

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования «Витебский государственный
университет имени П.М. Машерова»
Кафедра экологии и географии

УПРАВЛЕНИЕ ОТХОДАМИ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ

*Методические рекомендации
к проведению практических работ*

*Витебск
ВГУ имени П.М. Машерова
2025*

УДК 658.567(076.5)
ББК 30.693я73
У67

Печатается по решению научно-методического совета учреждения образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова». Протокол № 1 от 08.09.2025.

Составитель: доцент кафедры экологии и географии ВГУ имени П.М. Машерова, кандидат биологических наук, доцент
И.А. Литвенкова

Рецензент:
заведующий кафедрой фундаментальной и прикладной биологии
ВГУ имени П.М. Машерова,
кандидат биологических наук, доцент *И.И. Ефременко*

У67 **Управление отходами производства и потребления : методические рекомендации к проведению практических работ /**
сост. И.А. Литвенкова. — Витебск : ВГУ имени П.М. Машерова, 2025. — 40 с.

Методические рекомендации подготовлены в соответствии с учебной программой учебной дисциплины «Управление отходами производства и потребления» для студентов, обучающихся по специальности 7-06-0521-01 Экология. Рассматриваются вопросы законодательной и нормативной базы, обеспечивающей управление отходами производства и потребления, вопросы обращения с отходами производства на предприятии, требования к захоронению твердых коммунальных отходов и рекультивации полигонов твердых коммунальных отходов.

Предназначено для студентов, обучающихся по экологическим специальностям, а также лиц, ведущих исследования в различных областях экологии.

УДК 658.567(076.5)
ББК 30.693я73

© ВГУ имени П.М. Машерова, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Практическая работа № 1. Определение состава отходов и расчет класса опасности	5
Практическая работа № 2. Инвентаризация твердых отходов предприятия	9
Практическая работа № 3. Расчет норматива образования отходов .	14
Практическая работа № 4. Разработка Инструкции по обращению с отходами для предприятия	19
Практическая работа № 5. Идентификация пластиковых отходов по их свойствам, рециклинг используемой полимерной упаковки ...	25
Практическая работа № 6. Расчет полигона размещения твердых коммунальных отходов	31
Практическая работа № 7. Рекультивация полигона твердых коммунальных отходов	38
ЛИТЕРАТУРА	39

ВВЕДЕНИЕ

Учебная дисциплина «Управление отходами производства и потребления» дает теоретические знания и практические навыки в области организации обращения с отходами производства и потребления. В ходе изучения учебной дисциплины последовательно раскрываются вопросы образования, утилизации и использования отходов.

Целью учебной дисциплины «Управление отходами производства и потребления» является расширение и обновление знаний о стратегии в области обращения с отходами, законодательной и нормативной базы, обеспечивающей управление отходами, углубление умений и навыков по определению опасных свойств и класса опасности отходов, разработки и внесения изменений в документацию по обращению с отходами.

В данном пособии студенты знакомятся с правовыми основами государственной политики в сфере обращения с отходами производства и потребления; организацией работ по обращению с отходами производства и потребления на предприятии или в организации; разработкой необходимых документов для предприятия в области обращения с отходами в соответствии с законодательством Республики Беларусь.

Пособие включает набор практических занятий, направленных на освоение методов обращения с отходами в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Управление отходами производства и потребления» для специальности 7-06-0521-01 Экология. В каждом практическом занятии приводятся общие положения (теоретические сведения), методики расчетов, собственно задания (задачи). Контролирующая часть включает список контрольных вопросов, на которые студенты должны ответить в письменной или устной форме. В конце пособия приводится список рекомендуемой литературы.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

Определение состава отходов и расчет класса опасности

Цель работы: определить морфологический и химический состав отходов в соответствии с заданием; рассчитать класс опасности отхода. Сравнить полученный результат с классом опасности, указанным в Классификаторе.

Контрольные вопросы:

1. На какие классы делятся отходы по степени воздействия на окружающую среду и человека? Дайте характеристику.
2. Перечислите основные параметры, по которым дается классификация отходов производства и потребления.
3. Что представляют собой отходы производства? Приведите примеры производственных отходов.
4. Что представляет собой идентификационный номер отхода, для чего он нужен?
5. Дайте определение опасных отходов. Какими свойствами обладают опасные отходы?
6. Приведите перечень первичных показателей опасности компонентов отхода и дайте определения.
7. Какие существуют способы определения класса опасности отходов?

Общие положения. Определение компонентного состава отходов необходимо в первую очередь для определения степени и класса опасности отходов и представляет собой определение количественного и качественного (морфологического и химического) состава отходов относительно содержащихся в них веществ. Компонентный (химический) состав отхода — это список тех элементов, из которых состоит данный вид отхода.

Морфологический состав отходов — это содержание в отходах отдельных компонентов, значительно отличающихся между собой по происхождению, химическому составу и свойствам. Морфологический состав выражается в процентах к общей массе. Применяется при анализе твердых бытовых отходов для более точной оценки объемов вывозимых и/или подлежащих переработке отходов.

Определение морфологического и химического состава отходов. Большинство отходов представляют собой многокомпонентную систему. Содержание того или иного вещества в отходе, даже в небольших количествах, может существенно повлиять на степень и класс опасности отхода. Для вида отхода необходимо сначала определить морфологический состав, затем детализировать его по химическим компонентам. Морфологический состав отходов определяется двумя способами — расчетным и лабораторным.

