



DELIVERABLE 3.4
***“WASTE MANAGEMENT IN TRANSITION
ECONOMIES”***

***(MASTER’S THESIS SUBMITTED BY MASTER STUDENT
P. ARLOUSKI, BELARUSIAN-RUSSIAN UNIVERSITY)***

In Russian language

Project:

“Waste management in transition economies”

WaTra

Date of submission: 2017

Project Lead

University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna – Institute of Waste Management (ABF-BOKU), Austria



Project Partners

Institute of Waste Management and Circular Economy – TU Dresden, Germany



Department of Urban Environmental Engineering & Management – National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine



Department of Occupational Health and Safety –Belarusian-Russian University, Belarus



Disclaimer

This publication has been produced with the assistance of the IMPULSE Programme funded by the OeAD GmbH. The contents of this publication are the sole responsibility of authors of this publication and do not necessarily reflect the views of the OeAD.

Министерство образования Республики Беларусь
Министерство образования и науки Российской Федерации
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«Белорусско-Российский университет»

Кафедра: «Промышленное и гражданское строительство»

Магистерская диссертация

Магистранта строительного факультета специальности «Строительство»
Орловского Петра Сергеевича

**Тема: «Направления обращения с отходами в странах с
переходной экономикой»**

Научный руководитель: д-р биол. наук, доцент _____ А.В. Щур
уч.ст. звание подпись Ф.И.О.

Могилев 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ	10
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	10
1.1 Законодательная база системы обращения с отходами в Республике Беларусь	10
1.2 Технологии переработки отходов	18
1.2.1 Организация обращения с твердыми коммунальными отходами (ТКО)	18
1.2.2 Состав и свойства ТКО	20
1.2.3 Методы и технологии переработки ТКО	21
1.3 Захоронение отходов	28
1.3.1 Захоронение отходов производства и потребления	28
1.3.2 Размещение и строительство объектов хранения, захоронения и обезвреживания отходов	30
1.3.3 Эксплуатация объектов хранения, захоронения и обезвреживания отходов	32
1.3.4 Полигоны захоронения промышленных отходов	34
1.3.5 Производственный экологический мониторинг на полигонах захоронения отходов	42
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	46
2.1 Методика анализа системы обращения с коммунальными отходами в Могилеве	48
2.2 Разработка полигона по захоронению твердых коммунальных отходов	59
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	60
3.1 Анализ системы обращения с коммунальными отходами в Могилеве	60
3.2 Расчет проектной вместимости и площади объекта захоронения твердых коммунальных отходов	64
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	80
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	82

Актуальность темы. Экологический менеджмент выходит на уровень одного из ведущих направлений управленческой деятельности. Возрастает необходимость усиления его эффективности и научной обоснованности.

Экологическая безопасность касается промышленности, сельского и коммунального хозяйства, сферы услуг, области международных отношений. Иными словами, экологическая безопасность прочно входит в нашу жизнь, и её важность и актуальность возрастает год от года.

Объем твёрдых коммунальных отходов (ТКО) непрерывно возрастает как в абсолютных величинах, так и на душу населения.

Состав ТКО резко усложняется, включая в себя все большее количество экологически опасных компонентов.

Отношение населения к традиционным методам отправки мусора на свалки становится резко отрицательным.

Новые технологии утилизации отходов, в том числе современные системы сортировки, мусоросжигательные заводы и санитарные полигоны захоронения отходов, все более широко внедряются в жизнь.

Экономика управления отходами усложняется. Цены утилизации отходов резко возрастают. Современное управление отходами невозможно представить без частных предприятий и крупных инвестиций.

Проблема управлением коммунальными отходами является одной из актуальных проблем экологического менеджмента в Беларуси. За последнюю четверть века населения Беларуси уменьшилось с 10 189 тыс. чел до 9 481 тыс. чел., при этом количество собранных и удаленных твердых коммунальных отходов (ТКО) увеличилось с 1 465 тыс. т до 3 993 тыс. т. По образованию ТКО на душу населения Беларусь приближается к европейскому уровню (около 420 кг / чел. в год).

Связь работы с научными программами и темами.

Исследования выполнялись за счёт финансирования в рамках проекта «Waste management in transition economies» (WaTra) «Обращение с отходами в переходной экономике» с Австрийским агентством по международному сотрудничеству в образовании и науке. Проект имеет регистрационный номер 1/16/000806 от 04.07.2016 г.

Цель исследований: Проанализировать систему обращения с отходами в Беларуси. Предложить наиболее целесообразное направление по обращению с отходами.

Основные задачи исследования:

1. Изучить проблемы захоронения отходов в Беларуси.
2. Разработать экологически наиболее безопасный полигон по захоронению твёрдых коммунальных отходов.

Научная новизна выполненных исследований заключается в следующем:

При оценке системы обращения с коммунальными отходами в Могилеве впервые использовалась методика ООН-Хабитат. Анализ системы обращения с отходами в соответствии с этой методикой предполагает как оценку физических компонентов системы обращения с отходами, так и оценку элементов управления ею. Методика базируется на сочетании количественных и качественных показателей, а полученные результаты нормируются по определенной шкале.

Теоретическая и практическая значимость полученных результатов:

В результате проведённых исследований предложено наиболее целесообразное направление по обращению с отходами.

Реализация результатов исследований

Результаты исследований использовались при разработке полигона по захоронению твёрдых коммунальных отходов для г. Бобруйска и при выборе места по его расположению.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

1. Проанализирована система обращения с отходами в странах с переходной экономикой;
2. Установлены особенности состава твердых коммунальных отходов и системы управления ими в г. Могилеве и области;
3. На основе ТКП 17.11-02-2009 разработан новый полигон ТКО для г. Бобруйска.

Публикации. Результаты исследования опубликованы в 9 работах, в том числе 6 статьях, 3 тезисах докладов, из них 1 статья в издании, входящем в перечень рекомендованных ВАК РБ изданий для опубликования результатов диссертационных исследований.

Структура и объем работы. Диссертация изложена на 88 страницах текста, набранного на компьютере, состоит из введения, 3 глав, выводов, списка литературы. Работа содержит 9 таблиц и 5 рисунков.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из характерных черт последних лет стало возникновение новой, жизненно важной потребности – обеспечение экологической безопасности человека и окружающей среды. Уже в настоящее время, даже не говоря о будущем, это столь же необходимо, как удовлетворение традиционных потребностей общества. Таким образом, по мере обострения этих проблем, экологический менеджмент выходит на уровень одного из ведущих направлений управленческой деятельности. Возрастает необходимость усиления его эффективности и научной обоснованности.

В последнее время угроза для безопасности и комфортного существования человека начинает исходить от неблагоприятного состояния окружающей среды.

В первую очередь, это риск для здоровья. Сейчас уже не вызывает сомнения, что загрязнение окружающей среды способно вызвать ряд экологически обусловленных заболеваний и, в целом, приводит к сокращению средней продолжительности жизни людей, подверженных влиянию экологически неблагоприятных факторов. Именно ожидаемая средняя продолжительность жизни людей является основным критерием экологической безопасности.

Экологическая безопасность касается промышленности, сельского и коммунального хозяйства, сферы услуг, области международных отношений. Иными словами, экологическая безопасность прочно входит в нашу жизнь, и её важность и актуальность возрастает год от года.

Рассмотрим отображающий уровень экологической безопасности комплекс проблем, связанных с образованием отходов. Темпы роста отходов определяются не столько темпами прироста населения, сколько изменением его доходов и образа жизни, т.е. проблема резкого возрастания объемов отходов производства и потребления во многом является следствием ценностных ориентиров общества. На одного жителя Земли приходится в день от 0,5 кг в развивающихся и до 2 кг отходов в развитых странах. Учитывая, что темпы роста населения городов в развивающихся странах составляют 5% в год, а в Западной Европе города практически слились с селами, проблемы отходов будут обостряться.

По данным официальной статистики, в Беларуси ежегодно образуется от 35 до 50 млн. тонн отходов: 30млн. тонн промышленных отходов, 3-4,3 млн. тонн твердых коммунальных отходов, 0,5-1 млн. тонн строительных отходов.

Накопленный экологический ущерб составляет:

- несанкционированные свалки ТКО, шт. – около 3 тыс.
- санкционированные свалки ТКО, шт. – 1900
- полигоны по размещению ТКО, шт. – 167.

Такое положение вещей требует срочной реорганизации системы управления отходами.

При внимательном рассмотрении проблема отходов представляется более сложной, чем просто нехватка места для новых свалок.

Объем ТКО непрерывно возрастает как в абсолютных величинах, так и на душу населения.

Состав ТКО резко усложняется, включая в себя все большее количество экологически опасных компонентов.

Отношение населения к традиционным методам отправки мусора на свалки становится резко отрицательным.

Новые технологии утилизации отходов, в том числе современные системы сортировки, мусоросжигательные заводы и санитарные полигоны захоронения отходов, все более широко внедряются в жизнь.

Экономика управления отходами усложняется. Цены утилизации отходов резко возрастают. Современное управление отходами невозможно представить без частных предприятий и крупных инвестиций.

Традиционно коммунальные отходы вывозились на полигоны ТКО, расположенные вблизи населенных пунктов, и работающие за счет муниципальных бюджетов. Со временем, вследствие постоянной угрозы здоровью населения, исходившей от свалок (отравление грунтовых вод, размножение переносчиков заболеваний, неприятный запах, дым от частых самовозгораний), во многих странах стали принимать более строгие правила их размещения, конструкции и эксплуатации. Отрицательное отношение населения и новые стандарты делали открытие новых полигонов по захоронению ТКО, все более сложным делом.

Проблема управлением коммунальными отходами является одной из актуальных проблем экологического менеджмента в Беларуси. За последнюю четверть века населения Беларуси уменьшилось с 10 189 тыс. чел до 9 481 тыс. чел., при этом количество собранных и удаленных твердых коммунальных отходов (ТКО) увеличилось с 1 465 тыс. т до 3 993 тыс. т. По образованию ТКО на душу населения Беларусь приближается к европейскому уровню (около 420 кг / чел. в год), при этом основным способом переработки отходов остается их захоронение на полигонах, что является наименее экономичным и экологичным способом обращения с отходами. Основными особенностями обращения с твердыми

коммунальными отходами (ТКО) в белорусских городах являются: реализация раздельного сбора отходов в местах их образования, административное регулирование сбора вторичных материальных ресурсов (ВМР), применение принципа расширенной ответственности производителя, равно как замусоривание городских экосистем отходами различного происхождения, недостаточное развитие предприятий по переработке опасных и электронных отходов, развитие неформального и нелегального сектора сбора ВМР.

В данном исследовании предпринята попытка проанализировать систему обращения с коммунальными отходами в областном центре Беларуси, основываясь на методике, предложенной ООН-Хабитат. Анализ системы обращения с отходами в соответствии с этой методикой предполагает как оценку физических компонентов системы обращения с отходами, так и оценку элементов управления ею. Методика базируется на сочетании количественных и качественных показателей, а полученные результаты нормируются по определенной шкале. Целью методики является повышение осведомленности заинтересованных сторон, принимающих решения в сфере управления отходами, так как отсутствие объективных сведений и своевременного анализа ситуации является главным препятствием в совершенствовании системы управления с коммунальными отходами.

В качестве территории исследования рассмотрен Могилев – областной центр восточной Беларуси, занимающий третье место по численности населения в стране, имеющий развитые химическую, легкую промышленность и машиностроительное производство.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Законодательная база системы обращения с отходами в Республике Беларусь

Система государственного регулирования и управления в сфере обращения с отходами в последнее время является, пожалуй, наиболее динамично изменяющейся областью государственной экологической политики. Внесены изменения в Указ Президента Республики Беларусь «О некоторых вопросах обращения с отходами потребления», введен утилизационный сбор, разработана концепция Государственной программы сбора (заготовки) и использования вторичного сырья в Республике Беларусь на 2016-2020 гг.

В настоящее время 147 организаций жилищно-коммунального хозяйства осуществляют вывоз, обезвреживание и переработку ТКО, образующихся у населения и юридических лиц. Санитарная очистка населенных пунктов, как правило, является лишь одним из направлений деятельности многопрофильных производственных предприятий жилищно-коммунального хозяйства, что не позволяет им целенаправленно и эффективно сосредоточиться на обращении с твердыми коммунальными отходами.

Министерство природы осуществляет меры по реализации единой государственной политики в области обращения с отходами, обеспечивает разработку и выполнение планов и мероприятий по обращению с отходами.

Совместно с территориальными органами Министерством природы постоянно ведется работа по осуществлению государственного контроля за обращением с отходами, недопущением захоронения вторичных материальных ресурсов, по выявлению несанкционированных мест размещения отходов, а также проводятся анализ наличия утвержденных и согласованных в установленном порядке схем обращения с коммунальными отходами и оптимизация районных схем обращения с отходами.

Организация работы по извлечению вторичных материальных ресурсов из отходов производства и потребления позволяет существенно поддерживать ресурсный потенциал страны и ее экономику.

В 2010 г. объем образования отходов производства в Республике Беларусь составил около 43,78 млн.т. Из общего объема образования отходов производства наиболее значительный объем образования крупнотоннажных отходов: галитовых отходов и шламов галитовых глинисто-солевых – около 27,8 млн. т, фосфогипса – 746,8 тыс.т.

В 2010 году уровень использования отходов производства (без учета галитовых отходов и глинисто-солевых шламов) достиг ~ 80 %.

Высоким уровнем использования в сельском хозяйстве и деревообрабатывающей отрасли отличаются отходы растительного и животного происхождения.

Наметилась устойчивая тенденция роста объемов извлечения вторичных материальных ресурсов из состава коммунальных отходов с 16% в 2009 году до 25 % и более в 2010 году.

Минприроды координирует работу по реализации в Республике Беларусь положений Стокгольмской конвенции о стойких органических

загрязнителях и Базельской конвенции о контроле за трансграничным перемещением опасных отходов и их удалением.

В целях реализации положений Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях 27 июня 2011 г. был принят Указ Президента Республики Беларусь № 271 «Об утверждении Национального плана выполнения обязательств, принятых Республикой Беларусь по реализации положений Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях, в 2011 – 2015 годах», разработчиком которого являлось Министерство природы.

Как и на предыдущем этапе выполнения Национального плана, основной стратегической целью Национального плана на 2011 – 2015 годы, являлось обеспечение охраны здоровья человека и окружающей среды от воздействия стойких органических загрязнителей.

На основании анализа ситуации в области обращения со стойкими органическими загрязнителями разработаны Мероприятия по реализации Национального плана выполнения обязательств, принятых Республикой Беларусь по реализации положений Стокгольмской конвенции о СОЗ, в 2011-2015 годах.

Реализация мероприятий Национального плана осуществлялась за счет средств бюджетного фонда охраны природы, частично за счет средств республиканского бюджета, а также за счет собственных средств организаций.

Во исполнение требований Базельской конвенции о контроле за трансграничным перемещением опасных отходов и их удалением, а также в связи с образованием Таможенного союза Республики Беларусь, Республики Казахстан и Российской Федерации, Минприроды принимает участие в выработке мероприятий по сближению мер нетарифного регулирования в экологической сфере (в части трансграничного перемещения отходов).

В рамках реализации Решения правительств Республики Беларусь, Республики Казахстан и Российской Федерации от 27 ноября 2009 г. № 19 «О едином нетарифном регулировании таможенного союза Республики Беларусь, Республики Казахстан и Российской Федерации» Минприроды осуществляет выдачу разрешительных документов на трансграничное перемещение отходов.

В рамках реализации Указа Президента Республики Беларусь от 01.09.2010 № 450 «О лицензировании отдельных видов деятельности» Минприроды осуществляет лицензирование деятельности, связанной с использованием природных ресурсов и воздействием на окружающую среду в части использования отходов 1-3 класса опасности, обезвреживания, захоронения отходов.

Законодательство об обращении с отходами основывается на Конституции Республики Беларусь и состоит из актов Президента Республики Беларусь, Закона Республики Беларусь "Об обращении с отходами", постановлений Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды, иных актов законодательства об обращении с отходами, а также международных договоров Республики Беларусь в области обращения с отходами. Отдельные моменты по исследуемому вопросу освещаются в Программе социально-экономического развития Республики Беларусь на 2011–2015 годы, Национальной стратегии устойчивого развития на период до 2020 года. В целях контроля ситуации обращения с отходами производства на предприятиях ведётся единая государственная статистическая отчётность.

Республика признает общепризнанные принципы обращения с отходами, что нашло отражение в законе "Об обращении с отходами" (в статье 4):

– обязательность изучения опасных свойств отходов и установления степени опасности отходов и класса опасности опасных отходов;

- нормирование образования отходов производства, а также установление лимитов хранения и лимитов захоронения отходов производства;
- использование новейших научно-технических достижений при обращении с отходами;
- приоритетность использования отходов по отношению к их обезвреживанию или захоронению при условии соблюдения требований законодательства об охране окружающей среды и с учетом экономической эффективности;
- приоритетность обезвреживания отходов по отношению к их захоронению;
- экономическое стимулирование в области обращения с отходами;
- платность размещения отходов производства;
- ответственность за нарушение природоохранных требований при обращении с отходами.

