: Глобальный обзор обращения с твердыми отходами до 2050 года [Электронный ресурс] // Сайт Группы Всемирного банка. – <http://datatopics.worldbank.org/what-a-waste>.
2. Стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года [Электронный ресурс] // Сайт правительства Российской Федерации. – <http://static.government.ru/media/files/y8PMkQGZLfbY7jhn6QMruaKoferAowzJ.pdf>.
3. Отходы производства и потребления [Электронный ресурс] // Сайт Федеральной службы государственной статистики. – <https://gks.ru/folder/11194>.
4. Умные города: сайт ОБСЕ [Электронный ресурс]. – <https://www.osce.org/ru/secretariat/111319>.
5. Умные города [Электронный ресурс] // Сайт издания в сфере высоких технологий CNews. – https://smartcity.cnews.ru/news/top/2018-10-04_mirovoj_gynok_tsifrovizatsii_pererabotki_othodov.
6. Авилова А.В. Проблема управления отходами в Италии // Научно-аналитический вестник Института Европы РАН. 2019. № 5 (11). С. 78–84.
7. Гайдукова Е.П. Ситуация по обращению с отходами в Российской Федерации // Прикладные информационные аспекты медицины. 2018. № 21 (4). С. 118–125.
8. Азаров В.Н., Азаров А.В., Мензелинцева Н.В., Статюха И.М. Исследование норм накопления твердых коммунальных отходов урбанизированных территорий // Социология города. 2020. № 1. С. 48–57.
9. Авдоница А.М. Информационное сопровождение реформы сферы обращения с отходами в РФ // Экономика устойчивого развития. 2019. № 4. С. 14–18.

10. Асламова В.С., Скобина Е.А. Статистические модели образования твердых отходов в Иркутской области // Математические методы в технике и технологиях-ММТТ. 2019. Т. 1. С. 91–94.

11. Романенко И.И., Петровнина И.Н., Романенко М.И., Кондратьев К.А. Автоматизация систем сбора и переработки твердых бытовых отходов // Форум молодых ученых. 2019. № 1–3 (29). С. 52–57.

12. Дружакина О.П. Территориальная схема обращения с ТКО как новая модель управления отходами // Управление техносферой. 2019. Т. 2, № 4. С. 419–432.

13. Фурина О.В. Совершенствование системы обращения с твердыми коммунальными отходами в городе Воткинске и Воткинском районе // Научный альманах. 2019. № 8–1 (58). С. 211–215.

14. Ярославцев Д.А. Современные подходы к управлению твердыми коммунальными отходами (на примере Свердловской области) // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Экономика и управление. 2019. № 3. С. 177–185.

15. Кирильчук И.О., Иорданова А.В. Разработка структурно-функциональной модели регионального оператора по обращению с ТКО // Южно-Сибирский научный вестник. 2020. № 2 (30). С. 20–27.

16. Кувшинова Н.Н., Власова В.И. Оптимизация селективной сборки твердых бытовых отходов на урбанизированных территориях // Академический вестник ЕРПТ. 2020. Т. 5, № 1 (11). С. 41–53.

17. Максимчук О.В., Борисова Н.И., Генералов К.П. «Умные» решения эколого-экономических проблем повышения комфортности городской среды // Актуальные проблемы экономики и менеджмента. 2019. № 3 (23). С. 85–96.

18. Белый А.В., Попов Ю.П. Опыт разработки геоинформационных систем для целей управления устойчивым развитием территории Вологодской области // ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: мат-лы междунар. конф. М: Издательство Московского университета, 2019. Т. 25. Ч. 1. С. 189–196. DOI: 10.35595/2414-9179-2019-1-25-189-196.

19. Бекболов А.А., Самойлов К.И. Международный опыт формирования smart-городов // Наука и образование сегодня. 2020. № 3. С. 100–102.

20. Галкин Е.Р. Управление сферой обращения твердых бытовых отходов в России // Вестник Московского городского педагогического университета. Серия: Экономика. 2019. № 1 (19). С. 31–34.