В первом случае источниками информации служат:

- ГОСТы, ПНД, ТУ, ТР и другие нормативные документы;
- сопровождающая документация на продукцию, предоставляемая производителями.

Во втором случае определение морфологического состава отходов происходит путем лабораторных испытаний. Исследование состоит из нескольких этапов:

1. Отбор усредненной пробы в месте образования, размещения или накопления отходов с оформлением протокола.
2. Транспортировка пробы в лабораторию. Тарой служат герметичные емкости с плотно закрывающейся крышкой или полиэтиленовые пакеты.
3. Распределение различных компонентов пробы в отдельные лотки.
4. Взвешивание каждого компонента по отдельности.
5. Определение процентное соотношение каждого компонента отхода к общей массе.

Содержание составляющих отхода рассчитывают по формуле. Результаты оформляют в виде отчета.

Задание 1. Определить морфологический состав отходов: отходы гипсокартона, бой камней силикатных, шлак и зола от пиролизных установок, отходы абразивных материалов в виде пыли и порошка.

Результаты работы оформить в табл. 1, в которой приведены данные по проводу самонесущему изолированному алюминиевому в качестве примера.

Таблица 1 — Морфологический и химический состав отхода

Вид отхода: Провод самонесущий изолированный алюминиевый Код вида отхода по Классификатору отходов, образующихся в Республике Беларусь: 3530413	
Наименование компонента	Содержание, %
Морфологический состав	
Алюминий 55 Источники	55
Полимерный материал	45
Химический состав	
Алюминий	55
Поливинилхлорид	45

Задание 2. Рассчитать класс опасности отхода — изношенные шины с металлокордом. Сравнить полученный результат с классом опасности, указанным в Классификаторе.

Установление степени опасности отходов производства и класса опасности опасных отходов производства осуществляется на основании перечня опасных для окружающей среды, здоровья граждан, имущества свойств отходов, необходимых для установления степени опасности отходов

производства и класса опасности опасных отходов производства. Опасные отходы классифицируются по классам опасности:

- первый класс опасности — чрезвычайно опасные;
- второй класс опасности — высокоопасные;
- третий класс опасности — умеренно опасные;
- четвертый класс опасности — малоопасные.

Расчет класса опасности отходов. Исходя из данных приложения для каждого показателя анализируемого компонента отходов в графе 5 таблицы 3 проставляют балл токсичности от 1 до 4. Для определения индекса токсичности компонента отходов используют не более 12 параметров из приведенных в приложении. Приоритетность выбора 12 показателей из большего числа определяются их порядковым номером в приложении. Показатели с порядковыми номерами 13–23 используют для расчета класса токсичности в том случае, если информация по показателям 1–12 отсутствует. Показатель информационного обеспечения рассчитывается по формуле:

$$П_{ио} = n / N,$$

где n — число установленных показателей; N — количество наиболее значимых первичных показателей опасности компонентов отхода для ОС (равно 12).

Баллы присваиваются следующим диапазонам изменения показателя информационного обеспечения (табл. 2).

Таблица 2 — Диапазоны изменения показателя информационного обеспечения

Диапазоны изменения показателя информационного обеспечения (n / N)	Балл
$<0,5$ ($n < 6$)	1
$0,5-0,7$ ($n=6-8$)	2
$0,71-0,9$ ($n=9-10$)	3

По установленным степеням опасности компонентов отхода для ОС в различных природных средах рассчитывается относительный параметр опасности компонента отхода для ОС (X_i): сумма баллов по всем параметрам делится на число этих параметров. Затем рассчитывается коэффициент Z_i по формуле:

$$Z_i = 4X_i / (3 - 1/3).$$

Коэффициент степени опасности i -го компонента опасного для ОС отхода W_i (мг/кг) рассчитывается по одной из следующих формул:

$$\lg W_i = 4 - 4/Z_i; \text{ для } 1 < Z_i < 2;$$

$$\lg W_i = Z_i; \text{ для } 2 < Z_i < 4$$

$$\lg W_i = 2 + 4/(6 - Z_i), \text{ для } 4 < Z_i < 5$$

Показатель степени опасности компонента отхода для ОС K_i , рассчитывается по формуле:

$$K_i = C_i / W_i,$$

где C_i — концентрация i -го компонента в опасном отходе (мг/кг отхода).

Показатель степени опасности отхода для ОС K рассчитывают по следующей формуле:

$$K = K_1 + K_2 + \dots + K_t,$$

где K — показатель степени опасности отхода для ОС; K_1, K_2, \dots, K_t — показатели степени опасности отдельных компонентов опасного для ОС отхода.

В перечень показателей, используемых для расчета, включается показатель информационного обеспечения $\Pi_{ио}$ для учета недостатка информации по первичным показателям степени опасности компонентов отхода для ОС. Показатель информационного обеспечения рассчитывается по формуле: Отнесение отходов к классу опасности расчетным методом по показателю степени опасности отхода для ОС осуществляется в соответствии с таблицей 3.

Таблица 3 — Определение класса опасности отхода по его степени опасности

Класс опасности отхода	Степень опасности отхода для ОС (K)
I	$10^6 \geq K > 10^4$
II	$10^4 \geq K > 10^3$
III	$10^3 \geq K > 10^2$
IV	$10^2 \geq K > 10$

Полученные данные заносятся в таблицы 4, 5.