Постановления Совета Министров Республики Беларусь, в основном, освещают экономические составляющие обращения с отходами производства.

Постановление Совета Министров Республики Беларусь "Об утверждении Положения о координации экономически обоснованного использования отходов производства и потребления" призвано обеспечить координацию деятельности министерств, других республиканских органов государственного управления, объединений, подчиненных Правительству Республики Беларусь, местных исполнительных и распорядительных органов, юридических лиц независимо от форм собственности и подчиненности по организации экономически обоснованного использования отходов потребления. В законе указано, что специально уполномоченным государственным органом, осуществляющим контроль по данной проблеме, является государственное торгово-производственное объединение

"Белресурсы", которое принимает меры по согласованию действий всех вышеперечисленных государственных органов, анализирует эффективность использования юридическими лицами вторичных материальных ресурсов, подготавливает предложения по улучшению использования производственных отходов с учётом энергосбережения и экологической обстановки. Государственное торгово-производственное объединение "Белресурсы" несёт полную ответственность за республиканские проекты строительства предприятий по заготовке, переработке и захоронению отходов, в т.ч. и производственных отходов, за исключением радиоактивных.

При хранении и захоронении радиоактивных отходов должны быть обеспечены их надежная изоляция от окружающей среды, защита населения от вредного воздействия ионизирующего излучения в соответствии с техническими нормативными правовыми актами.

Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь издаёт Положения, в первую очередь, касающиеся обращения с опасными отходами, в т.ч. вышеуказанными радиоактивными отходами. Положение "О порядке учёта, хранения и сбора ртути, ртутьсодержащих отходов" подготовлено совместно с Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды, Министерством экономики Республики Беларусь, Министерством здравоохранения Республики Беларусь. В данном Положении указываются правила оформления необходимой документации: инструкции о порядке учёта, сбора и хранения ртути и ртутьсодержащих отходов, книги учёта, паспорта на транспортировку данного вида опасных отходов. В Положении прописаны условия хранения ртути и ртутьсодержащих отходов, которые должны находиться в специальных кладовых, закреплённых за ответственным лицом, обеспечивающим их охрану. Отмечается, что государственное объединение "Белвормет" имеет право принимать ртуть и ртутьсодержащие отходы как от юридических лиц, так и от граждан. Согласно Положению категорически запрещается

уничтожать, выбрасывать или передавать отдельным гражданам ртуть, ртутьсодержащие отходы и приборы, содержащие ртуть. Последний пункт данного Положения является обязательным для физических и юридических лиц, так как ртуть относится к I классу опасности отходов производства, которые не имеют периода восстановления и наносят непоправимый ущерб окружающей среде и здоровью населения. Эта проблема актуальна для нашей страны, т.к. характерными отходами I класса опасности для большинства предприятий являются отработанные ртутные лампы и люминесцентные трубки, которые до сих пор не вышли из бытового обращения. На настоящий момент демеркуризация ртутьсодержащих ламп и утилизация люминесцентных ламп производится на нескольких предприятиях в республике. Наиболее крупными из них являются ОАО "ГродноАзот", имеющее специализированную установку утилизации, РУП "СПО "Химволокно" и ЗАО "Экология – 121", в подразделениях которых есть цеха по демеркуризации, а также ОАО "Брестский электроламповый завод".

Постановления Министерства здравоохранения Республики Беларусь и Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь направлены на освещение аспектов обращения с медицинскими отходами, утверждение правил утилизации изделий медицинского назначения и методов обезвреживания отходов лекарственных средств. Захораниваются, главным образом, отходы, загрязненные кровью или биологическими жидкостями неинфицирующими, обеззараженные, а также фармацевтические и ветеринарные препараты, фармацевтические вещества, лекарственные средства и товары. Послеоперационные отходы в виде частей тела и внутренних органов и др. медицинские отходы, которые, согласно законодательства Республики Беларусь, должны сжигаться, Минским областным и Минским городским патологоанатомическими бюро собираются централизованно и удаляются на сжигание в крематорий. В

областях, где отсутствуют крематории, медицинские отходы, подлежащие сжиганию, передаются предприятиям, имеющим печи для сжигания. На практике применяется захоронение медицинских отходов в бетонированных ямах.

Следует отметить, что в Республике Беларусь действуют объекты, на которых можно осуществлять обезвреживание опасных отходов, включая ОЦФП. В реестре объектов обезвреживания отходов зарегистрировано 7 объектов. Первые специальные утилизационные установки появились в 2005 году.

Основными методами обезвреживания на этих установках являются термохимический, пиролизический, химический и термический, который применяется на трех объектах.

Большинство Постановлений Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды предназначены для юридических лиц, которым необходимо отчитываться об образовании и движении отходов производства, собственниками которых они являются.

Например, Приказ "О введении экологического паспорта объекта по размещению отходов" содержит форму для заполнения данных, разработанную сотрудниками БелНИЦ "Экология".

Экологический паспорт объекта по размещению отходов содержит сведения об обустройстве и условиях эксплуатации объекта, о степени его воздействия на окружающую среду - атмосферный воздух, почву, поверхностные и грунтовые воды.

Экологический паспорт объекта по размещению отходов предназначен для работников органов Минприроды, экологов предприятий и организаций, осуществляющих контроль за состоянием объектов по размещению отходов.

Паспортизации подлежат:

- объекты по размещению отходов, являющиеся специальными природоохранными сооружениями, предназначенными обеспечивать защиту

окружающей среды от загрязнения отходами производства и потребления. К ним относятся: городские и поселковые полигоны твердых коммунальных отходов (ТКО); полигоны, накопители, хранилища, отстойники, отвалы промышленных не утилизируемых инертных и малотоксичных отходов; многопрофильные или специализированные полигоны по переработке и захоронению промышленных отходов, в т.ч. мусороперерабатывающие заводы;

- отвалы (терриконы) горных пород после добычи и обогащения полезных ископаемых.

Другие Постановления содержат формы учётной документации в области охраны окружающей среды, в т.ч. и в обращении с производственными отходами, Инструкции о порядке заполнения необходимой документации; формы сопроводительного паспорта перевозки отходов производства и Инструкции о порядке его утверждения; Инструкция о порядке инвентаризации отходов производства; классификатор отходов, образующихся в Республике Беларусь, согласно которому должны быть определены отходы производства, образующиеся на конкретном предприятии и, непосредственно, сама форма 1-отходы (Минприроды) с указаниями по её заполнению, посредством которой происходит отчёт каждого отходообразующего предприятия в стране и формируется государственная статистическая отчётность о производственных отходах.

1.2 Технологии переработки отходов

1.2.1 Организация обращения с твердыми бытовыми отходами (ТКО)

Технологии переработки отходов можно разделить (в том числе, с точки зрения экологических последствий) на технологии их сбора и разделения, термической переработки и механико-биологической переработки (захоронения).

Существуют такие способы термической обработки:

- термическая переработка (пиролиз, газификация, сжигание),
- биотермическое аэробное компостирование с получением удобрения или биотоплива,
- анаэробная ферментация с получением биогаза и удобрения (для органических отходов).

Захоронение на полигонах является самым распространенным в мире методом утилизации отходов. Этот метод применяют к несгораемым отходам и к отходам, которые при горении выделяют токсичные вещества.

Полигоны, на которых утилизируют отходы, не являются обычными свалками. Современные полигоны — это сложные инженерные сооружения, на которых установлены системы борьбы с загрязнениями воздуха и подземных вод. Некоторые полигоны умеют перерабатывать образующийся в процессе гниения мусора газ в тепло и электроэнергию. К сожалению, всё это в большей степени относится к развитым европейским странам, так как в Беларуси до сих пор очень малый процент полигонов соответствует этим характеристикам.

Главный минус захоронения отходов — даже при использовании многочисленных фильтров и систем очистки этот вид утилизации не позволяет полностью избавиться от негативных эффектов разложения отходов — гниения и ферментации — загрязняющих воздух и воду. Поэтому, несмотря относительную дешевизну захоронения ТКО, экологи рекомендуют перерабатывать отходы, тем самым минимизируя риски загрязнения окружающей среды.

Сжигание ТКО позволяет в 3 и более раз уменьшать вес отходов. При этом при сжигании устраняется запах и уничтожаются токсичные бактерии. Кроме того, энергию, выделяемую при сжигании твердых коммунальных отходов, можно использовать для получения тепла и электричества.

Несмотря на свои преимущества, этот вид утилизации мусора имеет существенный недостаток — сильное загрязнение окружающей среды. При сжигании мусора в воздух выбрасываются такие опасные вещества, как бифенилы, диоксины, дибензофураны и тяжелые металлы. Кроме того, до сих пор окончательно не решен вопрос с безопасным захоронением токсичной золы. Сегодня во многих странах Европы владельцы мусоросжигательных заводов тратят значительные средства на установку воздухоочистительных систем и захоронение золы. За счет этого существенно увеличивается стоимость строительства таких заводов, составляя в среднем 150 млн долларов.

Компостирование широко применяется для переработки отходов растительного происхождения. Это технология основана на естественном биологическом разложении органического мусора. Результатом такой переработки мусора является компост, который применяют в сельском хозяйстве. Сегодня активно используются технологии получения смешанного компоста за счет переработки донных отложений водоемов и осадков сточных вод.

Вторичная переработка — самый безопасный для окружающей среды метод переработки мусора. Кроме того, для многих владельцев заводов по переработке ТКО она является дополнительной прибылью за счет продажи отсортированного мусора (стеклобой, пластик, картон) перерабатывающим компаниям. К сожалению, лишь некоторая часть отходов поддается вторичной переработке, поэтому полностью решить вопрос о безопасной утилизации ТКО до сих пор невозможно.

1.2.2 Состав и свойства ТКО

Твердые коммунальные отходы представляют собой гетерогенные смеси. От общего объема образующихся отходов ТКО составляют небольшой процент. Однако, в цифровом значении показатели их количества

весьма внушительны. Ориентировочный суммарный объем ТКО в поселках, городах и промышленных зонах Беларуси

Состав и свойства ТКО имеют определяющее значение при решении вопроса их сбора, удаления, обезвреживания и переработки. Состав компонентов ТКО в различных странах примерно одинаков, хотя доля их зависит от различных условий: географического расположения, уровня экономического развития, состава основных видов продуктов питания и т.д.

Особую группу в составе ТКО занимают крупногабаритные отходы (старая мебель, обломки разрушенных домов, холодильники и др.), которые перед переработкой требуют предварительной подготовки (дробления и т.п.)

Состав твердых коммунальных отходов за 50 последних лет мало изменился, претерпело изменение процентное соотношение их компонентов. В перспективе прогнозируется рост содержания в ТКО бумаги, картона, полимерных материалов и снижение текстиля из натурального волокна (хлопка, льна, шерсти, шелка), рост крупногабаритных отходов.

1.2.3 Методы и технологии переработки ТКО

В мировой практике нашли применение различные способы обращения с твердыми бытовыми отходами. К ним относятся традиционные и нетрадиционные направления обезвреживания и переработки отходов. Традиционные:

- складирование отходов на полигонах;
- сжигание отходов;
- комплексная переработка ТКО, сочетающая элементы сортировки ТКО, компостирование части ТКО с термической переработкой не утилизируемой части ТКО.

К нетрадиционным направлениям обращения с ТКО относятся принципиально новые технологии, направленные не на уничтожение или захоронение отходов, а на использование их в качестве сырья. С этой целью

внедряется система раздельного сбора мусора, глубокой сортировки и повторного использования (рециклирования).

На полигонах складывается (захоранивается): в России – 96%, Канаде, США, Англии, Чехии, Словакии и Венгрии – 80-92%, во Франции, Австрии и Италии – 47-67%, в Японии – 27%, Дании – 17%, Швейцарии – 4% коммунальных отходов. В Японии, Швейцарии и Дании сжиганию подвергается 70-80% образующихся ТКО, в Бельгии, Италии, Германии, Нидерландах, Франции и Швеции – 25-40%, России – 3% отходов.

Экологические последствия захоронения мусора проявляются через несколько лет загрязнением почв, подземных вод. Поэтому власти вынуждены создавать систему управления отходами для того, чтобы попытаться избежать неконтролируемого их распространения. Любая система управления состоит из трёх подсистем: сбора, транспортировки и переработки отходов.

Подсистема сбора отходов предполагает наличие мест сбора коммунальных отходов.

В странах Западной Европы внедряют систему раздельного или селективного сбора отходов, при котором само население сортирует отходы и собирает в отдельные контейнеры стекло, бумагу и картон, а также другие отходы. В некоторых странах отходы собирают в мешки из специального пластика, который через полгода разрушается, не загрязняя окружающую среду.

Подсистема транспортировки отходов заключается в вывозе собранных отходов специально оборудованными машинами к местам перегрузки, переработки, захоронения.

В большинстве городов нашей страны применяется планово-регулярная или коммунальная очистка, т.е. отбросы с мест из сбора удаляют в установленные сроки. Мусоросборные машины по определенному маршруту объезжают кварталы города и собирают имеющиеся отходы. В

зависимости от местных условий их могут пересыпать из дворовых мусоросборников в кузов машины или вывозить прямо в контейнерах, оставляя взамен пустой контейнер.

Обязанности жилищных организаций:

- заключать договоры на сбор и вывоз ТКО с предприятиями по санитарной очистке (спецавтохозяйствами);

- обустраивать бетонированные (асфальтированные) площадки под сборники;

Объектами обязательного обслуживания спецавтохозяйствами являются жилые здания, встроенные в жилые здания предприятия торговли, общественного питания, мастерские и другие предприятия, отдельно стоящие больницы, поликлиники, гостиницы, общежития, детсады и ясли, школы и другие учебные учреждения.

Ряд требований применяется и к организациям, осуществляющим транспортировку ТКО – спецавтохозяйствам. Они несут ответственность за своевременное удаление коммунальных отходов, определяют совместно с жилищными организациями СЭС необходимое количество сборников и места их установки в домовладении, разрабатывают маршрутные графики движения мусоровозного транспорта.

Машины для транспортировки ТКО различаются: назначением, вместимостью кузова, механизмами загрузки отходов, спецоборудованием для прессования отходов, системой выгрузки отходов и кузова;

По механизму загрузки отходов в зависимости от типа и вместимости мусоросборника машины для транспортировки ТКО имеют:

- стационарные стандартные контейнеры вместимостью 0,75куб.м;
- передвижные
- подземные

Подсистема переработки отходов должна основываться на организации селективного сбора ТКО с последующей отдельной переработкой во

вторичные продукты, имеющие потребительскую стоимость, - рециклинг. Переработка вторичного сырья требует в 4 раза меньше капиталовложений, чем производство первичного сырья, значительно меньше расход электроэнергии.

Термические методы обезвреживания и утилизации ТКО – сжигание отходов позволяет примерно в 3 раза уменьшить их вес, устранить запах, выделение токсичных жидкостей, бактерий, получить дополнительную энергию, которую можно использовать для получения отопления. Но переработка отходов с использованием технологии сжигания связана с загрязнением воздуха мелкодисперсной пылью, оксидами серы и азота, образованием золы с многократным превышением ПДК по растворимым солям тяжелых металлов. Сжигание неразделенного потока отходов в настоящее время считается чрезвычайно опасным.

Строительство и эксплуатация мусоросжигательных заводов представляет значительные затраты для городского бюджета и требует поставку определенного количества и состава ТКО в сутки

Внедрение двухстадийного вывоза отходов за счет ввода в эксплуатацию мусороперегрузочных станций, которые являются сортировочным комплексом для дальнейшего использования вторсырья должно оптимизировать ситуацию с переработкой ТКО.

Все въезжающие на территорию таких станций мусоровозы останавливаются для взвешивания мусора и радиационного контроля. При разгрузке производится предварительный отбор крупногабаритных включений мусора, остальные отходы отправляются на линию сортировки, где автоматически отбираются мелкие отходы (около 50-70мм). Сухая крупная фракция мусора перемещается на горизонтальный подвижный стол сортировки, где вручную сортируется на стандартные виды вторсырья. Отсортированные фракции бумаги, картона, пластмассы, алюминиевых материалов, тряпья, стекла последовательно выгружаются и

спрессовываются в тюки на линии прессования вторсырья. Затем направляются на дальнейшую переработку.

Мелкая фракция (менее 50-70мм), содержащая влажные пищевые отходы, стекло, камни, металл, текстиль, кожу, резину, пластмассу, отсев значительно снижает эффективность сортировки. Поэтому она часто выгружается и также прессуется в тюки.

Развитие сети сортировочных комплексов позволяет извлекать из отходов ценное вторичное сырье и существенно сокращает объемы отходов, вывозимых на объекты захоронения.