21. Das S., Lee S.H., Kumar P., Kim K.H., Lee S.S., Bhattacharya S.S. Solid waste management: Scope and the challenge of sustainability // Journal of Cleaner Production. 2019. Vol. 228. P. 658–678.

22. Singh A. Managing the uncertainty problems of municipal solid waste disposal // Journal of Environmental Management. 2019. Vol. 240. P. 259–265.

23. Pardini K., Rodrigues J.J., Kozlov S.A., Kumar N., Furtado V. IoT-based solid waste management solutions: a survey // Journal of Sensor and Actuator Networks. 2019. Т. 8, № 1. P. 5.

24. de Oliveira J.A.P. Intergovernmental relations for environmental governance: Cases of solid waste management and climate change in two Malaysian States // Journal of Environmental Management. 2019. Vol. 233. P. 481–488.

25. El-Haggar S., Samaha A. Sustainable utilization of municipal solid waste // Roadmap for Global Sustainability – Rise of the Green Communities. Springer, Cham, 2019. P. 189–203.
26. Ayvaz-Cavdaroglu N., Coban A., Firtina-Ertis I. Municipal solid waste management via mathematical modeling: a case study in İstanbul, Turkey // Journal of Environmental Management. 2019. Vol. 244. P. 362–369.
27. Azevedo B.D., Scavarda L.F., Caiado R.G.G. Urban solid waste management in developing countries from the sustainable supply chain management perspective: A case study of Brazil's largest slum // Journal of Cleaner Production. 2019. Vol. 233. P. 1377–1386.
28. Sharma K.D., Jain S. Overview of municipal solid waste generation, composition, and management in India // Journal of Environmental Engineering. 2019. Vol. 145, № 3. P. 04018143.
29. Adipah S., Kwame O.N. A novel introduction of municipal solid waste management // Journal of Environmental Sciences. 2019. T. 3, № 2. P. 147–157.
30. Kabera T., Wilson D.C., Nishimwe H. Benchmarking performance of solid waste management and recycling systems in East Africa: Comparing Kigali Rwanda with other major cities // Waste Management & Research. 2019. Vol. 37, № 1_suppl. P. 58–72.
31. Dlamini S., Simatele M.D., Serge Kubanza N. Municipal solid waste management in South Africa: from waste to energy recovery through waste-to-energy technologies in Johannesburg // Local Environment. 2019. Vol. 24, № 3. P. 249–257.
32. Boex J., Malik A.A., Brookins D., Edwards B., Zaidi H. The political economy of urban governance in Asian cities: delivering water, sanitation and solid waste management services // New Urban Agenda in Asia-Pacific. Springer, Singapore, 2020. P. 301–329.
33. Lin Z., Feng Y., Zhang P., Yang Y. An Optimal C&d Waste Logistics Network Design from Contractors' Perspective // Yingbin and Zhang, Peng and Yang, Yu, An Optimal C&d Waste Logistics Network Design from Contractors' Perspective (June 18, 2019).
34. Mesjasz-Lech A. Reverse logistics of municipal solid waste—towards zero waste cities // Transportation Research Procedia. 2019. Vol. 39. P. 320–332.
35. Mesjasz-Lech A., Michelberger P. Sustainable Waste Logistics and the Development of Trade in Recyclable Raw Materials in Poland and Hungary // Sustainability. 2019. Vol. 11, № 15. P. 4159.
36. Bala A., Laso J., Abejón R., Margallo M., Fullana-i-Palmer P., Aldaco R. Environmental assessment of the food packaging waste management system in Spain: understanding the present to improve the future // Science of the Total Environment. 2020. Vol. 702. P. 134603.
37. Straka M., Khouri S., Paška M., Buša M., Puškaš D. Environmental Assessment of Waste Total Recycling Based on Principles of Logistics and Computer Simulation Design // Polish Journal of Environmental Studies. 2019. Vol. 28, № 3. P. 1367–1375.