Таблица 4 — Характеристика токсичности компонентов отходов

Наименование компонента отходов	Концентрация, C_i , мг/кг	Параметры, в на основании которых определен индекс токсичности компонента отходов				Индекс токсичности K_i
		наименование и единица измерения	значение	балл токсичности	обозначение документа, из которого взята характеристика	
1	2	3	4	5	6	7

Таблица 5 — Результаты расчета по компонентам отхода:

Вид отхода: _____

Опасные свойства отхода: _____

Компонент	Сод., %	Ci (мг/кг)	Xi	Zi	IgWi	Wi (мг/кг)	Ki
Алюминий	40,00	$4 \cdot 10^5$	4,00	5,00	6,00	1000000,00	0,400
Пластмасса (ПВХ)	60,00	$6 \cdot 10^5$	4,00	5,00	6,00	1000000,00	0,600
Суммарный %	100,00						
Показатель К степени опасности отхода:					1,000		
Класс опасности отхода по расчетам:					«неопасный»		
Класс опасности отхода по Классификатору:					«неопасный»		

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

Инвентаризация твердых отходов предприятия

Цель работы: изучить порядок инвентаризации отходов производства предприятия; составить Акт инвентаризации отходов предприятия деревообработки.

Контрольные вопросы:

1. Что понимается под инвентаризацией отходов производства? Как часто она проводится?
2. В каких случаях проводится досрочная инвентаризация отходов?
3. Какие источники образования отходов включаются в инвентаризацию?
4. Какие этапы включает в себя инвентаризация?
5. Какие сведения изучаются в подготовительный период инвентаризации?
6. Какие работы выполняются на этапе инвентаризационного обследования?
7. Где и для чего применяются результаты инвентаризации отходов?

Общие положения. Инвентаризация отходов производства (далее — инвентаризация) — деятельность по определению количественных и качественных показателей отходов производства в целях учета отходов и установления нормативов их образования. Инвентаризацию отходов производства должны проводить юридические лица и индивидуальные предприниматели, которые осуществляют обращение с отходами производства.

Инвентаризация проводится не реже одного раза в пять лет в сроки, определяемые организацией.

Досрочная инвентаризация отходов проводится в случаях:

- выявления новых видов отходов производства;
- изменения технологических процессов получения продукции;
- изменения перечня выпускаемой продукции;
- изменения сырья и материалов, применяемых для получения продукции;
- реконструкции, модернизации, перепрофилирования производства;
- предписания территориальных органов Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь (далее — Минприроды).

Для определения источников образования отходов производства рассматриваются все виды деятельности, как основные, так и вспомогательные, осуществляемые организацией, в том числе:

- прием, хранение, затаривание (растаривание), упаковка (распаковка), транспортировка в пределах производственной площадки сырья, материалов и продукции;
- переработка сырья и материалов, в процессе которой образуются отходы, а также брак, некондиционная продукция, остатки механической, термической, электрохимической обработки материалов и другие виды отходов;
- эксплуатация, обслуживание и ремонт технологического оборудования и транспортных средств;
- строительные и (или) ремонтные работы;
- содержание зданий и сооружений, благоустройство территорий, в результате чего образуются смет с производственных территорий, списанная мебель, изношенная спецодежда и другие виды отходов.

Работа по проведению инвентаризации включает следующие этапы:

- 1) подготовительный;
- 2) инвентаризационное обследование;
- 3) обобщение сведений об инвентаризации.

Для целей инвентаризации изучаются следующие сведения:

- информация о видах деятельности организации;
- учетная документация и первичные статистические данные в области обращения с отходами, данные бухгалтерского учета о поступлении отходов от сторонних организаций, договоры на передачу отходов производства сторонним организациям, акты выполненных работ, сопроводительные паспорта перевозки отходов производства;
- план-схема расположения зданий и сооружений организации;
- технологические карты производственных процессов;

- сведения о потреблении и свойствах всех видов сырья, вспомогательных материалов, веществ и препаратов, которые используются (планируется использовать) в технологических процессах;

- материалы последней инвентаризации;
- иная информация.

На этапе инвентаризационного обследования производится:

- обследование структурных подразделений организации в соответствии с планом-схемой расположения зданий и сооружений организации;
- обозначение источников образования отходов производства на плане-схеме;
- определение наименований образующихся отходов производства по источникам образования отходов;
- проведение взвешиваний (замеров) количества отходов производства, образующихся от источников образования отходов производства, и определение нормативов их образования по результатам измерений;
- расчет годового количества образующихся отходов производства и нормативов их образования с учетом максимальной загрузки оборудования, технологического процесса исходя из результатов, полученных при проведении инвентаризационного обследования.

На этапе обобщения сведений об инвентаризации производится систематизация данных, полученных при проведении инвентаризационного обследования, оформление Акта инвентаризации отходов производства.

Результаты инвентаризации применяются при:

- разработке Инструкции по обращению с отходами производства и организации учета отходов;
- подготовке документов для получения разрешения на хранение и захоронение отходов производства или комплексного природоохранного разрешения;
- установлении лимитов хранения и лимитов захоронения отходов производства;
- утверждении нормативов образования отходов производства;
- ведении государственной статистической отчетности об отходах.

Далее представлена краткая характеристика деревообрабатывающего производства. **Предприятие ООО «Щенкодел»** относится к деревообрабатывающей отрасли и выполняет изготовление необрезных и обрезных пиломатериалов из круглых лесоматериалов, а также производит окна и двери из собственного сырья.