В настоящее время основное количество твердых коммунальных отходов (ТКО) в мире вывозят на свалки и полигоны (табл. 1).

Таблица 1 – Технология переработки твердых коммунальных отходов в экономически развитых странах

Технология	США	Англия	Франция	Германия	Япония
Полигоны и свалки	84	90	55	78	78
Термический метод	15	9	35	20	40
Компостирование	1	1	10	2	3
Итого	100	100	100	100	100

Недостатки складирования ТКО на свалках заключаются в следующем: свалки потенциально опасны в отношении возникновения пожаров и тем самым в загрязнении атмосферы, в распространении инфекций и загрязнении окружающей среды токсичными элементами. Кроме того, при складировании ТКО на полигонах имеет место потеря вторичных материальных ресурсов, содержащихся в них.

По мере заполнения емкостей действующих свалок требуются дополнительные площади, что связано с определенными трудностями из-за

уменьшения количества свободных земельных участков, а перевозка ТКО на большие расстояния – со значительными затратами.

В США свыше половины из действующих свалок не соответствует федеральным нормам по безопасности. Ежегодно открываются новые мощности свалок на 20 млн. т, а закрывается – на 50 млн. тонн. Современное состояние развития мирового сообщества требует признать, что захоронение ТКО на свалках является анахронизмом, но стоимость их переработки достаточно велика и потому захоронение ТКО на свалках до настоящего времени является основным способом решения проблемы этого вида отходов.

Развитие полигоностроения идет в направлении увеличения удельной нагрузки на площадь полигона за счет уплотнения отходов и увеличения высоты складирования. Современные катки-уплотнители позволяют уплотнить отходы до 0,8 т/м, а высота зарубежных полигонов достигает 60 м, что позволяет повысить емкость полигона в 5-6 раз. Для сокращения площади под захоронение ТКО практикуют предварительное дробление отходов, при этом плотность отходов увеличивается на 40-50%.

Санитарно-технические показатели различных методов обезвреживания ТКО приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Санитарно-технические показатели различных методов обезвреживания ТКО

Методы обезвреживания	Продукты процесса обезвреживания	Влияние на окружающую среду
Усовершенствованные свалки	Продукты неполного распада органического	Выделяются вредные и дурно пахнущие газы, загрязняют воздух и создают опасность пожаров (CH ₄ , NH ₃ , H ₂ S, CH ₃). Чрезвычайно опасен в санитарном

	вещества	отношении выделяющийся фильтрат, загрязняющий почву и грунтовые воды, количество бактерий кишечной группы до 34 тыс. на 1см ³ , общее число бактерий 1,5 млн/см ³ , т.е. в 2-3 раза больше, чем в сточных водах городской канализации. Необходим послеэксплуатационный контроль 50-100 лет.
--	----------	---

Продолжение таблицы 2.

Мусороперерабатывающие заводы	Компост Не компостируемый остаток после просеивания компоста (до 30% исходного мусора)	Безопасен в санитарно-гигиеническом, гельминтологическом, энтомологическом отношении; титр коли 0,01-0,1; титр протей 0,01-0,1; личинки мух не выдерживают; яйца гельминтов погибают. Обезвреженная масса, которая может засорять почву инертными материалами: камнями, глиняными черепками, пластмассами и стеклом.
Мусоросжигательные заводы	Отходящие газы Вода от промывки газов (при мокрой очистке) Шлак	Содержат SO ₂ , HCL, HF, NO _x , CO и др., а также летучую золу 1-40 г/м ³ (в основном улавливается фильтрами). Имеет следующие включения: альдегиды, хлориды, сульфаты, фосфаты, железо и др. Расход воды на промывку газа 1-15м ³ на 1т мусора. Состав шлака после сжигания : мелкозернистые части, несгоревшие, в т.ч.

		органические частицы, металл, стеклобой, камни и др.
--	--	--

По мнению специалистов, современным требованиям наиболее соответствует технология комплексной переработки ТКО, сочетающая комбинацию процессов сортировки, термической и биологической обработки их. Объединяющим процессом при этом является сортировка, изменяющая качественный и количественный состав ТКО, что почти вдвое сокращает объем отходов, направляемых на сжигание и компостирование, и улучшает его качество, стабилизирует термические процессы и сокращает выбросы вредных веществ с отходящими газами.

1.3 Захоронение отходов

1.3.1 Захоронение отходов производства и потребления

Услуги по захоронению отходов оказывают в основном организации жилищно-коммунального хозяйства. По данным, предоставленным МЖКХ, по состоянию на 01.01.2015 г. в ведении организаций ЖКХ находилось 167 полигонов ТКО и 1994 мини-полигона, большая часть из которых не соответствует требованиям экологической безопасности.

Для размещения отходов, захоронение которых на полигонах ТКО недопустимо, собственниками отходов осуществляется ввод в эксплуатацию объектов хранения и захоронения собственных отходов производства. В реестр объектов хранения и захоронения включены 627 объектов размещения собственных отходов производства (по состоянию на 5 января 2015 г.) [6]. Практика оказания услуг другим организациям, в результате хозяйственной деятельности которых образуются аналогичные отходы производства, по размещению отходов на собственных объектах хранения и захоронения мало распространена.

Один из способов обращения с отходами - их захоронение и хранение — характеризуется наибольшим уровнем негативного воздействия на окружающую среду. Существенное негативное воздействие объектов размещения отходов подтверждается результатами локального мониторинга окружающей среды.

В 2012 г. мониторинг качества подземных вод осуществлялся на 128 полигонах твердых коммунальных и промышленных отходов. Нарушения нормативов качества подземных вод зафиксированы на 111 объектах (87%). Для полигонов ТКО характерно загрязнение подземных вод соединениями азота, нефтепродуктами, тяжелыми металлами, наблюдается высокий уровень общей минерализации (по сухому остатку).

Максимальные значения концентраций нефтепродуктов достигали 11,7 предельно- допустимых концентраций (ПДК); азота аммонийного — 87,5; азота нитратного — 35,6; свинца - 17,3; меди - 12,0 ПДК.

В целях предотвращения негативного воздействия на окружающую среду объекты размещения отходов должны соответствовать требованиям экологической безопасности. В Беларуси такие требования устанавливаются в ТКИ 17.11-02-2009 «Объекты захоронения твердых коммунальных отходов. Правила проектирования и эксплуатации», который был принят в 2009 г. Однако практически все полигоны ТКО введены в эксплуатацию до 2009 г., т.е. они не соответствуют требованиям данного технического нормативного правового акта, в результате чего их воздействие на окружающую среду превышает допустимые нормы. Важной задачей обеспечения экологического развития отрасли обращения с отходами является вывод из эксплуатации полигонов ТКО, не соответствующих требованиям технических стандартов.

Резюмируя аналитическую часть, приходим к следующему выводу: в настоящее время отрасль обращения с отходами в Республике Беларусь лишь

формируется, а ее вклад в развитие национальной экономики можно охарактеризовать как достаточно скромный. В то же время она обладает значительным потенциалом развития, что позволяет рассматривать ее в качестве одного из перспективных направлений развития промышленного комплекса. При этом основной акцент в ближайшие 3-5 лет следует сделать на обеспечении соответствия сферы обращения с отходами требованиям экологической безопасности.

Отраслевой подход к рассмотрению сферы обращения с отходами позволяет в качестве одной из целей государственной политики в данной сфере рассматривать в среднесрочной перспективе формирование отдельной высокотехнологичной и привлекательной для инвестиций отрасли обращения с отходами и ее развитие в направлении повышения качества и расширения спектра производимой продукции (оказываемых услуг), а также снижения затрат на осуществление хозяйственной деятельности при безусловном соблюдении экологических и гигиенических требований.

Целевыми ориентирами развития отрасли до 2020 г. могут стать:

- вывод из эксплуатации и обеспечение рекультивации полигонов ТКО, не соответствующих минимальным требованиям экологической безопасности (не имеют ограждения, подъездных путей, гидроизоляционного слоя, контрольных колодцев и скважин). По данным МЖКХ, по состоянию на 01.01.2015 г. Минимальным требованиям экологической безопасности соответствовало 125 полигонов ТКО из 167;
- оптимизация сети мини-полигонов со снижением общего их количества в каждом районе не менее чем на 50% от их количества на 01.01.2016 г. За период с августа 2012 г. по январь 2015 г. Количество мини-полигонов уменьшилось с 3735 до 2351 ед., а в Минской области - с 1032 до 173 ед.;

1.3.2 Размещение и строительство объектов хранения, захоронения и обезвреживания отходов

1. Размещение и строительство объектов хранения, захоронения и обезвреживания отходов производятся в соответствии с требованиями законодательства об охране и использовании земель, о недрах, в области архитектурной, градостроительной и строительной деятельности, об охране окружающей среды, в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения и осуществляются в соответствии с утвержденными в установленном порядке территориальными программами в области обращения с отходами.

2. При проектировании объектов хранения, захоронения и обезвреживания отходов в проектной документации должны предусматриваться проектные решения по:

2.1. созданию сооружений (устройств), обеспечивающих учет отходов, поступающих на эти объекты;

2.2. созданию сооружений, обеспечивающих проведение локального мониторинга окружающей среды в период эксплуатации этих объектов, а для объектов захоронения отходов – и после их вывода из эксплуатации;

2.3. выводу из эксплуатации, демонтажу, сносу объектов хранения, захоронения и обезвреживания отходов, а также рекультивации земельных участков, на которых были размещены объекты хранения и обезвреживания отходов, с соблюдением требований, установленных настоящим Законом, иными актами законодательства об обращении с отходами, об охране окружающей среды, в том числе техническими нормативными правовыми актами.

3. При проектировании объектов хранения и захоронения отходов в проектной документации также должен предусматриваться комплекс мероприятий по предотвращению в период эксплуатации этих объектов и после их вывода из эксплуатации загрязнения окружающей среды отходами, продуктами их взаимодействия и (или) разложения.

При проектировании объектов обезвреживания отходов в проектной документации также должно быть предусмотрено строительство сооружений, обеспечивающих обезвреживание или использование продуктов взаимодействия и (или) разложения отходов, образующихся при их обезвреживании.

При проектировании объектов захоронения коммунальных отходов мощностью более 30 тысяч тонн в год в проектной документации также должно быть предусмотрено строительство сооружений, обеспечивающих извлечение вторичных материальных ресурсов из отходов, поступающих на захоронение.

4. Запрещается размещение объектов хранения, захоронения и обезвреживания отходов на землях природоохранного, оздоровительного, рекреационного и историко-культурного назначения, водного и лесного фондов, а объектов хранения и захоронения отходов – и на землях населенных пунктов.

1.3.3 Эксплуатация объектов хранения, захоронения и обезвреживания отходов

1. Объекты хранения, захоронения и обезвреживания отходов, введенные в эксплуатацию, подлежат учету в реестре объектов хранения, захоронения и обезвреживания отходов в порядке, определяемом Советом Министров Республики Беларусь.

Ведение реестра объектов хранения, захоронения и обезвреживания отходов осуществляется Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь либо организацией, уполномоченной им на ведение этого реестра.

2. Исключен.

3. Отходы, поступающие на объекты хранения, захоронения и обезвреживания отходов, подлежат учету в порядке, устанавливаемом законодательством об обращении с отходами, в том числе техническими нормативными правовыми актами.

4. Эксплуатация объектов захоронения коммунальных отходов осуществляется в соответствии с техническим кодексом установившейся практики эксплуатации объектов захоронения коммунальных отходов, утверждаемым Министерством жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь совместно с Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

5. Технический кодекс установившейся практики эксплуатации объектов захоронения коммунальных отходов должен содержать:

5.1. перечень отходов, запрещаемых или ограничиваемых для захоронения;

5.2. условия эксплуатации сооружений, предотвращающих загрязнение окружающей среды коммунальными отходами, продуктами их взаимодействия и (или) разложения, а также перечень этих сооружений;

5.3. условия приема коммунальных отходов к захоронению;

5.4. описание технологий захоронения коммунальных отходов;

5.5. иные требования, обеспечивающие эксплуатацию объектов захоронения коммунальных отходов в соответствии с законодательством об охране окружающей среды.

6. Эксплуатация объектов обезвреживания коммунальных отходов осуществляется в соответствии с техническим кодексом установившейся практики эксплуатации объектов обезвреживания коммунальных отходов, утверждаемым Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь совместно с Министерством жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь.

7. Технический кодекс установившейся практики эксплуатации объектов обезвреживания коммунальных отходов должен содержать:

7.1. условия обращения с коммунальными отходами, поступающими на объекты обезвреживания коммунальных отходов;

7.2. условия обращения с продуктами взаимодействия и (или) разложения коммунальных отходов, образующимися при их обезвреживании;

7.3. описание технологий обезвреживания коммунальных отходов;

7.4. иные требования, обеспечивающие эксплуатацию объектов обезвреживания коммунальных отходов в соответствии с законодательством об охране окружающей среды.

8. Разработка, согласование и утверждение технических кодексов установившейся практики эксплуатации объектов захоронения и объектов обезвреживания коммунальных отходов осуществляются в соответствии с законодательством о техническом нормировании и стандартизации.

9. Эксплуатация объектов захоронения коммунальных отходов мощностью свыше 1 тысячи тонн в год без действующих сооружений, предотвращающих загрязнение окружающей среды отходами, продуктами их взаимодействия и (или) разложения, с 1 января 2015 года запрещается.

1.3.4 Полигоны захоронения промышленных отходов

В группу промышленных отходов относятся отходы, образующиеся при технологических процессах на промышленных предприятиях.

Основными характеристиками промышленных отходов (как и для других видов отходов), влияющих на последующие способы обращения с ними, являются класс опасности и агрегатное состояние.

В соответствии с действующими законодательно-нормативными требованиями, захоронению подлежат только отходы твердого агрегатного состояния и 4-5 классов опасности. Все остальные твердые, полужидкие и

жидкие отходы 1-3 классов опасности, а также полужидкие и жидкие отходы 4-5 классов опасности перед захоронением должны быть обезврежены до 4-5 классов опасности и обезвожены до твердого состояния.

Обезвреживание отходов может проводиться на промышленных предприятиях-образователях отходов, специализированных предприятиях или на полигонах захоронения отходов.

Захоронение отходов должно происходить на специально организованных полигонах. Полигоны для захоронения промышленных отходов являются природоохранными сооружениями, предназначенными для обезвреживания и захоронения не утилизируемых производственных отходов. Количество и мощность полигонов для каждого региона обосновывается технико-экономическими расчетами.

В странах ЕС полигоны для захоронения отходов подразделяются на полигоны для опасных отходов, полигоны для коммунальных отходов и полигоны для инертных отходов. Данная классификация является в значительной мере условной, так как не всегда можно провести чёткую грань между опасными, неопасными и инертными отходами, поскольку эта грань может изменяться во времени под воздействием различных факторов.

В соответствии с действующими у нас в стране строительными нормами в составе полигона должно быть три объекта, которые могут находиться на разных площадках:

- цех для обеззараживания и первоначальной обработки отходов с целью их полного обезвреживания или снижения класса опасности, а также сокращение объемов отходов, подлежащих захоронению;

- участок захоронения отходов;

- гараж специализированной автотехники, предназначенной для перевозки и захоронения отходов;

При организации полигонов для захоронения отходов важное значение имеют:

- правильный выбор площадки;
- создание необходимых инженерных сооружений;
- порядок заполнения полигона отходами;
- глубина предварительной обработки отходов;
- проведение мониторинга окружающей среды;
- контроль за образованием, сбором и транспортировкой биогаза;
- контроль за образованием, сбором и удалением фильтрата.

В соответствии с современными требованиями захоронение отходов должно быть оборудовано следующими отдельными инженерными сооружениями:

- противофильтрационным экраном из геосинтетических или уплотненных минеральных слоев;
- проездами;
- сооружениями по сбору и очистке производственных и ливневых стоков;
- сооружениями по сбору и утилизации выделяющегося газа.

Полигоны размещают в свободных от застройки, открытых, хорошо проветриваемых незатопляемых местах, на которых возможно выполнение необходимых инженерных работ. Вокруг полигона на расстоянии не менее 3000 м должна быть создана санитарно-защитная зона.

Полигон может располагаться на расстоянии не менее 200 м от сельскохозяйственных угодий и транзитных магистральных дорог и не менее 50 м от лесных массивов.

Место захоронения должно располагаться на незначительном удалении от главных транспортных магистралей и быть связано с ними подъездной дорогой с твердым покрытием.

Дефицит площади для захоронения отходов вблизи крупных городов можно уменьшить путем организации сети перегрузочных станций, где отходы должны сортироваться, измельчаться и накапливаться по видам. Это

позволяет сократить их объем и использовать для захоронения более удаленные полигоны.

Полигоны размещаются на участках со слабо фильтрующими грунтами (глина, суглинок, сланцы и т.д.), имеющими коэффициент фильтрации не более 0,00001 см/с. Уровень грунтовых вод при наибольшем подъеме должен составлять не менее 2 м от нижнего уровня захороняемых отходов (как правило, заглубленного на 7 ... 15 м).