38. Lopera D.C., Lopera G.I.E., Lopera H.C. Logistics as an essential area for the development of the solid waste management in Colombia // Informador técnico. 2019. Vol. 83, № 2. P. 131–154.
39. Rathore P., Sarmah S.P. Allocation of bins in urban solid waste logistics system // Harmony search and nature inspired optimization algorithms. Springer, Singapore, 2019. P. 485–495.
40. Saucedo Martinez J.A., Mendoza A., Vazquez A., del Rosario M. Collection of solid waste in municipal areas: urban logistics // Sustainability. 2019. Vol. 11, № 19. P. 5442.
41. Mostafa N. Logistics of Waste Management with Perspectives from Egypt // Waste Management in MENA Regions. Springer, Cham, 2020. P. 171–191.
42. Asefi H., Shahparvari S., Chhetri P. Integrated Municipal Solid Waste Management under uncertainty: A tri-echelon city logistics and transportation context // Sustainable Cities and Society. 2019. Vol. 50. P. 101606.
43. Pires A., Martinho G., Rodrigues S., Gomes M.I. Trend Analysis on Sustainable Waste Collection // Sustainable Solid Waste Collection and Management. Springer, Cham, 2019. P. 323–333.
44. Oguntoké O., Amaefuna B.A., Nwosisi M.C., Oyedepo S.A., Oyatogun M.O. Quantification of biodegradable household solid waste for biogas production and the challenges of waste sorting in Abeokuta Metropolis, Nigeria // International Journal of Energy and Water Resources. 2019. Vol. 3, № 3. P. 253–261.
45. Peng H., Zhou J. Study on urban domestic waste recycling process and trash can automatic subdivision standard // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2019. Vol. 330, № 3. P. 032043.
46. Rajak A., Hasan S., Mahmood B. Automatic waste detection by deep learning and disposal system design // Journal of Environmental Engineering and Science. 2019. P. 1–7.
47. Sreelakshmi K., Akarsh S., Vinayakuma R., Soman K.P. Capsule Neural Networks and Visualization for Segregation of Plastic and Non-Plastic Wastes // 2019 5th International Conference on Advanced Computing & Communication Systems (ICACCS). IEEE, 2019. P. 631–636.
48. Ajay V.P., Kishanth A., Kumar V., Devi R.S., Rengarajan A., Thenmozhi K., Praveenkumar P. Automatic Waste Segregation and Management // 2020 International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI). IEEE, 2020. P. 1–5.
49. Parveen N., Singh D.V., Azam R. Innovations in Recycling for Sustainable Management of Solid Wastes // 139. Innovative Waste Management Technologies for Sustainable Development. IGI Global, 2020. P. 177–210.
50. Sousa J., Rebelo A., Cardoso J.S. Automation of Waste Sorting with Deep Learning // 2019 XV Workshop de Visão Computacional (WVC). IEEE, 2019. P. 43–48.
51. Paes L.A.B., Bezerra B.S., Deus R.M., Jugend D., Battistelle R.A.G. Organic solid waste management in a circular economy perspective – A systematic review and SWOT analysis // Journal of Cleaner Production. 2019. Vol. 239. P. 118086.
52. Vertakova Y.V., Babich T.N., Plotnikov V.A. Business Model of Ecologically Balanced Reproduction of Fuel Resources from Waste // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2019. Vol. 272, № 3. P. 032224.
53. Rosa P., Sassanelli C., Terzi S. Towards Circular Business Models: A systematic literature review on classification frameworks and archetypes // Journal of Cleaner Production. 2019. P. 117696.
54. Danish M.S.S., Zaheeb H., Sabory N.R., Karimy H., Faiq A.B., Fedayi H., Senjyu T. The Road Ahead for

Municipal Solid Waste Management in the 21st Century: A Novel-standardized Simulated Paradigm // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2019. Vol. 291, № 1. P. 012009.