В течение года обрабатывается 33000 м³ круглых лесоматериалов, производится 13000 м³ обрезных и 10000 м³ необрезных пиломатериалов, изготавливается 90 окон и 50 дверей (1200 м³ сырья). Окна и двери упаковываются в полиэтилен. Расход упаковочного полиэтилена составляет 450 кг в год. На предприятии работает 21 чел., из которых 4 —

административные работники. Сотрудникам выдается спецодежда и средства индивидуальной защиты.

Лесопилка размещена в промышленной зоне города. Производственная площадка (1260 м²) огорожена и заасфальтирована. Производственные помещения: административные; цех распилки; цех изготовления окон и дверей; мини-котельная; навес для сушки сырья; навес для хранения отходов; гараж. Готовая продукция временно хранится в производственном помещении и сразу отгружается заказчику. Перемещение сырья и материалов по территории предприятия осуществляется электрокарами.

Отопление предприятия осуществляется отходами собственного производства. Освещение производственных помещений производится ртутными лампами для промышленного освещения. Имеется два административных помещения общей площадью 26 м². Административные помещения освещаются лампами дневного света. Предприятие имеет 1 легковой автомобиль, 1 грузовой минивэн и 1 бортовой грузовой автомобиль. Хранение и ремонт автомобилей на предприятии не производятся, выполняется текущее ТО. На территории предприятия имеется стоянка на 6 машиномест.

На предприятии организован отдельный сбор отходов, оборудованы площадка для временного хранения отходов и подсобное помещение для хранения ртутьсодержащих ламп. Предприятием заключены договоры с САПом — на вывоз твердых бытовых отходов, «ОБЛресурсами» — на вывоз для переработки макулатуры, стекло- и пластиковой тары, с предприятием «Вито» — на вывоз и переработку ртутьсодержащих ламп. Вывоз отходов осуществляется транспортом предприятий по переработке отходов по мере их накопления до одной транспортной единицы.

Задание. Изучив информацию, необходимо:

- 1) составить условную план-схему предприятия;
- 2) составить таблицу видов образующихся отходов по источникам их образования (образец — табл. 1). Для заполнения таблицы использовать сведения из Классификатора отходов, образующихся в Республике Беларусь (доступен по ссылке https://pravo.by/upload/docs/op/W21934631p_1569531600.pdf), и таблицы 1.1 Экологических норм и правил (доступны по ссылке https://pravo.by/upload/docs/op/W21732307p_1505163600.pdf);
- 3) составить Акт инвентаризации отходов производства (образец — табл. 2). Дополнительные сведения и образцы заполнения таблиц можно посмотреть по ссылке https://ecologia.by/number/2018/10/Provodim_inventarizatsiyu_othodov_proizvodstva/.

Таблица 1 — Источники образования отходов производства ООО «Щепкодел»

Номер источника образования отходов производства в соответствии спланом-схемой	Наименование источникаобразования отходов производства (технологический процесс, оборудование)	Корпус, цех, участок	Код отхода*	Наименование отхода*	Класс опасности*	Количество образованныхотходов производства по результатам контрольноговзвешивания (замера), кг
<i>Примечание</i> * — наименование, код отходов и класс опасности определяется в соответствии с классификатором отходов, образующихся в Республике Беларусь						

Таблица 2 — Сведения о количестве образующихся отходов производства в сроки проведения инвентаризации ООО «Щепкодел»

Код отхода*	Наименование отхода*	Норматив образования отходовпроизводства, установленный всроки проведения инвентаризации, т (шт.)/ расчетная единица**	Количество образующихся отходов производства, тонн (шт.)	Подлежит использованию, тонн (шт.)	Подлежит обезвреживанию, тонн (шт.)	Подлежит хранению, тонн (шт.)	Подлежит захоронению, тонн (шт.)
Итого отходов первого класса опасности							
Итого отходов второго класса опасности							
Итого отходов третьего класса опасности							
Итого отходов четвертого класса опасности							
Итого неопасных отходов							
<i>Примечание</i> * — наименование, код отходов и класс опасности определяется в соответствии с классификатором отходов, образующихся в Республике Беларусь; ** — определяется на основе Экологических норм и правил либо по результатам натурных наблюдений							

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

Расчет норматива образования отходов

Цель работы: рассчитать нормативы образования отходов.

Контрольные вопросы:

1. Что такое норматив образования отходов?
2. Перечислите методы расчета нормативов образования отходов.
3. Какие источники информации используются для обоснования нормативов образования отходов?

Общие положения. Нормативы образования отходов производства разрабатываются для отходов производства, подлежащих захоронению на объектах захоронения отходов и (или) хранению на объектах хранения отходов, за исключением случаев, предусмотренных законодательством РФ. Для расчета нормативов образования отходов используются различные методы и, соответственно, разные единицы их измерения. В соответствии с технологическими особенностями производства нормативы образования отходов определяются в единицах массы (объема) либо в процентах от количества используемого сырья, материалов, или от количества производимой продукции. Нормативы образования отходов, оцениваемые в процентах, определяются по тем видам отходов, которые имеют те же физико-химические свойства, что и первичное сырье. Нормативы образования отходов с измененными по сравнению с первичным сырьем характеристиками предпочтительно представлять в следующих единицах измерения: кг/т, кг/м, м/тыс. м и т.д. При определении нормативов образования отходов применяются следующие методы: 1) метод расчета по материально-сырьевому балансу (применяется в случае отсутствия отраслевых норм расхода сырья и образования отходов путем составления баланса входящих в производственный процесс и выходящих из него потоков, экспериментальным или статистическим методом); 2) метод расчета по удельным отраслевым нормативам образования отходов (осуществляется путем усреднения индивидуальных значений нормативов образования отходов для организаций отрасли, либо посредством расчета средних удельных показателей на основе анализа отчетной информации за 11 определенный (базовый) период; выделения важнейших, (экспертно-устанавливаемых) нормообразующих факторов и определения их влияния на значение нормативов на планируемый период). При расчетах используют конструкторско-технологическую документацию (технологические карты, рецептуры, регламенты, рабочие чертежи) на производство продукции, при котором образуются отходы. На основе такой документации в соответствии с установленными нормами расхода сырья (материалов) рассчитывается норматив образования отходов