Главными конструктивными элементами участка захоронения отходов являются герметизирующая облицовка (противофильтрационный экран), защитный облицовочный слой, дренажный слой фильтрата и финальное противофильтрационное покрытие. Для обеспечения герметичности применяются минеральные (глиняные) покрытия, полимерные пленочные материалы (например, полиэтилен высокого давления), покрытия из асфальтобетона, а также усиление почвы бентонитом.

Захоронение должно быть оборудовано надежной системой сбора и удаления фильтрата. Для обеспечения хорошего дренажа на всё основание хранилища поверх герметизирующего покрытия укладывают высокопористый слой какого-либо материала, например, щебня с дренажными трубами.

Для обеспечения надежного контроля, регулирования и ограничения выделения из хранилища фильтрата важное значение имеет верхнее противофильтрационное покрытие, которое также выполняется из минерального сырья (глины) или из полимерной пленки.

Перед организацией полигона следует определить состав будущих отходов, т.к. он влияет на объем инженерных мероприятий, которые необходимо выполнить при создании упорядоченного захоронения, отвечающего требованиям охраны окружающей среды.

Существуют два основных типа захоронения: наземное и подземное.

Подземные захоронения – шахты, пустоты, скважины, старые нефтяные поля и другие выработки – используются, в основном, для размещения жидких и полужидких опасных и радиоактивных отходов.

Наземные захоронения различных видов используются для размещения бытового и строительного мусора, а также твердых промышленных отходов 4-5 классов опасности.

Виды наземных захоронений отходов:

- отвальный тип захоронения;
- захоронение на склонах;
- захоронение в котлованах;
- захоронение в подземном бункере;

Захоронения отвального типа имеют следующие преимущества:

- основание захоронения расположено на земной поверхности;
- возможность контроля за уплотнением размещаемого материала;
- отвод вод происходит без использования насосов;
- визуальный контроль за состоянием дренажных систем.

Недостатки захоронений отвального типа состоят в:

- сложности оценки устойчивости откосов, особенно при большой высоте захоронения;
- высоких сдвиговых напряжениях на основании откосов;
- необходимости использования специальных строительных конструкций для повышения устойчивости захоронения;
- создание эстетической нагрузки на ландшафт.

Захоронение на склонах в отличие от захоронений отвального типа требуют дополнительной защиты тела захоронения от сползания и от смыва водой, стекающей по склону. Защита осуществляется с помощью строительных конструкций.

Захоронение в котлованах в меньшей степени влияет на ландшафт и не создает опасности, связанной с устойчивостью. Однако оно требует отвода вод с помощью насосов, т.к. основание расположено ниже поверхности земли. Такое захоронение создает дополнительные трудности для гидроизоляции боковых склонов и основания захоронения отходов, а также требует постоянного контроля за дренажными системами.

Захоронение в подземных бункерах по всем параметрам более удобно и экологически чисто, однако из-за больших капитальных затрат на их сооружение они могут быть использованы только для захоронения небольших количеств отходов.

Укладка отходов должна осуществляться слоями толщиной не более 2м при обязательном уплотнении, обеспечивающем наибольшую компактность и отсутствие пустот, что особенно важно при захоронении крупногабаритных отходов.

Уплотнение отходов при захоронении необходимо не только для максимального использования свободного пространства, но и для исключения проблем, связанных с последующим оседанием тела захоронения. Кроме того, рыхлое тело захоронения, имеющее плотность ниже $0,6 \text{ т/м}^3$, усложняет контроль за фильтратом, так как в нем неизбежно возникает множество каналов, затрудняющих его сбор и удаление.

Степень компактирования отходов зависит от используемого оборудования, морфологии отходов и способа их размещения. Для компактирования отходов применяют обычные дорожные машины, такие, как бульдозеры на гусеничном ходу, а также специальные тяжелые компрессоры со стальными зубчатыми колесами. Использование компрессоров позволяет уплотнять слои отходов до плотности $0,7 \dots 0,8 \text{ т/м}^3$.

Послойное перекрытие всей площади захоронения небольшими слоями отходов равномерной толщины более целесообразно, чем укладка отходов на всю высоту захоронения, но на отдельных участках. Однако иногда, прежде

всего по экономическим соображениям, заполнение хранилища производят посекционно. Основными причинами секционного заполнения является необходимость разделения различных типов отходов в пределах одного полигона, а также стремление к уменьшению площадей, на которых образуется фильтрат.

При оценке устойчивости тела захоронения следует различать внешнюю и внутреннюю устойчивость. Под внутренней устойчивостью понимают состояние самого тела захоронения (устойчивость бортов, устойчивость к вспучиванию). Под внешней устойчивостью понимают устойчивость основания захоронения (оседание, раздавливание). Недостаточная устойчивость может повредить дренажную систему и гидроизоляцию.

Оседание может явиться следствием следующих причин:

- вытеснение воды из влажных отходов;
- увеличение объема пустот вследствие истечения биогаза, образующегося в результате микробиологических процессов;
- дробления отходов за счет механических нагрузок.

Уложенный слой отходов после компактирования должен ежедневно пересыпаться грунтом, что позволяет снизить опасность переноса инфекций грызунами и птицами, а также исключить загрязнение местности при ветреной погоде.

При больших площадях полигона это не всегда выполняется из-за технических и экономических трудностей. Более выгодным является использование для временного укрытия тела захоронения полимерных пленок, синтетических разрушающихся пен и других материалов.

После завершения захоронения его необходимо гидроизолировать сверху и провести рекультивацию земель. Такие захоронения должны быть защищены от дальнейшего проникновения осадков и вод просачивания. Делается это не сразу после завершения захоронения, а после окончания

биологических процессов в теле захоронения и полного прекращения выделения газов. В противном случае закрытое захоронение может превратиться в бомбу замедленного действия.

Поскольку при захоронении отходов на неорганизованных свалках не выполняются современные требования по гидроизоляции и инженерному обеспечению, то эти свалки являются источником загрязнения поверхностных, грунтовых вод и почвы.

Для гидроизоляции существующих свалок разработана технология создания боковых и горизонтальных барьеров вокруг старой свалки. Боковая изоляция создается путем бурения вертикальных скважин, в которые нагнетаются специальные материалы, блокирующие боковую миграцию вредных веществ из тела хранилища отходов.

Если загрязненные воды соединяются с глубоколежащими водоносными пластами, то требуется дополнительная изоляция основания свалки с помощью горизонтальных скважин, которая осуществляется бурением с открытой стороны (если она имеется) котлована, либо бурением наклонных скважин. В качестве гидроизолирующих материалов применяются озокерит (продукт экстракции бурого угля), либо жидкое стекло и другие силикатные материалы.

Важным элементом управления полигоном захоронения отходов является экологический мониторинг окружающей среды, целью которого является определение любых нежелательных видов воздействия на неё для принятия необходимых корректирующих действий. Объектом экологического мониторинга являются атмосферный воздух, поверхностные воды, грунтовые воды, почва, растительность. Виды и объемы природоконтролирующих работ определяются нормативными требованиями.

В связи с катастрофической нехваткой в нашей стране полигонов промышленных отходов, оборудованных с учетом необходимых правил, практикуется захоронение твердых промышленных отходов 4-5 классов

опасности на полигонах твердых коммунальных отходов. Основное условие приема промышленных отходов на эти полигоны – соблюдение санитарно-гигиенических требований по охране труда атмосферного воздуха, почвы, грунтовых и поверхностных вод. Главным критерием приема промышленных отходов являются неспособность отходов к взрыву, самовозгоранию, выделению ядовитых газов, интенсивному пылению. Их влажность должна быть не более 85%. Не допускаются к захоронению на полигонах коммунальных отходов такие промышленные отходы, которые способны к самовозгоранию за счет химических реакций в толще складированной массы или выделяют пары и газы, образующие с воздухом или газами полигона взрывоопасные или ядовитые смеси.

1.3.5 Производственный экологический мониторинг на полигонах захоронения отходов

Требования к проведению экологического мониторинга наиболее полно разработаны для полигонов ТКО. Основные положения этих требований могут быть распространены и на полигоны промышленных, строительных и других видов отходов.

Для организации и проведения мониторинга в местах размещения полигонов захоронения отходов важнейшую роль играет санитарно-гигиенический контроль.

Система мониторинга на полигоне должна функционировать следующим образом:

1. Контроль по приему отходов на полигоны в соответствии с утвержденными инструкциями должен осуществляться лабораторной службой организации, обслуживающей полигон.

2.Лабораторная служба должна систематически контролировать фракционный, морфологический и химический состав отходов, поступающих на полигон.

3.Для полигона разрабатываются специальные программы (планы, проекты) мониторинга, предусматривающие: контроль за состоянием подземных и поверхностных вод, атмосферного воздуха, почв, уровней шума в зоне возможного неблагоприятного влияния полигона. Проект мониторинга полигона разрабатывается по техническому заданию владельца полигона и согласовывается с контролирующими органами.

4. Технологические процессы должны обеспечивать предотвращение загрязнения грунтовых и поверхностных вод, атмосферного воздуха, почв на уровнях контролируемых показателей, соответствующих пределам, установленным в гигиенических нормативах. Программа (план) производственного мониторинга полигона разрабатывается владельцем полигона в соответствии с санитарными правилами по производственному контролю за соблюдением санитарно-эпидемиологических требований.

5. Система мониторинга должна, соответственно, включать устройства и сооружения по контролю состояния подземных и поверхностных вод, атмосферного воздуха, почвы, уровней шума в зоне возможного влияния полигона.

6. По согласованию с контрольно-надзорными органами должен производиться контроль за состоянием грунтовых вод, в зависимости от глубины их залегания проектироваться шурфы, колодцы или скважины в санитарно-защитной зоне полигона и за её пределами. Контрольное сооружение должно закладываться выше полигона по потоку грунтовых вод с целью отбора проб воды. Выше полигона из поверхностных водоисточников и ниже полигона из водоотводных канав отбираются пробы поверхностных вод.

При отборе проб и контроле загрязнения в районе точечных источников, например, выгребных ям и мусоросборников пробные площадки размером не более 5 х 5 м закладываются на разном расстоянии от источника, причем одна из них – в относительно чистом месте («контрольная»). При контроле загрязнения почв более крупными промышленными источниками (например, полигон размещения отходов) площадки для отбора проб располагаются на площади трехкратной величины санитарно-защитной зоны (СЗЗ) вдоль векторов розы ветров на расстоянии 100, 200, 300, 500, 1000, 2000, 5000 м и более от источника загрязнения.

7. В отобранных пробах грунтовых и поверхностных вод должны определяться содержания: аммиака, нитритов, нитратов, гидрокарбонатов, кальция, хлоридов, железа, сульфатов, лития, ХПК, БПК, органического углерода, рН, магния, кадмия, хрома, цианидов, свинца, ртути, мышьяка, меди, бария, сухого остатка. Пробы также должны исследоваться на гельминтологические показатели.

Если в пробах, отобранных ниже по потоку, устанавливается значительное увеличение концентраций определяемых веществ по сравнению с контрольным, необходимо (по согласованию с контролирующими органами) расширить объем определяемых показателей, а в случаях, если содержание определяемых веществ превысит ПДК, необходимо принять меры по ограничению поступления загрязняющих веществ в грунтовые воды с целью снижения реальных концентраций до уровня ПДК.

Система экологического мониторинга полигона должна включать постоянное наблюдение за состоянием воздушной среды. В этих целях ежеквартально необходимо производить анализы проб атмосферы над отработанными участками полигона и на границе санитарно-защитной зоны на содержание соединений, характеризующих процесс биохимического

разложения загрязняющих веществ в теле полигона твёрдых коммунальных отходов, представляющих наибольшую опасность для населения и окружающей среды.

Объем определяемых показателей и периодичность объема проб должны обосновываться в проекте мониторинга полигонов и согласовываться с контролирующими органами. Обычно при анализе проб воздуха определяют метан, сероводород, аммиак, окись углерода, бензол, трихлорметан, четыреххлористый углерод, хлорбензол.

При загрязнении атмосферы выше ПДК на границе санитарно-защитной зоны и выше ПДК в рабочей зоне должны быть приняты меры, учитывающие характер и уровень загрязнения.

8. Система мониторинга полигона должна включать постоянное наблюдение за состоянием почвы в зоне его возможного влияния. С этой целью качество почвы контролируется по химическим, микробиологическим, радиологическим показателям. Из химических показателей приоритетно исследуется содержание тяжелых металлов, нитритов, нитратов, гидрокарбонатов, органического углерода, pH, цианидов, свинца, ртути, мышьяка. В качестве микробиологических показателей исследуются: общее бактериальное число, колититр, титр протея, яйца гельминтов. Число химических и микробиологических показателей может быть расширено по требованию контролирующих органов.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В нашей стране наиболее целесообразно использовать полигоны по захоронению ТКО, что дает значительный экологический и экономический эффект. Необходимо увеличивать их количество. Разрабатываются полигоны на основе ТКП 17.11-02-2009. С возможностью дальнейшей рекультивации этих земель. Строительство мусоросжигающих заводов и дальнейшее их использование на территории Республики Беларусь не совсем пригодно, т.к. такой вид обращения значительно загрязняет атмосферу, нанося экологический вред окружающей среде.

В данном исследовании предпринята попытка проанализировать систему обращения с коммунальными отходами в областном центре Беларуси, основываясь на методике, предложенной ООН-Хабитат. Анализ системы обращения с отходами в соответствии с этой методикой предполагает как оценку физических компонентов системы обращения с отходами, так и оценку элементов управления ею. Методика базируется на сочетании количественных и качественных показателей, а полученные результаты нормируются по определенной шкале. Целью методики является повышение осведомленности заинтересованных сторон, принимающих решения в сфере управления отходами, так как отсутствие объективных сведений и своевременного анализа ситуации является главным

препятствием в совершенствовании системы управления с коммунальными отходами.

В качестве территории исследования рассмотрен Могилев – областной центр восточной Беларуси, занимающий третье место по численности населения в стране, имеющий развитые химическую, легкую промышленности и машиностроительное производство.

Методологической основой исследования является концепция интегрированного устойчивого управления коммунальными отходами, разработанная ООН-Хабитат в 2010. Эта концепция включает шесть групп показателей, объединенных в две триады – физическая система и управление (рис. 1). В каждую из групп входят количественные и качественные индикаторы, обновленная и модифицированная методика расчета и оценки которых представлена в . Значения каждой группы показателей разбиваются на пять уровней: низкий, низкий/средний, средний, средний/высокий и высокий, которые имеют стандартную цветовую идентификацию, но различные пороговые значения в зависимости от индикаторов и методики их определения. Качественные индикаторы оцениваются по шкале: 0, 5, 10, 15 или 20 баллов, которые затем суммируются и формируют результат по каждому качественному показателю. Базовой информацией для определения количественных показателей являются имеющиеся статистические данные и аналитические оценки системы обращения с ТКО и ВМР в городе. Итоги анализа представляются в форме радара, отражающего значения всех показателей.



Рис. 1 Концепция интегрированного устойчивого управления коммунальными отходами на местном уровне

Результаты анализа позволяют выявить те аспекты системы, которые не функционируют должным образом, чтобы определить направления совершенствования управления с ТКО. Основываясь на предложенном подходе, можно провести сравнение системы обращения с отходами в различных городах в странах с различным уровнем доходов населения.

2.1 Методика анализа системы обращения с коммунальными отходами в Могилеве

Результаты оценки системы обращения с ТКО в Могилеве представлены в таблице 3. Согласно рейтингу Всемирного банка Беларусь относится к странам с доходами населения выше среднего. Рассчитанное общее количество отходов оценивается в 181 425,1 т/год. Общее количество отходов определялось в соответствии с установленными дифференцированными нормативами образования отходов для населения и

организаций, чьи отходы приравнены к коммунальным. Кроме того, общее количество ТКО включает количество ВМР, собранные через систему приемных пунктов и контейнеры для раздельного сбора отходов. Душевое количество отходов составляет 484,25 кг/год или 1,33 кг/день, что соответствует уровню образования отходов в экономически развитых странах Западной Европы. По данным Спецавтопредприятия Могилева, в состав отходов в контейнерах многоквартирных домов входят 39,6 % органических отходов, 3,1 % – пластиковых и 1,71 % – металлических. Плотность отходов оценивается в 150-287 кг/м³, а их влагосодержание изменяется от 20 до 60 %.