55. Singh A. Remote sensing and GIS applications for municipal waste management // Journal of Environmental Management. 2019. Vol. 243. P. 22–29.

56. Chaudhary S., Nidhi C., Rawal N.R. GIS-Based Model for Optimal Collection and Transportation System for Solid Waste in Allahabad City // Emerging Technologies in Data Mining and Information Security. Springer, Singapore, 2019. P. 45–65.

57. Haerani D., Budi S.S. Review Modeling of Solid Waste Transportation Routes Using Geographical Information System (GIS) // E3S Web of Conferences. EDP Sciences, 2019. Vol. 125. P. 07006.

58. Rao K.R., Sreekeshava K.S., Dharek M.S., Sunagar P. Issues on planning of solid waste management scheme through evaluation in integrated data information system // AIP Conference Proceedings. AIP Publishing LLC, 2020. Vol. 2204, № 1. P. 020011.

59. Hatamleh R.I., Jamhawi M.M., Al-Kofahi S.D., Hijazi H. The use of a GIS system as a decision support tool for municipal solid waste management planning: the case study of al Nuzha District, Irbid, Jordan // Procedia Manufacturing. 2020. Vol. 44. P. 189–196.

60. Balakrishnan P., Harish M., al-Kuwari M. Urban Solid Waste Management using Geographic Information Systems (GIS): A Case Study in Doha, Qatar // International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS. 2019. Vol. 8, № 1. P. 2901–2918.

61. Farahbakhsh A., Forghani M.A. Sustainable location and route planning with GIS for waste sorting centers, case study: Kerman, Iran // Waste Management & Research. 2019. Vol. 37, № 3. P. 287–300.

62. Ramson S.R.J., Vishnu S., Shanmugam M. Applications of Internet of Things (IoT)—An Overview // 2020 5th International Conference on Devices, Circuits and Systems (ICDCS). IEEE, 2020. P. 92–95.

63. Catarinucci L., Colella R., Consalvo S.I., Patrono L., Salvatore A., Sergi I. IoT-oriented waste management system based on new RFID-sensing devices and cloud technologies // 2019 4th International Conference on Smart and Sustainable Technologies (SpliTech). IEEE, 2019. P. 1–5.

64. Anagnostopoulos T. IoT-enabled tip and swap waste management models for smart cities // International Journal of Environment and Waste Management. 2020.

65. Sharma M., Joshi S., Kannan D., Govindan K., Singh R., Purohit H.C. Internet of Things (IoT) adoption barriers of smart cities' waste management: An Indian context // Journal of Cleaner Production. 2020. P. 122047.

66. Nadaf R.A., Katnur F.A., Naik S.P. Android Application Based Solid Waste Management // International conference on Computer Networks, Big data and IoT. Springer, Cham, 2019. P. 555–562.

67. Manglorkar S.S., Sharma A.O., Verma D.S., Rane S.B. Optimization of Organic Waste Collection for Generation of Bio Gas using IoT Techniques // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2019. Vol. 594, № 1. P. 012026.

68. Oliver A.S., Anuradha M., Krishnarathinam A., Nivetha S., Maheswari N. IoT Cloud Based Waste Man-

agement System // International Conference on Computational Vision and Bio Inspired Computing. Springer, Cham, 2019. P. 843–862.

69. Fatimah Y.A., John M., Biswas W.K., Setiawan A. Smart and Sustainable Model for Waste Management System in Indonesian Urban Growing Cities (June 23, 2019). Abstract Proceedings of 2019 International Conference on Resource Sustainability – Cities (icRS Cities), Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3408748>.

70. Shaukat N., Ullah Z., Khan B., Ali S.M., Waseem A. An Information-Based Waste Management Approach for Pakistan // 2019 International Conference on Electrical, Communication, and Computer Engineering (ICECCE). IEEE, 2019. P. 1–5.

71. França A.S.L., Neto J.A., Gonçalves R.F., Almeida C.M.V.B. Proposing the use of blockchain to improve the solid waste management in small municipalities // Journal of Cleaner Production. 2020. Vol. 244. P. 118529.