(НО) как разность между нормой расхода сырья (материалов) на единицу продукции и чистым (полезным) их расходом с учетом неизбежных безвозвратных потерь сырья.

Расчет нормативов образования отходов осуществляется по формуле:

$$НО = N \cdot (1 - K_n) - P - H_n ,$$

где N — норма расхода сырья (материалов) на единицу продукции, т;
 P — расход сырья (материалов), необходимого для осуществления производственного процесса (работы), т; H_n — неизбежные безвозвратные потери сырья (материалов) в процессе производства, т;

$K_n = H_n/N$ — коэффициент неизбежных потерь сырья (материалов).
Норматив образования отходов в процентах или как коэффициент выхода вторичного сырья ($H'O$) определяется по формуле:

$$H'O = (1 - K_n - K_{исп}) - 100\% ,$$

где $K_{исп}$ — коэффициент использования сырья (материалов) при производстве продукции: $K_{исп} = P/N$.

При отсутствии отраслевых нормативов применяется экспериментальный метод, который используется для технологических процессов, допускающих определенный диапазон 12 изменений составных элементов сырья (в литейном производстве, химической, пищевой, микробиологической и других отраслях промышленности), а также при большой трудоемкости аналитических расчетов. Метод заключается в определении нормативов образования отходов на основе проведения опытных измерений в производственных условиях. Первоначально на основе статистической обработки измерений массы полезного продукта, получаемого из единицы массы сырья (материалов), определяется показатель, характеризующий долю полезного продукта в единице сырья (в %) ($C_{п.н.}$).

Исходя из значения этого показателя и данных о массе извлеченного из сырья полезного продукта ($M_{п.н.}$) определяется масса образования отходов (VO) по формуле:

$$VO = M_{п.н.}(100 - C)/C ,$$

Норматив образования отхода на единицу произведенной продукции ($H''O$) рассчитывается по формуле:

$$H''O = VO/Q_{пр.} ,$$

где $Q_{пр.}$ — количество продукции, при производстве которой образуется отход.

Расчет по фактическим объемам образования отходов для вспомогательных и ремонтных работ получил название статистический метод. Метод применяется для определения нормативов образования отходов на основе статистической обработки информации за базовый (3-летний) период с последующей корректировкой данных в соответствии с планируемыми организационно-техническими мероприятиями, предусматривающими снижение материалоемкости производимой продукции.

Нормативы образования отходов (H'') статистическим методом определяются по формуле:

$$H'' = V_{o.p.} / N_{п.Км},$$

где H'' — масса отходов, т; $N_{п.}$ — количество изделий (материалов), при эксплуатации которых образуются отходы; $K_{м}$ — коэффициент перевода единицы измерения количества изделий (материалов) в единицу массы. Коэффициент $K_{м}$ применяется, если амортизированная продукция (изделие) исчисляется не в единицах массы, а в единицах площади, объема и т.д.

На производствах с неустойчивыми регламентами технологических процессов, где нормативы образования отходов непосредственно не связаны с единицей производимой продукции они определяются статистическим методом по формуле:

$$H'''O = VO / Q_c ,$$

где $H'''O$ — норматив образования отходов на единицу перерабатываемого сырья и материалов; VO — масса образования отходов за рассматриваемый период (в массу образования отходов включается только текущий выход отходов); Q_c масса перерабатываемого сырья и материалов при производстве продукции.

Статистические данные обрабатываются за последние три года с последующей корректировкой удельных показателей на планируемый период в соответствии с тенденциями развития технологии и организации производственного процесса. При расчете нормативов образования отходов потребления основными методами являются экспериментальный и статистический.

Норматив образования отхода потребления ($H_{o.п.}$) на основе коэффициента износа изделия, учитывающего изменение массы единицы изделия до и после его эксплуатации, определяется по формуле:

$$H_{o.п.} = 1 - K_{из} ,$$

где $K_{из}$ — коэффициент износа изделия (потери веса в эксплуатации): $M_{пер} - M_{из}$, где $M_{пер.}$, $M_{из.}$ — соответственно первоначальная и остаточная масса эксплуатируемого изделия.

Средневзвешенный норматив образования отхода потребления Н'о.п. определяется по формуле:

$$H'_{o.n.} = \frac{\sum_{i=1}^m M_{из1} \cdot q_i}{\sum_{i=1}^m M_{пер1} \cdot q_i},$$

где i — индекс вида изделия, входящего в группу однотипных изделий ($i = 1, 2, \dots, m$); $M_{из}$ — масса среднего изношенного изделия; $M_{пер}$ — первоначальная масса среднего изделия. $M_{из1}$ — определяется экспериментальным путем на основе взвешивания изношенных за год изделий.