Таблица 3 – Результаты оценки системы обращения с отходами в Могилеве

Город		Могилев			
Страна		Беларусь			
B1	Категория страны по уровням доходов	Категория страны по уровням доходов (данные Всемирного банка)		Валовый национальный продукт (ВНП) на душу населения	
		Выше среднего уровня		16 840 долл/чел в год	
B2	Население	Общее количества населения в городе, чел.		374655	
B3	Образование отходов	Общее количество образуемых отходов, т/год		181425,1	
No	Категория	Индикаторы		Результаты	Цветовой код
Ключевые данные, связанные с системой обращения отходов					
W1	Отходы на душу населения	ТКО чел / чел	кг в год	484,25	-
			кг в день	1,33	-
W2	Состав отходов:	Состав ТКО для 3 ключевых фракций - как % от общего количества образуемых отходов			-
W2.1	Органические отходы	Органические (пищевые и биоразлагаемые отходы), %		39,6	-
W2.2	Макулатура	Макулатура, %		8,4	-

W2.3	Пластик	Пластик, %	3,1	-	
W2.4	Металлы	Металлы, %	1,71	-	
W2.5	Плотность отходов	кг/м ³	150-287		
W2.6	Влагосодержание	%	20 - 60		
Компоненты физической системы					
1	Санитарные требования - сбор отходов	1.1 Охват населения системой сбора ТКО	100 <i>Высокий</i>		
		1.2 Количество отходов, попадающих в систему обращения	59,69 <i>Низкий/Средний</i>		
1C		Качество услуг по сбору отходов	79,22 <i>Средний / Высокий</i>		
2	Экологический контроль – переработка и захоронение отходов	Контролируемые переработка и захоронение	59,69 <i>Низкий/Средний</i>		
2E		Качество защиты окружающей среды в процессе переработки и захоронения отходов	50,04 <i>Средний</i>		

Продолжение таблицы 3

№	Категория	Индикаторы	Результаты	Цветовой код	
3	Ресурсная ценность - 3R: уменьшение, вторичное использование, переработка	Уровень переработки	26,07 Средний		
3R		Качество 3R- уменьшение, вторичное использование, переработка	37,53 Низкий/ Средний		
Факторы управления					
4U	Включенность	Включенность потребителей	54,2 Средний		
4P		Включенность поставщиков услуг	29,19 Низкий/ Средний		
5F	Финансовая устойчивость	Финансовая устойчивость	37,53 Низкий/ Средний		
6N	Действующие организации, проактивная политика	Национальное законодательство	50,04 Средний		
6L		Местная институциональная согласованность	50,04 Средний		

Санитарные требования – сбор отходов включают три показателя, два из которых количественные, а один – качественный. Охват населения системой сбора отходов составляет 100 %, при этом в систему сбора отходов попадает немного более половины – 59,69 %. Из системы были исключены отходы, которые утилизируются (компостирование и сжигание) самим населением в частном секторе – определялось по методике, предложенной в [6]; ВМР, обращающиеся в неформальном секторе, а также отходы, которые складываются в несанкционированных местах захоронения отходов. Последние определялись как разница между объемом образованных отходов и количеством собранных и удаленных отходов, т.к. официальные оценки объема отходов в несанкционированных местах их хранения не производятся. Качество услуг по сбору отходов было оценено как средний/высокий уровень по шести индикаторам: внешний вид мест сбора отходов, эффективность уборки улиц, эффективность сбора отходов в бедных районах, эффективность удаления отходов, соответствие систем планирования и мониторинга услуг по сбору и удалению отходов, охрана труда рабочих. Вся территория города охвачена услугами по сбору и удалению коммунальных отходов, все домовладения имеют доступ к услугам по сбору и удалению отходов. Площадки временного хранения отходов очищаются в соответствии с графиком вывоза отходов. В большинстве случаев количества контейнеров и периодичности вывоза отходов достаточно, чтобы контейнеры не переполнялись, а мусор не разносился ветром по прилегающим территориям. Изредка местными жителями фиксируются случаи переполнения контейнеров, а в ЖЭКи или в Управление коммунальных предприятий (УКП) поступают жалобы о несвоевременном вывозе отходов. В городе производится своевременная очистка и вывоз мусора городского центра, магистральных и главных улиц, мест скопления людей.

Все частные домовладения обязаны в соответствии с белорусским законодательством заключать договор со Спецавтопредприятием (САП) на вывоз мусора. Некоторое количество владельцев частных домов таких договоров не заключает, утверждая, что органические отходы они компостируют, а остальную часть сжигают в домашних печах, в итоге мусора не образуется, и нет причины заключать договор и платить деньги за вывоз мусора. Очевидно, что не все такие владельцы полностью утилизируют свои отходы на своем участке – какая-то их часть «подбрасывается» в контейнеры около многоэтажных домов, либо выбрасывается в близлежащие заросли и овраги, образуя места несанкционированного хранения отходов, которые по мере обнаружения (или жалоб от населения) ликвидируются САПом за счет собственных средств.

Все коммунальные отходы, образуемые населением, поступают на станцию сортировки (ЗУБР), после которой балласт прессуется и транспортируется на полигон ТКО. Все технологические операции осуществляется с необходимой частотой и транспортом, который поддерживается в надлежащем техническом состоянии. Требования охраны труда и безопасности осуществления всех видов работ в Беларуси выполняются и постоянно контролируются. Тем не менее, в практике возможны отклонения от установленных требований (чаще всего по вине самих рабочих).

Система обращения с отходами и сбора вторичных материальных ресурсов планируется на уровне предприятия, программ гор- и облисполкома, контроль их выполнения осуществляется соответствующими структурами местной исполнительной власти и структурами Министерства ЖКХ и Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды (МПРОС). При этом прогнозирование и стратегическое планирование, равно как инструменты адаптивного менеджмента не применяется. Планы

формируются исходя из требований и показателей стратегий и программ национального уровня.

Экологический контроль – переработка и захоронение отходов включает один количественный и один качественный показатель. Контролируемые переработка и захоронение оценивается в 59,6 %, что соответствует количеству отходов в системе, т.к. все отходы проходят сортировку и частично подвергаются первичной переработке. Качество защиты окружающей среды в процессе переработки и захоронения отходов было определено как среднее и включало оценку следующих индикаторов: уровень контроля приемки отходов и общее управление полигоном, уровень контроля переработки отходов и их захоронением, уровень экологического мониторинга, эффективность производства и использования энергии, уровень технической компетенции планирования и управления сооружениями по переработке и захоронению, охрана труда рабочих. Линии сортировки и переработки коммунальных отходов находятся на ЗУБРе, расположенном на южной окраине города. Полигон ТКО расположен в 28 км от города. К объектам ведут асфальтированные дороги, имеющие достаточную пропускную способность. Количество проходящих мусоровозов не препятствует движению другого автотранспорта. Объекты огорожены, имеют проходную, где дежурят сотрудники предприятий и не допускают несанкционированный доступ на объекты. Все приходящие автомобили должны иметь сопроводительные документы, которые проверяются и отмечаются. Полигон оснащен весами, каждый мусоровоз взвешивается, трактора и грузовики визуально осматриваются на предмет наличия ВМР. Сотрудники полигоне уплотняют отходы, следят за пожарами. Полигон не защищен от развевания и птиц, контроль загрязнения грунтовых вод минимален. Мусор на полигоне периодически пересыпается грунтом, качество грунтовых вод контролируется, при этом очистные сооружения на полигоне отсутствуют. Процесс аэробного разложения отходов на ЗУБРе

контролируется, все технологические операции соблюдаются. При этом не исключено поступление на линии сортировки и полигон опасных коммунальных отходов, которые в Беларуси не собираются отдельно. Полигон и ЗУБР имеют все необходимые экологические разрешения и всю требуемую по белорусскому законодательству документацию. Контроль эмиссии парниковых газов от полигона не осуществляется. Энергия из отходов не извлекается.

Сотрудники, вовлеченные в сектор по предоставлению услуг по сбору, удалению, переработке и захоронению отходов, имеют достаточную квалификацию, но нуждаются в повышении квалификации, обмене лучшими практиками, участии в семинарах и прочих информационных мероприятиях по тематике переработке отходов. Требования охраны труда и безопасности осуществления всех видов работ соблюдаются и постоянно контролируются. На полигоне и ЗУБРе используется ручной труд, который не исключает контакта с опасными отходами или микроорганизмами, условия работы осложнены конвейерной организацией условий работы, неприятным запахом и низкими температурами воздуха в помещении.

Ресурсная ценность – 3R: уменьшение, вторичное использование, переработка оценивается одним количественным и одним качественным показателями. Уровень переработки отходов составляет 26,07 %, что соответствует среднему уровню. Качество переработки отходов также соответствует среднему уровню, и оценивалось по шести индикаторам: источник разделения «сухих» ВМР, качество органических вторичных материалов, ориентация на высшие уровни пирамиды обращения с отходами, интеграция местных жителей и неформального сектора в систему обращения с отходами, защита окружающей среды в секторе переработки ВМР, охрана труда рабочих. Раздельно собирается не более 1 % коммунальных отходов в местах их образования. Из смешанных отходов извлекается около 5 % ВМР. Включая ВМР, собранные на приемных пунктах, доля извлекаемых ВМР

составляет около 14-15 % от общего количества собираемых отходов. Органические отходы отдельно не собираются в местах их образования (исключение – частные домовладения, в части из которых жители собирают пищевые отходы для компостирования или кормления домашних животных). Местные жители и неформальный сектор в систему обращения с отходами вовлечены минимально. Местные жители обязаны соблюдать требования белорусского законодательства в сфере обращения с коммунальными хозяйствами, они могут собирать и сдавать на пункты приема ВМР, участвовать в субботниках и других мероприятиях по очистке территории от несанкционированных отходов, они могут жаловаться и подавать запросы.

Государственная политика и практические мероприятия в системе обращения с отходами в Беларуси направлены на максимальное вовлечение ВМР в экономический оборот, извлечение вторичных ресурсов из отходов, реализуется принцип расширенной ответственности производителя в отношении упаковки и товаров, потерявших свои потребительские свойства (прежде всего электронные отходы). Следует отметить, что перечень перерабатываемых и собираемых отдельно ВМР не очень велик, многие отходы не собираются, нет технологий по их переработке.

Включенность оценивалась двумя качественными показателями: включенность потребителя и включенность поставщиков услуг. Включенность потребителей соответствует среднему уровню и оценивалась следующими индикаторами: справедливость в предоставлении услуг, право быть услышанным, уровень вовлечения общественности, инструменты обратной связи с общественностью, уровень экологической культуры населения и эффективность в изменении моделей поведения.

Все граждане города имеют равные возможности в получении услуг по сбору, удалению и переработке отходов. Беларусь ратифицировала Орхусскую конвенцию, но часто ее требования выполняются формально и только частично. Уровень вовлечения общественности минимален и

заключается в участии в общественном совете МПРОС при обсуждении стратегических документов, включая программы по обращению с отходами. На всех остальных стадиях и этапах общественность не включается в процесс принятия решений. Механизмы обратной связи заключаются в возможности отправить запрос (или пожаловаться) в САП, ЖЭК, местные органы власти (горисполком или облисполком), горинспекцию или облкомитет МПРОС.

Экологическая культура населения относительно невысокая. С одной стороны, в стране существуют сложившиеся модели поведения, например, утилизация и переработка органических отходов в частных домовладениях; сбор и сдача ВМР на пункты приема. С другой – отдельный сбор отходов в местах их образования неэффективен, т.к. население выбрасывает смешанные отходы в контейнеры для отдельного сбора отходов. Проблему представляет замусоривание рекреационных и пригородных зон города жителями близлежащих домов. Новые привычки по отдельному сбору и новым требованиям по обращению с отходами постепенно прививаются благодаря популяризации и распространению информации о правилах обращения с отходами. Эффективность экологической пропаганды не очень высокая.

Включенность поставщиков услуг соответствует низкому/среднему уровню и оценивалась следующими индикаторами: правовые рамки, представленность частного бизнеса в секторе, роль неформального сектора и местных сообществ, баланс общественных и частных интересов в предоставлении услуг в секторе, коррупция. Беларусь имеет развитое законодательство в сфере обращения с отходами. Тем не менее, имеется путаница в терминах, отсутствует регулирование обращения ряда видов отходов, некоторые нормы законодательства носят декларативный характер. В Беларуси реализация принципа расширенной ответственности производителя началась относительно недавно, механизмы и инструменты непроработаны. Частный бизнес в секторе практически отсутствует. Частно-

государственное партнерство практически не реализуется. Неформальный сектор игнорируется. Неформальный сектор рассматривается только с точки зрения правонарушителей и всячески пресекается соответствующими методами. Общество практически не вовлекается в процесс принятия решений, местные сообщества не играют существенной роли в секторе и более того не распознаются как значимые игроки со стороны властей. Таким образом, в секторе отсутствует баланс интересов – как между частным и государственным сектором, так и между общественностью и местными органами власти. Коррупционность всех процессов в Беларуси низкая. Игровое поле одинаковое для всех, тем не менее, сектор не является открытым для всех заинтересованных сторон, присутствует лоббирование интересов.

Финансовая устойчивость соответствует низкому/среднему уровню и оценивалась следующими индикаторами: учет затрат, покрытие затрат из имеющегося бюджета, платежи от населения, приемлемость платежей для пользователей услугами, цена захоронения отходов, доступность инвестиций. В Беларуси существует перекрёстное субсидирование услуг по сбору и удалению отходов, система тарифов и платежей непрозрачна. Платежи населения покрывают затраты системы на 85 %, сектор является дотационным. Выделяемые бюджетные деньги едва покрывают необходимые текущие расходы. Инвестиции в секторе преимущественно государственные, небольшие по объему. Участие частных и зарубежных компаний незначительно.

Стоимость захоронения отходов очень низкая, что не стимулирует замену захоронения на другой способ переработки отходов, и не покрывает затраты на содержание полигона и осуществление природоохранных мероприятий. Экономические инструменты, стимулирующих переработку, сокращение образования либо предотвращение образования коммунальных отходов, не применяются. Тарифы на удаление и захоронение являются

приемлемыми для большинства населения, которое своевременно оплачивает соответствующие услуги. Доля неплательщиков не превышает четверти населения.

Действующие организации, проактивная политика включала оценку двух качественных показателей: соответствие национальному законодательству и местная институциональная согласованность. Национальное законодательство имеет средний уровень и оценивалось следующими индикаторами: законодательные и регулирующие документы, стратегии и программы, процедуры внедрения и инструкции (руководства) для внедрения, национальный орган, ответственный за внедрение политики по обращению с отходами, контроль выполнения нормативных требований, внедрение принципа расширенной ответственности производителя. Как уже отмечалось, Беларусь имеет развитую систему законодательства в сфере обращения с отходами, которое, тем не менее, не лишено недостатков. Обращение с отходами регулируется государственными стратегиями и программами, которые разрабатываются Министерством ЖКХ и МПРОС. Программы не согласованы и противоречат друг другу. Системы прогнозирования не существует, все документы ориентируются на достигнутые цели, не принимая во внимания движущие силы развития сектора. Технические требования и руководства для сектора обращения с отходами разработаны и применяются на практике. Система планирования включает программы национального, областного и местного уровня. Основной проблемой реализации программ является их неэффективное исполнение. Ответственность и контроль за обращение с отходами несут несколько агентств – Министерство ЖКХ и МПРОС, местные органы исполнительной власти.

Местная институциональная согласованность соответствует среднему уровню и оценивалась следующими индикаторами: организационная структура и ее согласованность, институциональный потенциал, наличие

интегрированного плана управления обращением с отходами на местном уровне, доступность и качество данных о системе обращения с отходами, управление и контроль предоставлением услуг, региональное сотрудничество. Уровень интеграции между различными регионами Беларуси в сфере переработки отходов очень высок. Сложилась организационная структура управления сектором на местном уровне. Организации, несущие ответственность за обращение с отходами, выполняют и другие обязанности, что снижает эффективность работы системы. Интегрированный план управления отходами на местном уровне не разрабатывается, цели города в сфере обращения с ТКО не заявлены. Ведущаяся статистика разрознена, не охватывает все аспекты системы обращения с отходами, хранится в разных организациях, при этом применяются различные единицы измерения, многие данные недоступны либо отсутствуют.

2.2 Разработка полигона по захоронению твердых коммунальных отходов

В настоящее время действующий полигон ТКО города Бобруйска «Бабино», построенный в 1984 году площадью 14,3 га переполнен и превышает свою проектную мощность. В связи со сложившейся ситуацией город нуждается в новом экологически безопасном полигоне по захоронению твёрдых коммунальных отходов.

Поэтому был разработан новый полигон ТКО на основе ТКП 17.11-02-2009.

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Анализ системы обращения с коммунальными отходами в Могилеве

Методология оценки системы обращения с ТКО, разработанная ООН-Хабитат была протестирована на 25 городах, результаты для 22 из них были опубликованы в работах. Для оценки были отобраны города со всех континентов и с разным уровнем дохода на душу населения. Сравнительный анализ дал интересные и несколько неожиданные результаты, включая значительный уровень переработки отходов в странах с низким уровнем доходов за счет неформального сектора, и значительную пестроту в оценке элементов управления даже в странах с высоким уровнем доходов.

