

УДК 349.6+628.2

**ЗАДАЧИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ЦИФРОВОГО МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ
ПОЛИГОНА ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ**

Штепа Владимир Николаевич, д.т.н. доцент¹

Охтилев Михаил Юрьевич, д.т.н., профессор

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

Карпович Дмитрий Семенович, к.т.н., доцент¹

¹Белорусский государственный технологический университет

Шикунец А. Б., аспирант, Полесский государственный университет

**TASKS OF INTELLIGENT DIGITAL MONITORING OF SOLID WASTE LANDFILL PA-
RAMETERS**

Shtepa Vladimir, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor¹, tppoless@gmail.com

Mikhail Yuryevich Okhtilev, Doctor of Technical Sciences, Professor

St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, oxt@mail.ru

Karpovich Dmitry Semenovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor¹

¹Belarusian State Technological University, root@belstu.by

Shikunets A.B., postgraduate student, Polesky State University, lesha.shikunets@gmail.com

Аннотация. Обоснована необходимость создания системы интеллектуального цифрового мониторинга полигонов ТБО для повышения экологической безопасности. Предложена архитектура системы, включающая контроль, прогнозирование рисков и базу знаний. Определены этапы реализации, соответствующие концепции циркулярной экономики.

Ключевые слова: цифровой мониторинг, полигон ТБО, экологическая безопасность, циркулярная экономика, интеллектуальная система, прогнозирование рисков.

Abstract. The necessity of creating an intelligent digital monitoring system for municipal solid waste landfills to improve environmental safety is substantiated. The system architecture includes control, risk forecasting, and a knowledge base. Implementation stages aligned with the circular economy concept are defined.

Keywords: digital monitoring, MSW landfill, environmental safety, circular economy, intelligent system, risk forecasting.

Европейский Союз принял ряд важных стратегических и практических документов для реализации идей циркулярной экономики: Седьмая Программа действий ЕС по охране окружающей среды до 2020 г. «Жить хорошо в пределах возможностей нашей планеты» (2012 г.), Сообщения Комиссии «На пути к циркулярной экономике: программа «ноль отходов» для Европы» (2014 г.), «Заккрытие цикла – План действий ЕС для циркулярной экономики» (2015 г.), «Новый план действий по круговой экономике. Для более чистой и конкурентоспособной Европы» (2020 г.), а также введен и действует комплекс мероприятий (Circular Economy Package), направленных на реализацию Плана действий для циркулярной экономики. В рамках циркулярной экономике управление сосредоточено на следующих ключевых составляющих: дизайн продукта; производственные процессы; управление отходами; преобразование отходов в ресурсы.

В данных документах особое внимание уделяется функционированию полигонов твердых бытовых отходов (ТБО). Их негативное влияние на окружающую среду во время эксплуатации связано, прежде всего, с протеканием в их толще биохимических процессов разложения, за счет которых образуются биогаз, а также фильтрат – токсическая жидкость, являющаяся результатом проникновения в тело полигона дождевых и талых вод. Почвенные и поверхностные воды, протекающие через земляную засыпку, захватывают растворенные и суспендированные твердые вещества и продукты биологического разложения, поэтому фильтрат содержит различные опасные для окружающей природной среды химические элементы и соединения [2]. Растворенные в фильтрате соли (хлориды, сульфаты, соли натрия, калия, кальция) инфильтруются в почве, вследствие чего существенному загрязнению подвергаются грунтовые воды [3], которые потом выступают в роли источников питьевого водоснабжения.

Для предупреждения чрезвычайных экологических происшествий на полигонах ТБО необходимо разработать схему хранения (перемещения) отходов в зависимости от их состояния, биохимического состава и физических характеристик. Необходимо также организовать контроль за составом воздуха и разработать карту хранения с указанием местоположения горючих веществ и кратчайшего пути к нему.

Представленные негативные факторы использования полигонов ТБО повышают риск возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера, а также приводят к значительному ухудшению экологической ситуации на прилегающих территориях [4]. Преодоление такой проблемы должно базироваться на создании и совершенствовании технологий обеспечения безопасности, в том числе с использованием современных цифровых продуктов. Поскольку применяемые технологические схемы (системы их управления) не обеспечивают должного уровня защиты, в силу того, что они не направлены на комплексное решение задач, поэтому их следует составлять на основе объектной целостности и системного подхода [5].

Соответственно, повышение эффективности переработки ТБО при значительном улучшении экологической безопасности полигонов за счёт адаптивного контроля технологических операций и прогнозирования развития производственных и экологических сценариев является важной научно-практической задачей государственного масштаба.

Таким образом обосновано сформировать следующие шаги цифрового мониторинга полигонов ТБО:

1. Оперативный контроль выполнения регламента работ полигона ТБО, поддержка и обоснование принятия решений профильными специалистами (сотрудниками).
2. Создание единой информационной экосреды технологических операций полигона ТБО с доступом к результатам мониторинга в режиме он-лайн всех заинтересованных сторон.
3. Оптимизация работы полигона: повышение эффективности операций и экологической безопасности.
4. Он-лайн прогнозирование экологических рисков.

5. Имитационное моделирование развития ситуаций, связанных с технологической эффективностью и экологической безопасностью.

6. Поддержка проектных работ, с обеспечением формирования адекватных технических заданий (заданий на проектирование) на модернизацию (реконструкцию) полигона ТБО.

Архитектура предлагаемой цифровой системы мониторинга параметров полигонов ТБО представлена на рисунке, с интеграцией интеллектуальной базы знаний процессами экологически безопасного и ресурсоэффективного обращения с отходами.