Нормативы образования отходов производственного потребления (Н"о.п.) определяются статистическим методом определяются по формуле:

$$H''_{o.n.} = N_n \cdot V_{o.n.} \cdot K_m,$$

где $V_{o.n.}$ — масса отходов потребления; N_n — количество изделий (материалов), при эксплуатации которых образуются отходы; K_m — коэффициент перевода единицы измерения количества изделий в единицы массы. Коэффициент K_m применяется, если амортизированная продукция (изделие) исчисляется не в единицах массы, а в единицах площади, объема и т.д. Если N_n представляет собой количество изделий в шт., то в формуле для определения первоначального веса изделий ($N_n \cdot K_m$) вместо K_m используется масса единицы изделия, а N_n определяется по формуле:

$$N_n = n \cdot Q,$$

где n — норма потребления изделия на одного работающего (единицу оборудования) и т.д.; Q — численность работающих (количество оборудования) и т.д.

При определении нормативов образования отходов потребления необходимо учитывать нормативный срок службы продукции в сфере потребления, а также срок временного отвлечения материалов на различные нужды (например, в связи с передачей в архив бумаги, идущей на документацию длительного хранения). Поскольку сроки образования отходов и сроки поступления изделия в сферу потребления не совпадают, в формуле для расчета Н"о.п. при определении норматива t лет $V_{o.n.}$ берется за t лет,

а N_n за $(t - r)$ лет, где t — нормативный срок службы изделия. Определение нормативов образования отходов включает анализ отчетной документации об отходах, включая статотчетность; формирование номенклатуры отходов производства и потребления, по которым будут разрабатываться нормативы; установление нормативной документации, регламентирующей обращение с отходами сформированной номенклатуры; определение возможных направлений использования отходов и организационно-технических мероприятий по повышению индекса использования отходов; выбор метода и расчет нормативов образования отходов. Исходные данные и результаты расчетов количества и массы (объемов) отходов приводятся в табл. 1.

Таблица 1 — Сведения об образовании отходов производства

Наименование отхода	Наименование продукции	Нормы расхода первичного сырья, материалов на единицу продукции					Планируемое количество выпускаемой продукции, q_i	Объем образования отходов производства, ед. прод., $N_{o.n.}, q_i \sum_0$
		Наименование сырья, материалов, ед. измер.	Всего, N	Чистый расход материалов, P	Безвозвратные потери (коэффициент потерь) N_n, K_n	Норматив образования отходов производства, H_n		
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Задание 1. Изучить предложенный акт инвентаризации отходов N -го предприятия. Записать сведения для расчета норматива образования отхода.

Задание 2. Рассчитать нормативы образования отходов: отходы кухонь и предприятий общественного питания (код 9120300); отходы производства, подобные отходам жизнедеятельности населения (код 9120400); уличный и дворовой смет (код 9120500); отходы жизнедеятельности населения (код 9120100); отходы сухой уборки гаражей, автостоянок, мест парковки транспорта (код 3142413); обтирочный материал загрязненный маслами (содержание масел - менее 15%); изношенные шины с металлокордом (код 5750202).

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

Разработка Инструкции по обращению с отходами для предприятия (4 часа)

Цель работы: разработать отдельные разделы Инструкции по обращению с отходами для производственного предприятия.

Контрольные вопросы:

1. Какие процедуры обращения с отходами производства осуществляются на предприятии?
2. Какие основные разделы включает инструкция по обращению с отходами производства на предприятии?
3. В чем заключается учет отходов производства на предприятии?
4. Как ведется сбор и хранение отходов различных классов опасности на предприятии?
5. Каким образом производится захоронение отходов производства?
6. На какой срок разрабатывается инструкция по обращению с отходами?
7. В каких случаях требуется досрочная разработка новой инструкции?

Общие положения. Обращение с отходами на предприятии осуществляется согласно разработанной и утвержденной Инструкции по обращению с отходами. Инструкция полностью отражает процедуры обращения с отходами на предприятии, за надлежащее соблюдение которых назначаются должностные лица, имеющие в рамках процедур обращения с отходами соответствующие функции, обязанности и ответственность. Процедуры обращения с отходами на предприятии:

- сбор отходов и разделение по видам;
- разработка и согласование нормативов образования отходов;
- разработка и согласование лимитов хранения и захоронения отходов;
- получение разрешения на хранение и захоронение отходов;
- учет отходов в соответствии с Правилами ведения учета отходов;
- инвентаризация отходов в соответствии с Инструкцией о порядке инвентаризации отходов;
- ведение первичной статистической отчетности по форме 1 — отходы (Минприроды);
- ведение производственных экологических наблюдений при обращении с отходами в соответствии с Инструкцией по осуществлению производственного контроля в области охраны окружающей среды (ООС);
- установление степени опасности отходов производства и класса опасности опасных отходов производства, если степень опасности этих отходов

и класс их опасности не указаны в классификаторе отходов, образующихся в Республике Беларусь;

- обезвреживание и (или) использование отходов на самом предприятии либо их перевозка на объекты обезвреживания отходов и (или) на объекты по использованию отходов;

- хранение отходов в санкционированных местах хранения отходов или захоронение в санкционированных местах захоронения отходов;

- организация перевозки отходов, заполнение и учет сопроводительного паспорта перевозки отходов;

- подготовка (обучение) работников в области обращения с отходами, а также инструктаж, проверка знаний и повышение их квалификации в области обращения с отходами;

- осуществление производственного контроля и недопущение вредного воздействия отходов, продуктов их взаимодействия и (или) разложения на окружающую среду, здоровье граждан, имущество;

- разработка мер по уменьшению (предотвращению) образования отходов.