На рис. 2 представлена сравнительная оценка результатов анализа системы обращения с отходами в Могилеве и странах с доходами ниже среднего, выше среднего и высокого уровня. Для сравнения были

использованы города, для которых оценка системы обращения с отходами проводилась по модифицированной методике, представленной в работе. Как показывает рис. 2, эффективность системы обращения с отходами в Могилеве в целом соответствует уровню городов со средним уровнем доходов. Для всех сравниваемых городов характерны более высокие значения физических компонентов системы обращения с отходами, и более низкие – системы управления. Санитарные требования выполняются на высоком уровне во всех городах. За исключением Лагоре, охват населения услугами по сбору и удалению отходов либо равен, либо приближается к 100 %.

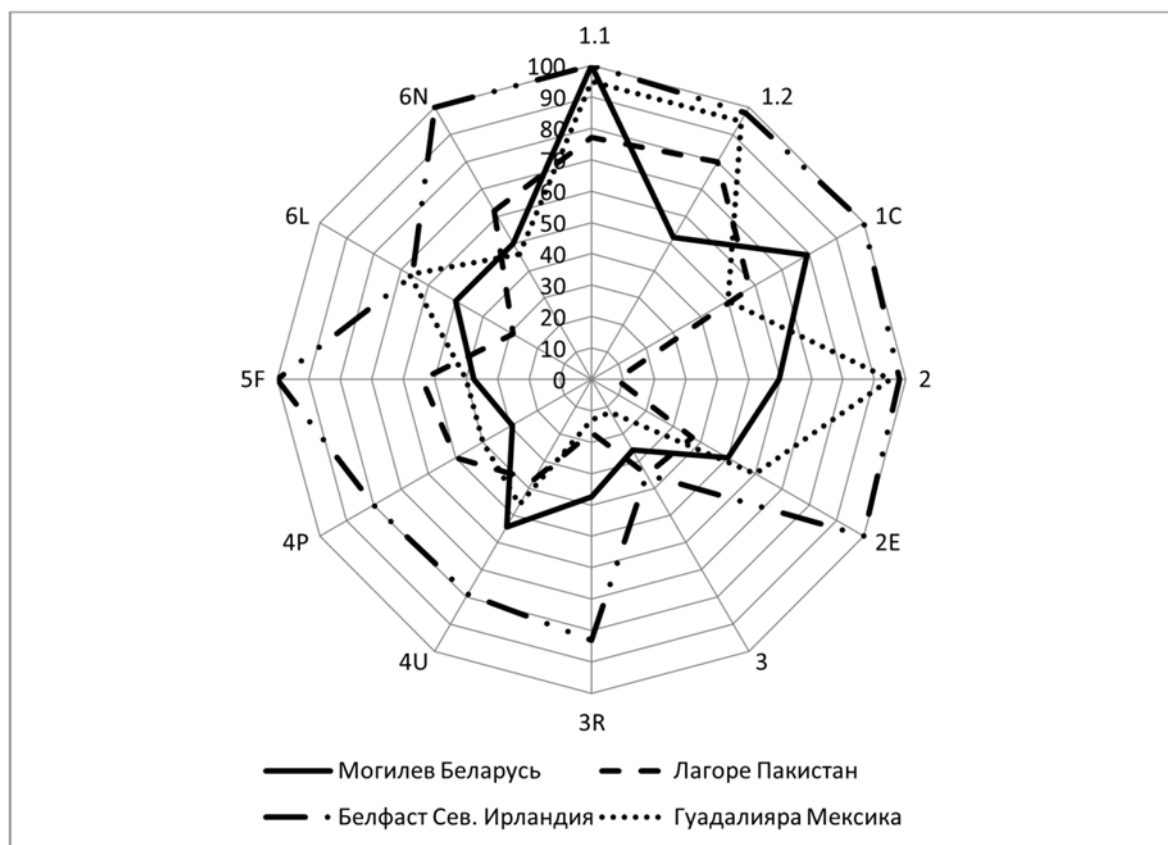


Рис. 2 Сравнительная оценка системы обращения с коммунальными отходами в городах со средним и высоким уровнем доходов

По количеству отходов, попадающих в систему обращения, Могилев занимает последнее место среди анализируемых городов. Частично такая

оценка связана с отсутствием объективных данных обо всех источниках образования отходов и их количестве, собираемых и удаляемых в системе: учитываются только собранные и удаленные отходы, ВМР не относятся к отходам, их учет производится в других статистических формах, объемы отходов в несанкционированных местах их хранения не оцениваются, анализ неформального сектора обращения ВМР не осуществляется, поэтому оценки как по объему образования отходов, так и по их количеству, попадающих в систему, не являются точными, что может влиять на конечный результат. По качеству предоставляемых услуг Могилев занимает более высокий уровень, чем Лагоре и Гуа-далияра, но более низкий, чем Белфаст.

Контролируемая переработка и захоронение варьируют от 8 в Лагоре до 98 баллов в Белфасте. Могилев занимает средний уровень, т.к. все собираемые отходы проходят первичную переработку. Качество защиты окружающей среды в процессе переработки и захоронения отходов варьирует от 37 баллов в Лагоре до 100 в Белфасте, в Гуадалияре и Могилеве этот показатель имеет средние значения. Переработка отходов выбрана в качестве приоритетного направления обращения с отходами во всех анализируемых городах, но уровень переработки отходов в целом невелик и изменяется от 12 до 35 баллов. По качеству переработки отходов выделяется Белфаст с оценкой 83 балла, Лагоре и Гуадалияра характеризуются невысоким качеством переработки отходов (17 и 13 баллов соответственно), а Могилев – средним (37,5). В Беларуси осуществляется политика по максимальному вовлечению вторичных ресурсов в экономический оборот, в результате которой в стране собирается и перерабатывается значительное количество отходов; в тоже время несовершенство инструментов управления секторов снижает суммарную оценку данного показателя.

Оценка показателей системы управления для всех городов соответствует среднему уровню, Белфаст имеет более высокие значения практически по всем индикаторам. Включенность потребителей варьирует от

37 в Лагоре до 79 баллов в Белфасте, и имеет среднее значение для Могилева (54,2). Суммарную оценку по этому показателю снижает невысокая экологическая культура населения, а также низкая вовлеченность общественности в процесс принятия решений в сфере обращения с коммунальными отходами. Включенность поставщиков услуг для Лагоре, Гуадаляре и Могилеве колеблется от 37,5 до 54, т.е. в целом имеет более низкие значения по сравнению с включенностью потребителей. Относительно невысокое значение показателя обуславливает либо неразвитость системы национального законодательства и отсутствие стратегических документов, либо (как для Беларуси) низкое участие частного бизнеса в сборе и переработке отходов.

Финансовая устойчивость – наиболее критичный показатель для Могилева, для остальных городов со средним уровнем доходов имеет средние значения от 40 до 50 баллов. Низкая оценка данного индикатора обусловлена не только низкими тарифами на услуги по сбору, удалению и захоронению отходов, но и продолжающимся перекрестным субсидированием населения, что в итоге снижает финансовую устойчивость сектора.

Национальное законодательство и местная институциональная согласованность – еще один из показателей управления, который имеет относительно невысокие значения во всех анализируемых городах. Основными причинами являются несогласованность и противоречия в нормативных документах, дефициты реализации национальной политики, отсутствие единого национального органа, ответственного за обращения с отходами, отсутствие достоверных статистических данных о системе обращения с коммунальными отходами.

Апробация методики оценки системы обращения с отходами для разных городов продемонстрировала ее применимость для оценки городов с различным уровнем доходов населения, различной институциональной

системой и при отсутствии детальных количественных данных о системе обращения с отходами. Нехватка актуальных и подробных данных о системе обращения с отходами является типичной проблемой для городов в развивающихся странах. На практике это может стать как барьером для действий, так и причиной неверных допущений, ведущих к действиям в неправильном направлении. Результаты оценки могут служить отправной точкой в поиске направлений совершенствования системы, а также является рабочим инструментом мониторинга системы, который позволяет фиксировать прогресс в реализации запланированных мероприятий интегрированного плана управления ТКО в городе.

3.2 Расчет проектной вместимости и площади объекта захоронения твердых коммунальных отходов

Исходные данные:

Рассчитаем вместимость и площадь полигона по захоронению твердых коммунальных отходов для города Бобруйска.

Расчетный срок эксплуатации объекта захоронения твердых коммунальных отходов: $T = 20$ лет. Годовая удельная норма накопления твердых коммунальных отходов от жилых зданий и непромышленных объектов на год проектирования:

$U_1 = 1,1 \text{ м}^3/\text{чел. год}$. Количество обслуживаемого населения на год проектирования: $N_1 = 218$ тыс. чел., прогнозируется через 20 лет с учетом близко расположенных населенных пунктов: $N_2 = 232$ тыс. чел. Высота складирования отходов на объекте захоронения твердых коммунальных отходов, предварительно согласованная с архитектурно-планировочным управлением, составляет: $H_{\Pi} = 40 \text{ м}$.

1. Расчет проектной вместимости объекта захоронения твердых коммунальных отходов, E_T .

Вместимость объекта E_T на расчетный срок определяется по формуле:

$$E_T = (Y_1 + Y_2) / 2 * (H_1 + H_2) / 2 * T * K_2 / K_1 = (Y_1 + Y_2) * (H_1 + H_2) * T * K_2 / 4K_1 \quad (1)$$

где: Y_1 и Y_2 - удельные годовые нормы накопления отходов по объему на 1-й и последний годы эксплуатации, м³/чел. год;

H_1 и H_2 - количество обслуживаемого полигоном населения на 1-й и последний годы эксплуатации, чел.;

T - расчетный срок эксплуатации полигона, лет;

K_1 - коэффициент, учитывающий уплотнение отходов в процессе эксплуатации полигона на весь расчетный срок эксплуатации;

K_2 - коэффициент, учитывающий объем наружных изолирующих слоев грунтов (промежуточный и окончательный).

Определение значений параметров, отсутствующих в исходных данных. Удельная годовая норма накопления отходов по объему на 2-й год эксплуатации объекта захоронения твердых коммунальных определяется из условия ее ежегодного роста по объему на 3 % (среднее значение по Республике Беларусь – 3–5 %).

$$Y_2 = 1,1 * (1,03) * 20 = 1,1 * 1,805 = 1,99 \text{ м}^3/\text{чел. год.}$$

Коэффициент K_1 , учитывающий уплотнение отходов в процессе эксплуатации объекта захоронения твердых коммунальных на весь расчетный срок эксплуатации (если $T = 15$ лет), принимаем по таблице 3 с учетом применения для уплотнения бульдозера массой 14 т: $K_1 = 4$.

Коэффициент K_2 , учитывающий объем изолирующих слоев грунта в зависимости от общей высоты, принимаем равным 1,18 согласно таблице 4.

Таблица 4 - Значение коэффициента K_1 , учитывающего уплотнение отходов в процессе эксплуатации полигона

Масса бульдозера или катка, т	Полная проектируемая высота полигона, м	K_1
3 – 6	20 - 30	3
12 – 14	менее 10	3,7
12 – 14	20 - 30	4
20 – 22	50 и более	4,5
Примечание - Значение K_1 приведены при соблюдении послойного уплотнения твердых коммунальных отходов, оседания в течение не менее 5 лет и плотности твердых коммунальных отходов в местах сбора $\rho_1 = 200 \text{ кг/м}^3$		

Таблица 5 - Значение коэффициента K_2 , учитывающего объем изолирующих слоев

Общая высота, м	5,25	7,5	9,75	12 ... 15	16 ... 49	40 ... 50	Более 50
K_2	1,37	1,27	1,25	1,22	1,2	1,18	1,16

Примечание - При обеспечении работ по промежуточной и окончательной изоляции полностью за счет грунта, разрабатываемого в основании полигона, К (2=1). В табл. слой промежуточной изоляции принят 0,25 м. При применении катков КМ-305 допускается слой промежуточной изоляции 0,15 м

Проектируемая вместимость полигона E_T составляет:

$$E_T = (1,1 + 1,99) * (218000 + 232000) * 20 * 1,18 : 16 = 2050987 \text{ м}^3.$$

2. Расчет требуемой площади земельного участка объекта захоронения твердых коммунальных отходов.

Площадь участка складирования отходов $\Phi_{у.с.}$ определяется по формуле:

$$\Phi_{у.с} = 3E_T : H_{\Pi},$$

где: 3 - коэффициент, учитывающий заложение наружных откосов 1:4;

H_{Π} - высота складирования отходов на объекте захоронения твердых коммунальных отходов, равная 40 м.

Площадь земельного участка складирования отходов $\Phi_{у.с.}$ на объекте захоронения твердых коммунальных отходов составляет:

$$\Phi_{у.с} = 3 * 2050987 : 40 = 153824 \text{ кв. м} = 15,3 \text{ га}.$$

Требуемая площадь объекта захоронения твердых коммунальных отходов составит:

$$\Phi = 1,1 * \Phi_{y.c} + \Phi_{доп} , (2)$$

где: 1,1 - коэффициент, учитывающий полосу вокруг участка складирования;

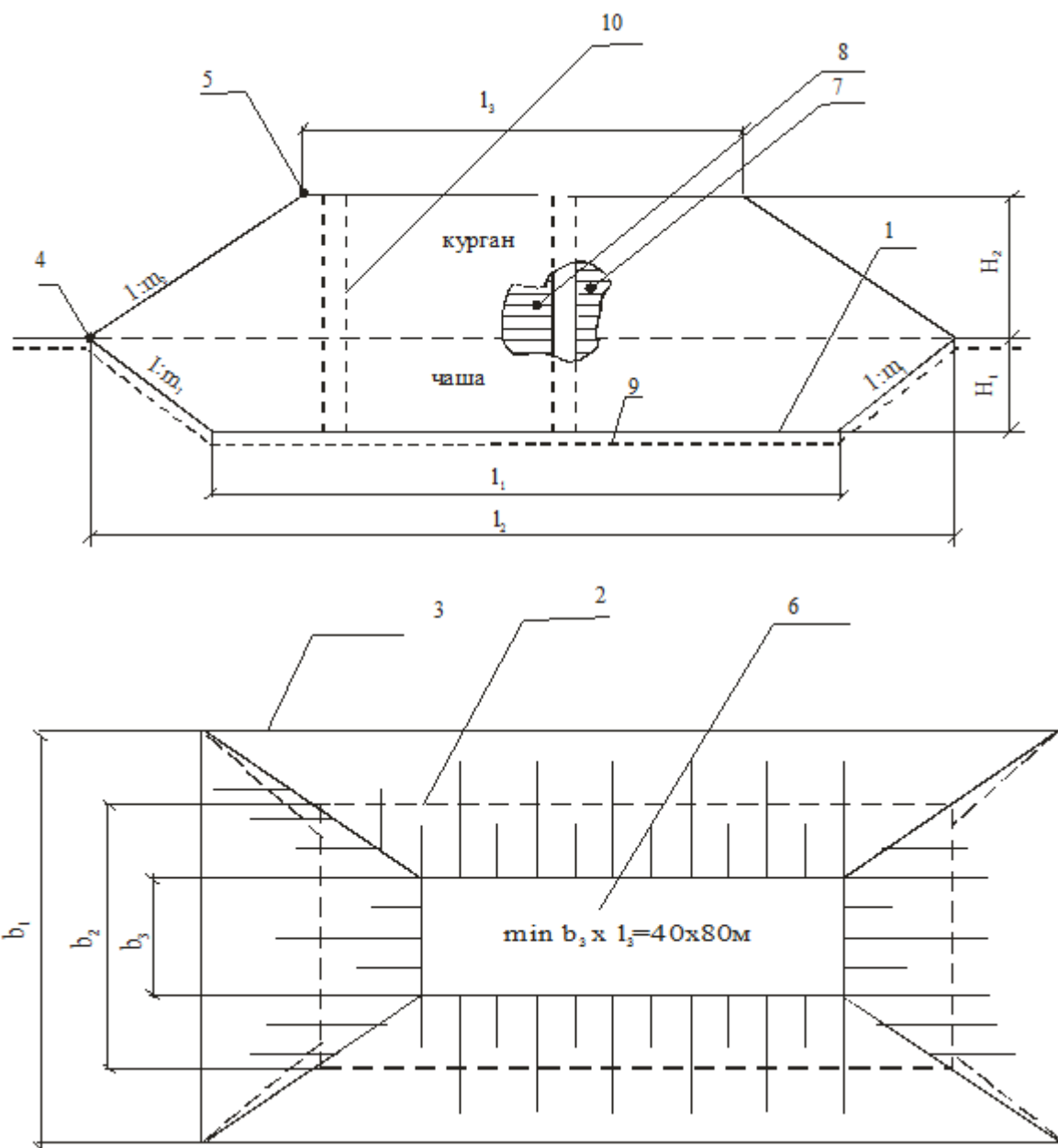
$\Phi_{доп}$ - площадь участка хозяйственной зоны и площадки мойки контейнеров.

$$\Phi = 1,1 * 15,3 + 1,0 = 17,83 \text{ га.}$$

В состав сооружений полигона ТБО входят чаша и курган (рисунок 2.1). Чаша представляет собой выемку с изолирующим экраном для защиты грунтовой среды от фильтратной жидкости. Глубина выемки и высота кургана рассчитываются исходя из предполагаемого объема накопления отходов в течении 15-25 лет., на расчетный период 15 лет приводятся в таблице 6.