72. Chidepatil A., Bindra P., Kulkarni D., Qazi M., Kshirsagar M., Sankaran K. From trash to cash: how blockchain and multi-sensor-driven artificial intelligence can transform circular economy of plastic waste? // Administrative Sciences. 2020. Vol. 10, № 2. P. 23.

73. Medaglia R., Damsgaard J. Blockchain and the united nations sustainable development goals: towards an agenda for is research // PACIS 2020 Proceedings. Association for Information Systems. AIS Electronic Library (AISeL), 2020. P. 36.

74. Chaurasia V.K., Yunus A., Singh M. An Overview of Smart City: Observation, Technologies, Challenges and Blockchain Applications // Blockchain Technology for Smart Cities. Springer, Singapore, 2020. P. 133–154.

75. Shirke S.I., Ithape S., Lungase S., Mohare M. Automation of smart waste management using IoT // International Research Journal of Engineering and Technology. 2019. Vol. 6, № 6. P. 414–419.

76. Zhang A., Zhong R.Y., Farooque M., Kang K., Venkatesh V.G. Blockchain-based life cycle assessment: An implementation framework and system architecture // Resources, Conservation and Recycling. 2020. Vol. 152. P. 104512.

77. Peña M., Llivisaca J., Siguenza-Guzman L. Blockchain and its potential applications in food supply chain management in Ecuador // The International Conference on Advances in Emerging Trends and Technologies. Springer, Cham, 2019. P. 101–112.

78. Технология аналитики отходов [Электронный ресурс] // Сайт компании Enevo. – <https://www.enevo.com>.

79. Роботизированные решения для переработки отходов [Электронный ресурс] // Сайт компании ZenRobotics. – <https://zenrobotics.com>.

80. Комфортное решение проблемы мусора [Электронный ресурс] // Сайт агрегатора Sborbox. – <https://sborbox.ru>.

81. Сервис эффективного управления отходами для разумного бизнеса [Электронный ресурс] // Сайт сервис-платформы Убиратор. – <http://ubirator.com>.

82. Web-приложение Garbage collector [Электронный ресурс] // <https://ggf-osu.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=d6decc1f59154147b24eae790b493cff>.

AN OVERVIEW OF WASTE COLLECTION SYSTEMS IN ANTHROPOGENIC ECOSYSTEMS

© 2020

Stepanova Irina Andreevna, candidate of biological sciences,
associate professor of Ecology and Nature Management Department
Stepanov Aleksey Sergeevich, candidate of technical sciences,
associate professor of Geology, Geodesy and Cadaster Department
Orenburg State University (Orenburg, Russian Federation)

Abstract. The paper discusses recent research and publications in Russian and foreign publications that study the application of solid municipal waste management systems in anthropogenic ecosystems. The analysis of the use of Russian and foreign digital technologies and Internet resources that manage municipal waste is carried out. The analysis of general aspects of solid waste management theory has shown that there is a problem of solid urban waste management (SWM) in various countries. Four main areas of waste management have been identified: collection and logistics, the use of machines and plants for waste treatment, business models and the use of data collection, storage, and processing tools. Logistics management of solid waste is a very complex and important job for any municipal corporation around the world. The use of various technologies and plants for waste treatment and sorting requires investment in each specific plant, but in the end it will help to optimize the management of solid waste. Innovative business models for solving environmental problems of waste accumulation require government incentives in the form of subsidies or tax incentives. The analysis of data collection, storage and processing tools that regulated waste flows revealed a promising possibility of using GIS technologies, the Internet of things and blockchain technologies for waste management. The paper proposes a new web-GIS technology (web application Garbage collector) for collecting large amounts of statistical data on the state of container sites in the city. Using the app will help you organize a waste management system within a locality by citizens, regardless of the management companies, together with the municipal authorities.

Keywords: waste; waste management; municipal solid waste; waste storage sites; web-GIS application; waste management system optimization.