Выполнение вышеперечисленных процедур регулируется соответствующими нормативными правовыми и / или техническими нормативными правовыми актами.

Сбор отходов и разделение по видам осуществляется производителем отходов. Отходы, которые могут быть использованы в качестве вторичного сырья, отправляются на объекты по использованию отходов, которые классифицированы в рамках Государственного реестра технологий по использованию отходов.

Разработка нормативов образования отходов производится по показателям образования отходов некоторых технологических процессов.

Вывоз и утилизация отходов согласовываются с территориальными органами Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды, при этом сделки по отчуждению соответствующих отходов регистрируются согласно.

Захоронение отходов допускается на объектах захоронения отходов только после получения в территориальных органах Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды разрешения на захоронение.

При этом на все удаляемые с территории предприятия отходы оформляются сопроводительные паспорта перевозки отходов по утвержденной форме.

Задание. Дописать в соответствии с шаблоном (пп. 1–7 и приложение) ниже представленные разделы Инструкции по обращению с отходами на основе инвентаризации отходов производства, выполненной в практической работе № 1.

Отчет представить в виде реферата.

Шаблон реферата

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРЕДПРИЯТИИ

Общие сведения о предприятии, являющемся объектом для разработки Инструкции по обращению с отходами, представлены в табл. 1.

Таблица 1 — Общие сведения о предприятии

Наименование юридического лица	ООО «Щепкодел»
Наименование вышестоящей организации	Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь
Форма собственности	Частная
Местонахождение и почтовый адрес юридического лица	Республика Беларусь, г. Могилев, ул. Левая Дубровенка, д. 32
Электронный адрес	sale@gradstroj.by
Телефон/факс приемной	+375 222 24-24-04 +375 29 376-86-96 +375 29 120-40-44
Учетный номер плательщика	790649039
Дата, номер государственной регистрации юридического лица	Рег. номер 790649039 от 03.09.2009, зарегистрировано в Администрации Октябрьского района г. Могилева
Наименование деятельности предприятия как источника образования отходов производства	Деревообработка
Место осуществления деятельности, связанной с обращением с отходами производства	г. Могилев, ул. Левая Дубровенка, 32

ОТВЕТСТВЕННЫЕ ЗА ОРГАНИЗАЦИЮ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ ПРОИЗВОДСТВА

Директор ООО «Щепкодел» назначает приказом ответственных должностных лиц за обращение с отходами на предприятии (главный инженер, инженер по охране труда). Назначенное по приказу ответственное лицо в своей работе руководствуется положениями настоящей Инструкции.

Должностные лица, ответственные по приказу за обращение с отходами на предприятии, выполняют обязанности, приведенные в табл. 2.

Таблица 2 — Должностные обязанности лиц, ответственных по приказу за обращение с отходами на предприятии

Должностное лицо	Обязанности в части обращения с отходами на предприятии
Главный инженер	
Инженер по охране труда	

ОБРАЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА

Все отходы ООО «Щепкодел» разделяются по видам и классам опасности согласно *Классификатору отходов, образующихся в Республике Беларусь*. Отходы производства, образующиеся в ООО «Щепкодел», представлены в таблице 3.

Таблица 3 — Образующиеся отходы производства в ООО «Щепкодел»

Код отхода	Наименование отхода	Физическое состояние	Степень и класс опасности	Источник образования отхода	Сведения о необходимости регистрации сделок о передаче опасных отходов на определенный срок
					Не подлежат регистрации

Отходы производства образуются согласно «Карте-схеме источников образования отходов производства».

УЧЕТ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА

Учет отходов — это система непрерывного документального отображения информации о количественных и качественных показателях отходов, а также обращении с ними: образовании, перевозке, хранении, использовании, обезвреживании в соответствии с ТКП 17.02-12–2012 (02120) «Порядок ведения учета в области охраны окружающей среды и заполнения форм учетной документации в области охраны окружающей среды», постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 20 июня 2014 г. № 27 и Инструкцией по обращению с отходами производства, разрабатываемой на предприятии.

Основными целями учета отходов являются:

- своевременное и достоверное документальное отображение действий по обращению с отходами;
- формирование данных для государственной статистической отчетности по форме 1 — отходы (Минприроды);
- предупреждение вреда, наносимого отходами окружающей среде, жизни здоровью человека и (или) имуществу лиц.

Система ведения учета отходов включает в себя:

- ведение первичного учета отходов в местах их образования;
- ведение единого учета отходов;
- инвентаризацию отходов.

В качестве первичных документов для учета образования и движения отходов в местах их образования и сбора используется Книга учета отходов по форме ПОД-9. Книга общего учета по форме ПОД-10 используется для ведения учета образования и поступления отходов в целом от всех источников образования отходов производства в организации и поступления отходов от других организаций.