Таблица 6 – Ориентировочные значения величин площади участка складирования, га

Количество проживающих, тыс. чел.	Высота складирования отходов, м					
	12	20	25	35	45	60
50	6,5	4,5-5,5	–	–	–	–
100	12,5	8,5	6,5-7,5	–	–	–
250	31,0	21,0	16,0	11,5	–	–
500	61,0	41,0	31,0	23,0	16,5-20	–
750	91,0	61,0	46,0	34,0	26,0	–
1000	121,0	81,0	61,0	45,0	35,0	27,0-31,0



- 1 – дно скважины;
- 2 – нижний периметр (контур) чаши;
- 3 – верхний контур чаши (нижний периметр кургана);
- 4 – бровка откоса чаши (подошва откоса кургана);
- 5 – бровка откоса кургана;
- 6 – верхняя площадка;
- 7 – рабочий пласт ТО мощностью 2 м;
- 8 – изоляционный слой грунта толщиной 0,25 м;
- 9 – водопроницаемый экран;
- 10 – колодец сбора биогаза

Рис. 3 – Схема полигона ТКО

Высота откоса H_1 при устройстве строительного котлована под будущую чашу определяется по методу круглоцилиндрических поверхностей скольжения для заданного коэффициента устойчивости η (формула проф. Г.И. Тер-Степаняна – проф. М.Н. Гольдштейна):

$$\eta = f \cdot A + \left[\frac{c}{\gamma H_1} \right] B, \quad (1)$$

где f – коэффициент внутреннего трения, $f = \operatorname{tg} \varphi$;

φ – угол внутреннего трения грунта основания, град;

c – удельное сцепление, кПа;

γ – собственный вес грунта, кН/м³;

A и B – коэффициенты, зависящие от геометрических размеров сползающего клина, при условии прохождения поверхности скольжения через подошву откоса (принимаются по таблице 7).

Таблица 7 – Коэффициенты, зависящие от геометрических размеров сползающего клина

Заложение откоса, 1: m_1	1:1	1:1,25	1:1,5	1:1,75	1:2	1:2,25	1:2,5	1:2,75	1:3
A	2,37	2,64	2,64	2,87	3,23	3,19	3,53	3,59	3,59
B	5,79	6,05	6,50	6,58	6,70	7,27	7,30	8,02	8,91

Исходя из формулы (1) высота откоса H_1 котлована при принятом значении величины η

$$H_1 = c \cdot B / \gamma \cdot (\eta - f \cdot A) = 17 \cdot 6,05 / 17,2 \cdot (1,6 - \operatorname{tg} 25^\circ \cdot 2,64) = 16,2 \text{ м} \quad (2)$$

Контуры кургана назначаются исходя из рекомендуемого заложения его откосов $m_2 = 1:3 - 1:4$.

Высота складирования H_2 , м, определяется из условий заложения внешних откосов 1: m_2 и необходимости иметь размеры верхней площадки не менее 40х80 м для обеспечения работы мусоровозов и бульдозеров. Каждый

пласт ТБО имеет мощность 2 м, а на него укладывают изоляционный грунтовый слой толщиной 0,25 м.

Расчет вместимости полигона и объема отходов

1) В соответствии с количеством жителей города и с учетом табл. Рассчитывается площадь участка прямоугольной формы. Принято, что наиболее экономичны земельные участки, близкие по форме к прямоугольнику с соотношением сторон $l_2 : b_2 = (2,1 - 1,7) : 1$.

2) После установления длины l_2 и ширины b_2 земельного участка определяются размеры строительного котлована (чаши). Его глубина H_1 определяется по формуле (2).

Размеры площади дна котлована:

$$l_1 = l_2 - 2 \cdot [H_1 / (1:m_1)] = l_2 - 2 \cdot m_1 \cdot H_1 = 554 - 2 \cdot [16,2 / (1:2,75)] = 464 \text{ м} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} b_1 &= b_2 - 2 \cdot [H_1 / (1:m_1)] = b_2 - 2 \cdot m_1 \cdot H_1 = \\ &= 277 - 2 \cdot [16,2 / (1:2,75)] = 187 \text{ м} \end{aligned} \quad (4)$$

Размеры верхней площадки кургана:

$$l_3 = l_2 - 2[H_2 / (1:m_2)] = l_2 - 2 \cdot m_2 \cdot H_2 = 554 - 2 \cdot 2,75 \cdot 20 = 444 \text{ м} \quad (5)$$

$$b_3 = b_2 - 2[H_2 / (1:m_2)] = b_2 - 2 \cdot m_2 \cdot H_2 = 277 - 2 \cdot 2,75 \cdot 20 = 167 \text{ м} \quad (6)$$

3) Объем V_1 , м³, чаши захоронения (формула как для усеченной правильной пирамиды):

$$\begin{aligned} V_1 &= 1/3 \cdot (S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 \cdot S_2}) \cdot H_1 = \\ &= 1/3 \cdot (86768 + 153824 + 115529) \cdot 16,2 = 1923054 \text{ м}^3 \end{aligned} \quad (7)$$

где S_1 – площадь дна котлована, $S_1 = b_1 \cdot l_1$, м²;

S_2 – площадь сечения в уровне бровки откоса чаши, $S_2 = b_2 \cdot l_2$, м².

4) Объем V_2 , м³, кургана захоронения:

$$V_2 = 1/3 \cdot (S_2 + S_3 + \sqrt{S_2 \cdot S_3}) \cdot H_2 =$$
$$1/3 \cdot (153824 + 74148 + 106767) \cdot 20 = 2231797 \text{ м}^3 \quad (8)$$

где S_3 – площадь сечения в уровне верхней площадки, м².

5) Общая вместимость полигона V , м³

$$V = V_1 + V_2 = 4154851 \text{ м}^3 \quad (9)$$

6) Потребность в изолирующем материале (грунте) определяется по формуле:

$$V_{\text{ГР}} = V \cdot (1 - 1/\kappa) = 4154851 \cdot (1 - 1/1,25) = 830970 \text{ м}^3 \quad (10)$$

где κ – коэффициент коррекции вместимости полигона вследствие введения слоя грунта изоляции ($\kappa = 1,25$).

7) Общий объем складирования отходов на полигоне $V_{\text{ТБО}}$, м³

$$V_{\text{ТБО}} = V - V_{\text{ГР}} = 4154851 - 830970 = 3323880 \text{ м}^3 \quad (11)$$

Расчет выделяющегося биогаза

В толще складированной массы отходов идет биотермический анаэробный процесс распада органических веществ. Конечным продуктом этого процесса является биогаз, основу которого составляют метан и диоксид углерода. Биогаз также содержит пары воды, сероводород, аммиак, оксид углерода, оксиды азота и ряд других примесей вредных для здоровья человека. Ориентировочная продолжительность периода образования биогаза составляет 10-30 лет, а максимальное выделение его с поверхности полигона приходится на седьмой год хранения.

1) Объем V_3 , м³, масса M_3 , т, образующегося в течение года биогаза:

$$V_3 = M_{\text{ТБО}} * W_{\text{уд}} = 2492910 * 5,1 = 12713843 \text{ м}^3 \quad (12)$$

где $M_{\text{ТБО}}$ – масса ТБО, завезенная на полигон:

$$M_{\text{ТБО}} = V_{\text{ТБО}} * \rho_{\text{ТБО}} = 3323880 * 0,75 = 2492910 \text{ т} \quad (13)$$

где $\rho_{\text{ТБО}}$ – плотность отходов ($\rho_{\text{ТБО}} = 0,75$);

$W_{\text{уд}}$ – удельный выход биогаза ($W_{\text{уд}} = 5,1 \text{ м}^3/\text{т}$).

$$M_3 = V_3 * \rho_3 = 12713843 * 1,248 = 15866876 \text{ кг} \quad (14)$$

где ρ_3 – плотность биогаза ($\rho_3 = 1,248 \text{ кг/м}^3$).

2) Суточные объем $V_{3,C}$ и масса $M_{3,C}$ биогаза

$$V_{3,C} = V_3 / 365 = 12713843 / 365 = 34832 \text{ м}^3 \quad (15)$$

$$M_{3,C} = V_{3,C} * \rho_3 = 34832 * 1,248 = 43470 \text{ кг} \quad (16)$$

3) Расчет выбросов основных загрязняющих ингредиентов в атмосферу (для метана):

$$M_i = M_{\text{ТБО}} * M_{Bi} / 100000 = 2492910 * 115,69 / 100000 = 2884 \text{ т} \quad (17)$$

где M_{Bi} – параметр выброса i -го вещества, принимаемый по данным табл. 8.

Таблица 8 – Параметры выбросов основных загрязняющих веществ в атмосферу полигоном ТБО, вместимостью 100000 т

Наименование веществ	ПДК _{МР} , мг/м ³	ПДК _{СС} , мг/м ³	Класс опасности	Выброс, M_{Bi} , т/год
Азота диоксид	0,085	0,04	2	0,70973
Аммиак	0,2	0,04	4	0,39108
Ангидрид сернистый	0,5	0,05	3	0,05
Бензол (C ₆ H ₆)	1,5	0,1	2	0,00114
Дихлорэтан	3	1	2	0,048
О-крезол	0,028	–	2	0,1176

Метан	100	25	4	115,69
Метилбензол (толуол)	0,6	0,6	3	0,1
Пропан	100	25	4	0,02
Сероводород	0,008	–	2	0,0652
Углерода оксид	3	3	4	1,2
Хлорэтан	–	0,2	4	0,044

Сточные воды полигона

В результате протекания процесса анаэробного разложения ТБО и проникновения внутрь тела полигона воды и влаги образуется фильтрат, представляющий собой темную, дурно пахнущую жидкость. Основными источниками образования сточных вод полигона являются:

- атмосферные осадки;
- избыточная влага складированных отходов, удаляемая из них при укладке с уплотнением (отжимаемая жидкость);
- потребление воды на хозяйственно-бытовые нужды.

1) Суточный объем $V_{4,\phi}$, м³, выделяющегося с уложенной массы отходов фильтрата:

$$V_{4,\phi} = \kappa_1 * (Q_1 + Q_2) / 365 = 0,1 * (153824 * 0,62 + 2880) / 365 = 26,9 \text{ м}^3 \quad (18)$$

где κ – коэффициент, учитывающий влагопоглощающую и испарительную способность бытовых отходов ($\kappa = 0,1 - 0,15$);

Q_1 – суммарное годовое количество осадков, выпадающих на поверхность отходов, м³/год

$$Q_1 = S_2 \cdot \bar{h},$$

где $\bar{h}$ – среднегодовая норма осадков, м;

Q_2 – суммарное годовое количество прочих вод, распределяемых по поверхности отходов, м³/год;

$$Q_2 = K_L * N * n_M = 0,06 * 160 * 300 = 2880 \text{ м}^3/\text{год} \quad (19)$$

где K_L – расход воды на мойку одного контейнера ($K_L=0,06 \text{ м}^3$);

N – число контейнеров в сутки;

n_m – число дней в году, когда осуществляется мойка контейнеров ($n_m=160$).

2) Содержание веществ в фильтрате по видам для проектируемого полигона за сутки Q_c , кг и за год $Q_{г,T}$, при хранении отходов (для нитратов):

$$Q_c = 10^{-3} * V_{4,ф} * C_{ф} = 10^{-3} * 26,9 * 500 = 13,4 \text{ кг} \quad (20)$$

$$Q_{г} = Q_c * 365 = 13,4 * 365 = 4909,25 \text{ кг} \quad (21)$$

где $C_{ф}$ – содержание вещества, принимаемое по данным таблицы 9.

Таблица 9 – Концентрация вещества в фильтрате

Наименования веществ	Концентрация вещества в фильтрате, $C_{ф}$, мг/л		
	ПДК	в период образования	при хранении
Хлориды	350,0	1550-3000	1550-3000
Сульфаты	500,0	300-500	5-30,0
Взвешенные частицы	0,75 к фону	130-600,0	130-600,0
Железо общее	0,3	50,0	4-25
Медь	0,5	0,08-2,0	0,08-2,0
Цинк	1,0	0,6-1	0,3-0,5
Марганец	0,1	0,8-1,2	0,8-1,2
Никель	0,1	0,2-0,4	0,2-0,4
Фосфаты	3,5	8,5-15	8,5-15
Азот аммонийных солей	1,0	100-1200	100-1200
Азот нитратов	10,2	70-500	70-500
Хром	0,5	0,11-0,5	0,11-0,5
Нефтепродукты	0,3	0,7-1,0	–

Мероприятия по защите окружающей среды от воздействия полигона ТКО

Мониторинг выбросов

В процессе образования выбросов загрязняющих веществ полигоном ТБО осуществляют контроль за:

- работой технологического оборудования;
- соблюдением регламентов технологического процесса;
- составом атмосферного воздуха и химизмом грунтовых вод по внешнему периметру границы СЗЗ.

Отвод биогаза

Для исключения скопления биогаза в теле полигона предусматривается его отвод через сеть дегазационных колодцев. За основу конструкции приняты сборные железобетонные колодцы диаметром 1 500 мм.

На поверхности защитного экрана устанавливается плита днища диаметром 2 м, на ней монтируются ж/б кольца. Монтаж колец производится без заделки стыков, с засыпкой внутренней полости щебнем (гравием). С наружной стороны выполняется фильтрующая обсыпка кольцевым слоем толщиной 0,15-0,35 м. Перед укладкой изолирующего слоя в массу отходов укладывают радиальные газопроводы из полиэтиленовых труб диаметром 300 мм с выводом их в дегазационные вертикальные колодцы. Законченный колодец сверху перекрывают шатровой крышкой с газовыпуском.

Разогретый внутри массива отходов до 40-50°C биогаз легче воздуха. Из толщи отходов по газопроводам, фильтрующую обсыпку и неплотности ж/б колец он проникает во внутреннюю полость колодцев и поднимается вверх. Отвод его в атмосферу осуществляется через дефлекторы.

Сбор и обезвреживание фильтрата

Жидкий сток с участка захоронения отходов собирается специальной дренажной системой из перфорированных пластмассовых труб. Далее по сборному магистральному коллектору он самотеком сбрасывается в колодцы – отстойники за пределы карты складирования.

В качестве первой ступени обезвреживания фильтрата используется подача его на поверхность свалки (как одна из самых дешевых и ускоряющих

процесс стабилизации свалки технологий). В колодце-отстойнике монтируется насос. В летний период стоки перекачиваются в сборно-разборную систему трубопроводов. Из перфорированных труб диаметром 76 мм обеспечивается разлив по поверхности карт складирования полигона. Распределение стока допускается из расчета до 30 м³/сут на участок площадью 1 га в течение 6 месяцев в году.

Излишки стоков фильтрата удаляются из колодцев сбора ассенизационной машиной и вывозятся на городские очистные сооружения.

Для отвода потока незагрязненных атмосферных и талых вод с участка и предотвращения подтопления полигона по его периметру устраиваются бетонные лотки сечением 0,5х0,5 м со сбором вод в понижения рельефа.

Рекультивация полигонов

Процесс рекультивации захороненных отходов начинается после завершения складирования и перехода свалочного материала в стабилизированное состояние и состоит из двух этапов – технического и биологического.

На первом этапе выполняются геологические, гидрогеологические, геофизические, ландшафтно-геохимические исследования. Этот этап включает также планировку, формирование откосов, строительство дорог, гидротехнических и др. сооружений. На биологическом этапе осуществляются работы по восстановлению нарушенных земель.

Территории полигонов используют в сельском и лесном хозяйстве, в строительстве. Жилищное строительство может быть допущено на территории полигона только после проведения соответствующих санитарно-бактериологических исследований.

