

Литература:

1. ИТС НДТ 18 – 2023 Производство основных органических химических веществ

2. Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий»: постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 №3 // Собрание законодательства Российской Федерации. – 1993

3. Павленко А.А. Газовая хроматография как метод контроля экологической безопасности объектов окружающей среды // CyberLeninka. 2023. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gazovaya-hromatografiya-kak-metod-kontrolya-ekologicheskoy-bezopasnosti-obektov-okruzhayushey-sredy/viewer> (дата обращения: 26.03.2025).

4. ПНД Ф 14.1:2:4.177-02. Методика измерений массовой концентрации фенола в пробах питьевых и сточных вод методом газожидкостной хроматографии. – 20 с.

5. Ащеулова, М.С. Разработка технологической схемы биохимической очистки сточных вод химического предприятия. / М. С. Ащеулова, С. А. Мальцева. // Сборник материалов Международной научно-практической конференции «Наследие В.И. Вернадского и современные проблемы экологии» (г. Казань, 22 апреля 2024 г.). – Казань: Казанский государственный архитектурно-строительный университет, 2024. – С. 153-158.

УДК 621.355.5

ТВЕРДЫЕ БЫТОВЫЕ ОТХОДЫ: МОНИТОРИНГ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА

Барбарич Е.В., Медведева А.Н. студенты

Научный руководитель Кляусова Ю.В.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

В статье рассматриваются современные методы мониторинга твердых бытовых отходов (ТБО) и подходы к обеспечению их качества в системе управления отходами. Анализируются технологии учета, контроля и переработки ТБО. Особое внимание уделяется методологическим подходам к оценке качества вторичного сырья и его соответствия международным стандартам.

Ключевые слова: ТБО, мониторинг отходов, управление отходами, переработка, качество отходов, экологический контроль, качество вторичного сырья, циркулярная экономика.

Введение.

Твердые бытовые отходы (ТБО) представляют собой одну из наиболее актуальных экологических проблем современности. Рост объемов образования отходов, неэффективная система их утилизации и низкий уровень переработки приводят к загрязнению окружающей среды и потере ценных ресурсов. В связи с этим особую значимость приобретают вопросы мониторинга ТБО и обеспечения их качества для дальнейшей переработки.

По данным Всемирного банка, ежегодно в мире образуется около 2,01 млрд тонн ТБО, причем к 2050 году этот показатель может увеличиться на 70%. В Беларуси, в 2023 году образовалось около 4 млн тонн ТБО, из которых перерабатывается менее 20%.

Цель данной статьи – рассмотреть современные методы мониторинга ТБО и подходы к повышению качества отходов как вторичного сырья, разработка комплексной методологии мониторинга и обеспечения качества ТБО.

Основная часть.

Мониторинг ТБО включает систему наблюдений, сбора и анализа данных об объемах, составе и движении отходов [1]. Основные методы включают:

- Статистический учет;
- Ведение реестров образования отходов;
- Отчетность предприятий и региональных операторов;
- Использование данных о морфологическом составе ТБО [2].

Дистанционный мониторинг:

- Применение ГИС-технологий для картографирования полигонов;
- Использование дронов и спутниковых снимков для контроля несанкционированных свалок.

Современные технологии первичного учета ТБО включают.

1. Интеллектуальные весовые комплексы:

- Прецизионные платформенные весы с погрешностью $\pm 0,5\%$;
- Системы автоматической идентификации транспортных средств (АВИ);
- Интеграция с ERP-системами предприятий;

2. RFID-технологии:

- Пассивные метки UHF диапазона (860-960 МГц);
- Антенные системы на пунктах приема отходов;
- Средняя точность идентификации - 98,7%;

3. Компьютерное зрение:

- Алгоритмы YOLOv5 для классификации отходов;
- 3D-реконструкция объема отходов в контейнерах;
- Точность определения наполненности - 92-95%;

Современные подходы включают.

1. Прогнозные модели:

- SARIMA-модели для сезонных колебаний;
- LSTM-нейросети для долгосрочного прогнозирования;
- Гибридные модели с точностью 88-93%;

2. Пространственный анализ:

- Методы кригинга для интерполяции данных;
- Hot-spot анализ зон повышенного образования отходов;
- ГИС-моделирование потоков ТБО;

Спутниковые технологии нового поколения.

1. Мультиспектральный анализ:

- Использование данных Sentinel-2 (10-60 м/пиксель);
- Индексы NDVI/NDWI для выявления органики;
- Алгоритмы машинного обучения для классификации свалок.

2. Радарная съемка:

- InSAR-мониторинг деформаций полигонов;
- Радиолокационные снимки Sentinel-1 (С-диапазон);
- Выявление нелегальных свалок в лесных массивах БПЛА-комплексы;

1. Многооторные системы:

- Гиперспектральные камеры (400-1000 нм);
- Лидары с плотностью точек 500 pts/m²;
- Тепловизоры для выявления биогазов.

2. Фиксированнокрылые дроны:

- Автономные маршруты протяженностью 50+ км;
- Оптические системы с разрешением 1 см/пиксель;
- Режим реального времени с передачей по LTE.

Искусственный интеллект в сортировке.

1. Оптические системы:

- NIR-спектроскопия (900-1700 нм);
- CNN-сети для распознавания полимеров;
- Скорость обработки - до 20 объектов/сек;

2. Роботизированные линии:

- Манипуляторы Delta с 6 степенями свободы;
- Системы компьютерного зрения RGB-D;
- Производительность до 4000 циклов/час.

Метрологическое обеспечение.

1. Эталонные методики:

- ГОСТ Р 8.983-2019 для взвешивания;

- ISO 1928:2009 для калориметрии;
- EN 15002:2015 для пробоотбора.

2. Поверочные комплексы:

- Мобильные лаборатории контроля;
- Эталонные образцы состава ТБО;
- Системы верификации данных.

Данные технологии позволяют достичь:

- Снижения погрешности учета до 1,5%;
- Увеличения скорости обработки данных в 7 раз;
- Повышения точности сортировки на 35-40%;
- Сокращения времени реагирования на нарушения [3].

Качество отходов как вторичного сырья зависит от степени их загрязненности, однородности и подготовки к переработке. Основные подходы:

Сортировка и сепарация:

- Ручная и автоматизированная сортировка;
- Использование оптических сепараторов, магнитных и воздушных сепараторов;

Нормативное регулирование;

- ГОСТы и технические условия на вторичное сырье;
- Требования к чистоте фракций (пластик, бумага, стекло).

Просветительская работа с населением

- Раздельный сбор отходов;
- Экопросвещение для снижения загрязнения ТБО [4].

Заключение.

Эффективный мониторинг и контроль качества ТБО являются ключевыми элементами устойчивого управления отходами. Внедрение современных технологий учета, автоматизированных систем сортировки и нормативного регулирования позволяет повысить эффективность переработки и снизить экологическую нагрузку на окружающую среду. Перспективы дальнейших исследований связаны с применением искусственного интеллекта в сортировке отходов и созданием цифровых платформ мониторинга в реальном времени.

Литература:

1. Закон Республики Беларусь" Об обращении с отходами" № 271-3
2. ГОСТ 30772-2001"Ресурсосбережение. Обращение с отходами".
3. Иванов А.В. Современные технологии переработки ТБО. – М.: Экология, 2022.
4. Все о вторичном сырье [Электронный ресурс] / - Режим доступа: <https://datcom.by/vse-o-vtorichnom-syre/> Дата доступа: 20.03.2025