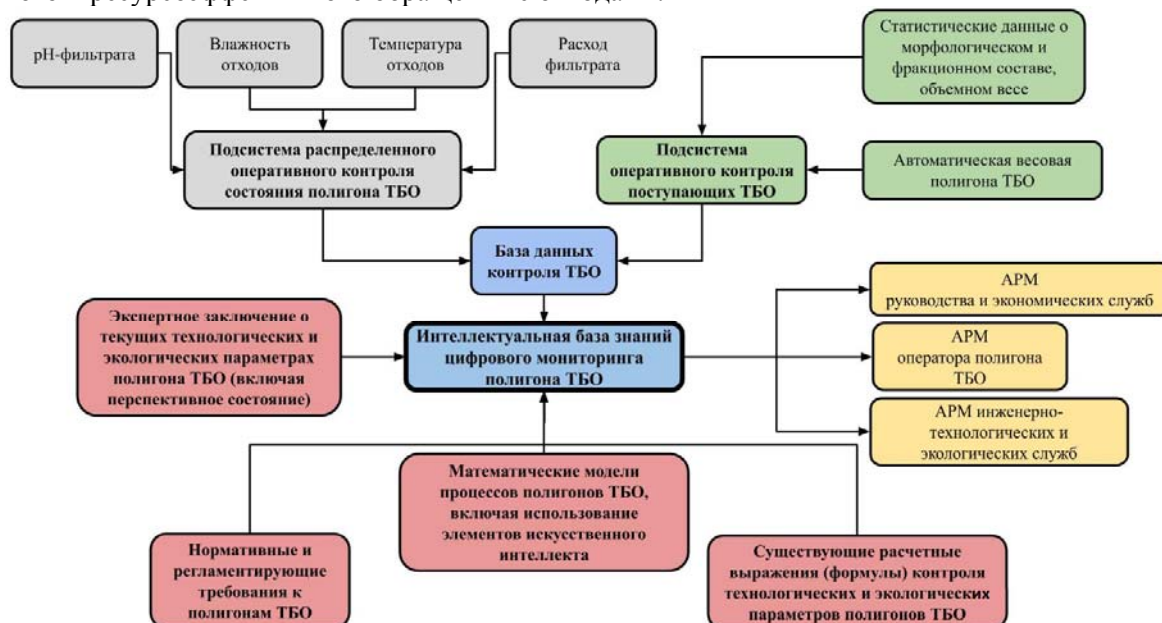


Рисунок – Архитектура системы интеллектуального цифрового мониторинга полигона ТБО (термин «мониторинг» включает в себя понятия «контроль» и «прогноз»)

Тогда практико-ориентированные этапы создания такого программного продукта:

Первый этап – системный анализ технологических операций и информационных потоков, функционально-параметрическое проектирование базы знаний.

Второй этап – создание подсистем «Распределённого оперативного контроля состояния полигона ТБО» и «Оперативного контроля поступающих ТБО», «Блока экспертных заключений о текущих технологических и экологических параметрах полигона ТБО» (значимая сложность заключается в закупке, установке и наладке он-лайн измерительных средств и технических узлов передачи данных).

Третий этап – создание интегрированной «Интеллектуальной базы знаний цифрового мониторинга полигона ТБО», с подключением «Базы данных контроля ТБО».

Четвёртый этап – разработка автоматизированных рабочих мест (АРМ) и интерфейсных решений для взаимодействия с профильными специалистами данный пункт может выполняться параллельно со вторым и третьим).

Важным аспектом производственного внедрения цифровой системы мониторинга является обязательность пилотной эксплуатации такого программного продукта с итерационной оптимизационной настройкой функциональных параметров и режимов.

Заключение. Создание программного продукта для интеллектуального цифрового мониторинга полигона ТБО является актуальной задачей, нацеленной на решение ряда важных экологических и социально-экономических проблем государственного масштаба, которые в полной мере соответствуют концепту циркулярной экономики. Разработанные этапы синтеза такого решения включают интеграцию подходов математического моделирования, экспертных систем, искусственного интеллекта, теории автоматического управления. Дальнейшие исследования необходимо нацелить на формирование целевых технологических подзадач и параметрических моделей функциональных блоков полигонов ТБО.

Список использованных источников

1. Всемирный банк: глобальное исследование «мусорной» ситуации // Твердые бытовые отходы. – 2012. – № 8. – С. 42–49.
2. Штепа, В.Н. Экспериментальная оценка эффективности способов очистки фильтрационных вод полигонов твердых бытовых отходов / В.Н. Штепа, В.О. Китиков, И.В. Барановский // Научно-технический прогресс в жилищно-коммунальном хозяйстве : сборник трудов / Институт жилищно-коммунального хозяйства НАН Беларуси; под общ. ред. В.О. Китикова. - Минск : БГТУ, 2023. - С. 345-353.
3. Бабанин, И. В. Отходы в странах Европейского Союза: статистика и динамика / И. В. Бабанин // Твердые бытовые отходы. – 2011. – № 6. – С. 68–71.
4. Экологически безопасные полигоны бытовых и производственных отходов / В.Н. Штепа [и др.] // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : материалы международной научно-технической конференции, Могилев, 27-28 апреля 2017 г. / Министерство образования Республики Беларусь, Министерство образования и науки РФ, Белорусско-Российский университет; редкол.: И.С. Сазонов (гл. ред.) [и др.]. – Могилев : Белорусско-Российский университет, 2017. – С. 378-379.
5. Waste // European Commission [Electronic resource]. – 2012. – Mode of access: <http://ec.europa.eu/environment/waste.htm>. Date of access: 19.07.2012.