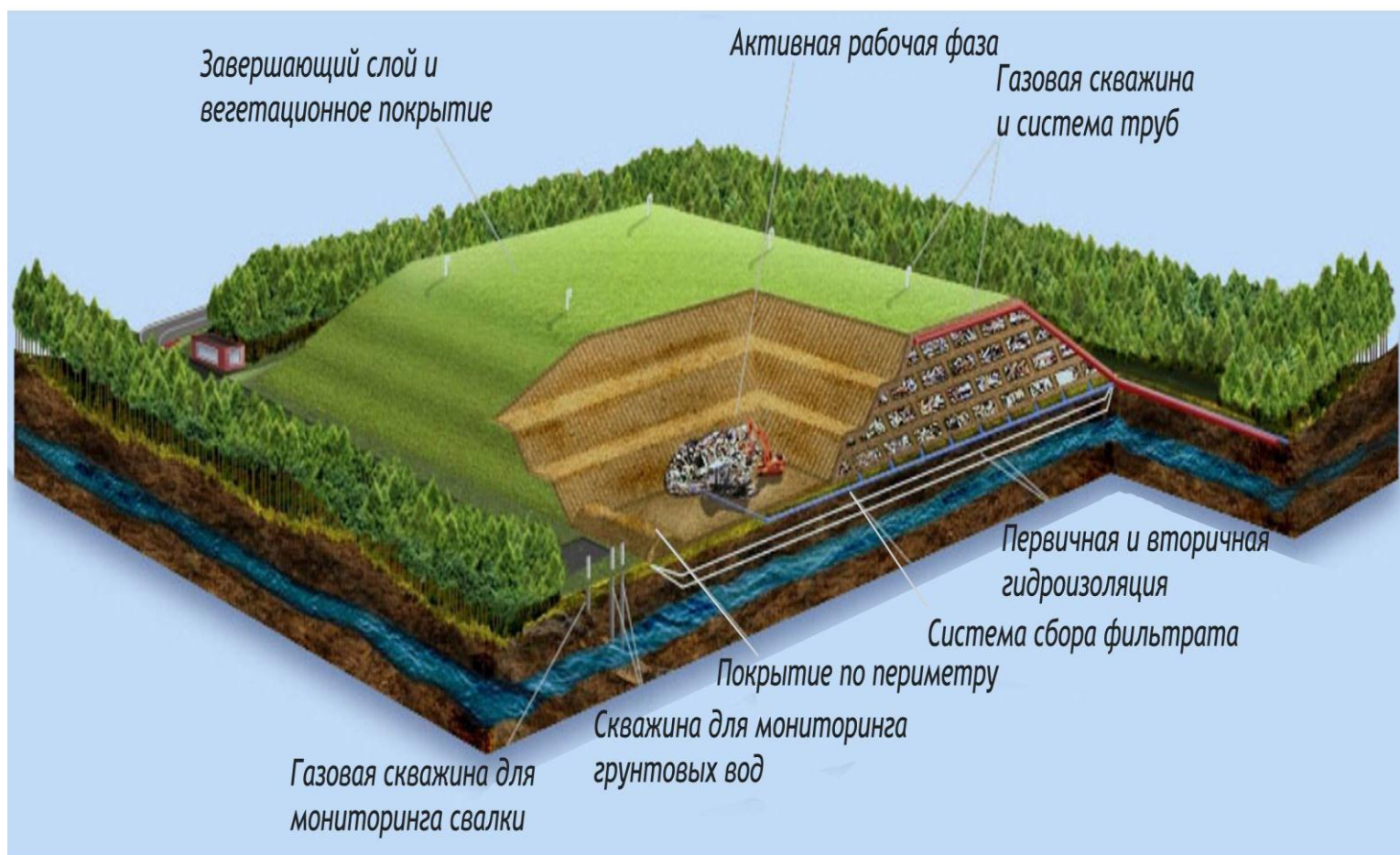


Рис. 4 – Устройство в разрезе полигона твердых коммунальных отходов после завершения использования



Рис. 5 – Предлагаемое место расположения нового полигона по захоронению ТКО в Бобруйском районе

Заключение

В данном исследовании была проанализирована система обращения с отходами в Беларуси. Были изучены проблемы захоронения твёрдых коммунальных отходов на полигонах Беларуси.

В нашей стране наиболее целесообразно использовать полигоны по захоронению ТКО, что дает значительный экологический и экономический эффект. Необходимо увеличивать их количество. С возможностью дальнейшей рекультивации этих земель. Строительство мусоросжигающих заводов и дальнейшее их использование на территории Республики Беларусь не совсем пригодно, т.к. такой вид обращения значительно загрязняет атмосферу, нанося экологический вред окружающей среде.

Была оценена система обращения с коммунальными отходами в Могилеве в соответствии с методикой ООН-Хабитат. Пять показателей (качество защиты окружающей среды в процессе переработки и захоронения отходов, уровень переработки, включенность потребителей, национальное законодательство, местная институциональная согласованность) соответствует среднему уровню, еще пять (количество отходов, попадающих в систему обращения, контролируемые переработка и захоронение, качество переработки, включенность поставщиков услуг, финансовая устойчивость) – уровню низкий/средний, один показатель (охват населения системой сбора ТКО) соответствует высокому уровню, еще один (качество услуг по сбору отходов) – средний/высокий. Сравнение системы обращения с отходами в Могилеве с другими городами показывает, что в целом эффективность управления отходами в Могилеве такая же, как в прочих городах со средним уровнем доходов. Оценка системы обращения с отходами позволяет выявить сильные ее стороны, которые могут лечь в основу мероприятий по

совершенствованию системы управления с отходами, а также наиболее слабые аспекты системы управления, которым необходимо уделить пристальное внимание.

Система обращения с коммунальными отходами в Могилеве имеет как сильные стороны (охват населения услугой по сбору и удалению отходов, качество предоставления услуг, уровень и качество переработки отходов), так и слабые (финансовая устойчивость, местная институциональная согласованность, включенность потребителей и поставщиков услуг). Особое внимание в дальнейшем совершенствовании системы обращения с отходами следует уделить вовлечению населения и общественных организаций в процесс принятия решений, повышению осведомленности и экологической культуры населения, прогнозированию, анализу и разработке стратегии интегрированного менеджмента отходов на местном уровне. На национальном уровне необходимо совершенствовать национальную систему законодательства в отношении коммунальных отходов. Одним из возможных решений проблем институциональной согласованности может стать создание единого агентства, ответственного за обращения коммунальных отходов, включая сбор и переработку вторичных материальных ресурсов. Важным аспектом совершенствования системы станет ведение статистических оценок, прогнозов и анализов всех потоков отходов, как вовлеченных, так и исключенных из системы (неформальный сектор обращения с ВМР, несанкционированные места захоронения отходов).

Было разработано экологически наиболее безопасный полигон по захоронению твердых коммунальных отходов для Бобруйска, рассчитаны его проектная вместимость и площадь, объем отходов, масса и объем выделяющегося биогаза, объем и содержание веществ в фильтрате.

Список использованной литературы

1. Об утверждении Концепции обращения с коммунальными отходами и вторичными материальными ресурсами: приказ Министерства жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь от 7 июля 2014 г. №78 // Информационный бюллетень Министерства жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь. - 2014. - № 9.

2. Закон Республики Беларусь 20 июля 2007 г. № 271-З Об обращении с отходами

3. ГОСТ 17.4.1.02-83. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения. - М.: Стандартинформ, 2008. - 4 с.

4. ГОСТ 30772-2004. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения,- М.: ИПК Издательство стандартов. - 38 с.

5. Санитарные нормы и правила Республики Беларусь. СанПиН 2.1.7.12-9-2006 Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для твёрдых коммунальных отходов

6. СанПиН 42-128-4433-87 «Санитарные нормы допустимых концентраций химических веществ в почве». Общесоюзные санитарно-гигиенические и санитарно-противоэпидемиологические правила и нормы. - М.,1987. - 32 с.

7. ТКП 17.11-02-2009. Объекты захоронения твердых коммунальных отходов правила проектирования и эксплуатации. – Издание официальное. – с.19-21.

8.Шушкевич, А.М., Состояние и перспективы развития отрасли обращения с отходами в Республике Беларусь.

9. Веретёнова, Ю.А. Обращение с производственными отходами в регионах Беларуси: особенности, проблемы и инновации в их решении (дипломная работа). – Минск, 2014. – 52 с.

10. Волынкина, Е.П. Кузнецов, С.Н. Анализ моделей управления отходами и разработка интегрированной модели для регионального управления твердыми бытовыми отходами
11. Коллективная монография Отходы – вторичные ресурсы: управление, экономика, организация Сумы, Сумский государственный университет 2013
12. Маркина, Н. А. Правовые основы организации государственного контроля в области обращения с отходами
13. Гнедов, А.Н. Правовые основы обращения с отходами Журнал «Главный Бухгалтер. Ревизор» № 1, 2005 г.
14. Михайлов, А.Г. Кириллова, Н. Н. Грот, М.Г. «Внедрение комплексной системы управления отходами и вторичными материальными ресурсами на территории Новгородской области»
15. Хомич, В.С. Ковальчик, Н.В. Кухарчик, Т.Н. Техногенные гидрогеохимические аномалии в зонах воздействия полигонов твердых отходов
16. Ларионов, Н. С. Комплексная оценка влияния свалки твердых коммунальных отходов г. Архангельска на компоненты природной среды К. Г. Боголицын, И.А. Кузнецова
17. Шаимова, А.М. Повышение экологической безопасности полигонов и свалок твердых коммунальных отходов Л.А. Насырова, Г.Г. Ягафарова
18. Ерошина, Д. М. В. В. Ходин, А. Л. Демидов БелНИЦ «Экология», г. Минск, Республика Беларусь Количественная оценка факторов экологических рисков от полигонов твердых коммунальных отходов
19. Малышевский, А.Ф. Обоснование выбора оптимального способа обезвреживания твердых коммунальных отходов жилого фонда в городах России
20. Шубов, Л.Я. Голубин, А.К. Девяткин, В.В. Погадаев, С.В. Концепция управления твердыми бытовыми отходами

21. Михайлов, А.Г. Н. Н. Кириллова, М.Г. Грот Система обращения с отходами, отходы производства и потребления, система очистки территорий, норма накоплений ТКО, полигон ТКО, методы транспортирования ТКО
22. Дорошко, С.В. А.Н.Гнедов, И.А.Калиновская Управление твердыми бытовыми отходами Минск 2010
23. Лебедева, А. А. Методика комплексной оценки системы обращения с отходами в населенных пунктах российской федерации
24. Неверо О., Отходы – горы мусора или золотое дно.
25. Демографический ежегодник Республики Беларусь: статистический сборник. Минск: Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2016. – 443 с.
26. Обзоры результативности экологической деятельности. Беларусь. Третий обзор. ECE/CEP/178. ООН, Нью-Йорк и Женева, 2016 год – 445 с.
27. Scheinberg A., Wilson D. C., Rodic L. Solid Waste Management in the World's Cities. Third edition in UN-Habitat's State of Water and Sanitation in the World's Cities Series / A. Scheinberg, D. C. Wilson, L. Rodic. – London and Washington DC: Earthscan for UN-Habitat, 2010. – 257 p.
28. Wilson, D.C. et al. 'Wasteaware' benchmark indicators for integrated sustainable waste management in cities / D. C. Wilson, L. Rodic, M. J. Cowing, C. A. Velis, A. D. Whiteman, A. Scheinberg, R. Vilches, D. Masterson, J. Stretz, B. Oelz // Waste Management. – 2015. – 35. – PP. 329-342. – doi: 10.1016/j.wasman.2014.10.006.
29. Wilson, D.C. et al. User Manual for Wasteaware ISWM Benchmark Indicators / D. C. Wilson, L. Rodic, M. J. Cowing, C. A. Velis, A. D. Whiteman, A. Scheinberg, R. Vilches, D. Masterson, J. Stretz, B. Oelz. // Waste management. Supporting information to Wilson, D.C. et al., 2015. – doi: 10.1016/j.wasman.2014.10.006.
30. Mihai, F-C., Ingraio, C. Assessment of biowaste losses through unsound waste management practices in rural areas and the role of home composting / F-C.

Mihai, C. Ingraio // Journal of Cleaner Production. – 2016. doi: 10.1016/j.jclepro.2016.10.163

31. Wilson, D. C. et al. Comparative analysis of solid waste management in 20 cities / D. C. Wilson, L. Rodic, A. Scheinberg, C.A. Velis, G. Alabaster // Waste Management & Research. – 2012. – 30(3). – PP. 237–254.

32. СП 2.1.7.1038-01. 2.1.7. Почва, очистка населенных мест, отходы производства и потребления, санитарная охрана почвы. Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для твердых коммунальных отходов. Санитарные правила. // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти, № 33, 13.08.2001..

33. Аппаратура для аналитического таллосодержащего сырья / А.Л. Якубович, В.П. Варварица, В.М.Залетин и др. // Экология и промышленность России. - 1999. - ноябрь - с. 24-27.

34. Базельская конвенция о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением (г. Базель, 22 марта 1989 г.). [Электронный ресурс]. URL: http://www.gosnadzor.ru/world/konv_baz.htm (дата обращения: 10.11.2011).

35. Ветеринарно-санитарные правила сбора, утилизации и уничтожения биологических отходов // Российские вести, № 35, 22.02.1996.

36. Вода. Индикаторные системы // В.М.Островская, О.А. Запорожец, Г.К. Будников и др. - М., 2002.

37. Временные методические рекомендации по проведению инвентаризации мест захоронения и хранения отходов в Российской Федерации. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.consultant.ru/online>

38. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест. Методические указания. МУ 2.1.7.730-99. - М., Минздрав РФ, 1999.

39. Гонопольский А.М., Мурашов В.Е., Зрянин А.А. Обезвреживание твердых органических отходов. Учебное пособие. - М.: МГУИЭ, 2008. - 426 с.

40. Гонопольский А.М. Процессы и аппараты защиты окружающей среды, инженерная защита окружающих территорий мегаполиса: Учебное пособие. - М.:МГУИЭ, 2004. - 368 с.

41.Золотов Ю.А., Иванов В.М., Амелин В.Г. Химические тест-методы анализа. - М.: Едиториал УРСС, 2002. - с. 144.

42.Золотов Ю.А. Скрининг массовых проб // Журнал аналитической химии. - 2001.-т. 56, № 8. - с.794.

43.Инженерно-экологические изыскания для строительства. СП 11-102-97. Госстрой России. - М., 1997.

44. Комплектация химико-аналитических, экологических, заводских и пищевых лабораторий. Прайс-листы. // Д.В. Красный, С.Ф. Галкин и др. - М.:НПП «Эконикс», 2004.

45. Критерии отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды // Бюллетень Министерства юстиции Российской Федерации. - 2001. - № 9.

46. Крюков А.В. Приоритетные направления в экологической оценке состояния окружающей среды районов резервации твердых коммунальных отходов// Тезисы докладов межотраслевых науч.-техн. конф., совещаний, семинаров «Экологическая защита городов». - М., 1996. - с.168-169.

47. Ливчак И.Ф., Воронов Ю.В. Охрана окружающей среды. Учебное пособие. - М.: Стройиздат, 1988.

48. Материалы конкурсной заявки МНЭПУ по направлению НИОКР: «НИОКР в области государственного контроля в сфере природопользования и экологической безопасности» (в рамках базового проекта ГК-4 «Совершенствование лабораторно-аналитического обеспечения

государственного контроля в области природопользования и охраны окружающей среды)), - М., 2002-2003 гг. - 25 с.

49. Методика проведения социально-гигиенического мониторинга. Методические рекомендации № 2001/83. // Экологический вестник России. - 2002. - № 2.

50. Методических рекомендации по выявлению деградированных и загрязненных земель [Электронный ресурс]. URL:<http://www.consultant.ru/online>

51. Мурашов В.Е. Захоронение отходов мегаполисов // Научно-практический журнал «ТКО». - 2007. - № 11. - с. 67-70.

52. Обращение с опасными отходами. Курс лекций: электронное учебное пособие для дистанционного обучения / К.Ф. Цейтин, В.Е. Мурашов, Л.А. Розумная и др. - М., 2010.

53. Основы организации таможенного контроля опасных отходов /под ред. Е.Ф. Галанжина. - М., 2000. -252 с.

54. Отходы производства и потребления. Экологическая безопасность: учебное пособие. Т. 2. / К.Ф. Цейтин, В.Е. Мурашов, И.М. Островкин и др. - М.: ГАСИС, 2009. - 410 с.

55. Оценка степени загрязнения почв химическими веществами. 4.1. Тяжелые металлы и пестициды,- М.: Минприроды РФ, 1992

56. Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых количеств (ОДК) химических веществ в почве. - М.: Минздрав РФ, 1993.

57. Радиационный контроль металлолома. Методические указания. МУК 2.6.1.1087-02. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.consultant.ru/online/>

58. Руководство по санитарно-химическому исследованию почв /под ред. Л.Г. Подуновой. - М., 1993.

59. Современное оснащение экоаналитического и санитарного контроля. Комплект прайс-листов. /Под ред. Б.В. Смолева. - СПб.: Крисмас+, 2002.

60. Фомин С.А., Галкин С.Ф., Машкович К.И. Технология и средства контроля загрязнения окружающей среды /В кн. «Мониторинг и методы контроля окружающей среды». Учеб. пособие, Часть 2. Специальная. - М.: Изд- во МНЭПУ, 2001.-с. 19.

61. Цейтин К.Ф., Мурашов В.Е., Островкин И.М. Отходы производства и потребления. Экологическая безопасность: учебное пособие. Т. 1. - М.: ГАСИС, 2009. - 408 с.