СБОР И ХРАНЕНИЕ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА

Сбор и хранение отходов производства должны определяться их физическим состоянием, химическим составом и классом опасности отходов:

– отходы первого класса опасности хранятся в герметичной таре (контейнеры, бочки, цистерны);

– отходы второго класса опасности хранятся в надежно закрытой таре (закрытые ящики, полиэтиленовые мешки, пластиковые пакеты);

– отходы третьего класса опасности хранятся в полиэтиленовых, бумажных мешках, в хлопчатобумажных и текстильных мешках, которые по заполнении затариваются, а затем доставляются в места хранения отходов;

– отходы четвертого класса опасности и без класса опасности могут храниться открыто — навалом, насыпью, в виде гряд, на специально выделенной оборудованной площадке или контейнерах для отходов (при соблюдении мер, предупреждающих распространение отходов по прилегающей территории);

– отходы производства, подобные отходам жизнедеятельности населения, отходы (смет) от уборки территорий промышленных предприятий организаций, хранятся в закрываемых контейнерах (таре).

Хранение отходов производства на территории предприятия допускается временно:

– при использовании отходов в последующем технологическом цикле;

– при накоплении до одной транспортной единицы;

– при отсутствии полигонов для захоронения.

В таблице 4 приведен порядок сбора отходов производства, образующихся в ООО «Щепкодел».

Таблица 4 — Порядок сбора отходов производства, образующихся в ООО «Щепкодел»

Но- мер п/п	Наименование отходов	Код	Класс опасности	Порядок сбора
1	Отходы производства, подобные отходам жизнедеятельности населения	9120400	Неопасные	Собираются в мусорные корзины, а затем выносятся в контейнер, который находится на заасфальтированной площадке, и вывозятся на захоронение на полигон ТКО. <u>Запрещается</u> выбрасывать в мусорные корзины вторичные ресурсы (бумагу, пластик)
...				
...				
...				
...				
...				

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА

Отходы производства в качестве вторичного сырья должны использоваться в соответствии с Законом «Об обращении с отходами».

В таблице 5 приведены виды отходов, подлежащие использованию ООО «Щепкодел».

Таблица 5 — Виды отходов производства, образующихся в ООО «Щепкодел», подлежащие использованию

Номер п/п	Наименование отходов	Код	Класс опасности	Предприятие по заготовке вторичного сырья / использование на предприятии
18	Изношенная спецодежда хлопчатобумажная и другая	5820903	4	Часть изношенной спецодежды передается работникам предприятия, а остальная часть передается на использование
...				

ЗАХОРОНЕНИЕ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА

Захоронение отходов производства допускается только в санкционированных местах захоронения отходов производства. Такими местами являются объекты захоронения отходов, определенные в разрешении на захоронение отходов производства.

Для получения разрешений заявитель представляет в орган выдачи разрешений документы, указанные в п. 6.24 перечня административных процедур, совершаемых государственными органами и иными организациями в отношении юридических лиц и индивидуальных предпринимателей.

Вывоз на захоронение на полигон ТКО отходов производства, подлежащих захоронению, осуществляет МГКУ «САП» по заключенному договору. В таблице 6 приведены виды отходов, образующихся в ООО «Щепкодел», которые подлежат захоронению на полигоне ТКО.

Таблица 6 — Виды отходов производства, образующихся в ООО «Щепкодел», которые подлежат захоронению на полигоне ТКО

Номер п/п	Наименование отходов	Код	Класс опасности
1	Отходы производства, подобные отходам жизнедеятельности населения	9120400	Неопасные
...			

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5

Идентификация пластиковых отходов по их свойствам, рециклинг используемой полимерной упаковки

Цель работы: научиться проводить первичную идентификацию отходов пластмасс, познакомиться со способами утилизации и переработки отходов пластмасс.

Контрольные вопросы:

1. Система маркировки пластика.
2. Виды пластмасс и их применение.
3. Распознавание вида пленок органолептическими методами и по их физическим свойствам.
4. Разрушающие способы определения типа пластика.
5. Идентификация полимерных пленок по химическим свойствам.
6. Классификация отходов пластмасс.
7. Способы переработки пластмасс.
8. Переработка смесей отходов без разделения.
9. Производство волокнистых композитов.
10. Особенности переработки наиболее распространенных отходов.

Общие сведения. Для обеспечения и упрощения утилизации одноразовых предметов в 1988 году Обществом Пластмассовой Промышленности была разработана система маркировки для всех видов пластика и идентификационные коды. Маркировка пластика состоит из 3-х стрелок в форме треугольника, внутри которых находится число, обозначающая тип пластика.

Часто при маркировке изделий под треугольником указывается буквенная маркировка (в скобках указана маркировка русскими буквами) (табл. 1).

Потребители и производители упаковочных материалов периодически сталкиваются с необходимостью распознавания природы полимеров в случае отсутствия маркировки на упаковке.

Хорошо известно, что основные свойства полимеров определяются молекулярной структурой, поэтому для прогнозирования свойств полимерной структуры и ее идентификации достаточно знать, какие функциональные группы входят в состав макромолекул.

Простые и быстрые способы распознавания природы полимеров основаны на том, что все они существенно отличаются по физическим и органолептическим свойствам, а также по отношению к нагреванию, характеру горения и химическим реакциям. Это обуславливает область применения полимерных пленок, существенно облегчая необходимую идентификацию. Распознавание вида пленок органолептическими методами и по их физическим свойствам.

В первую очередь, полимерные пленки внимательно рассматривают, отмечая их внешние особенности и сравнивая результаты исследования.

При этом учитывают следующие факторы:

- цвет и блеск (наименование тона и оттенка, матовый или блестящий образец), и характер поверхности (маслянистая, гладкая, шероховатая);
- прозрачность (прозрачная, полупрозрачная, непрозрачная);
- твердость, жесткость или эластичность, гибкость;
- характер шума при сминании пленки и ее стойкость к раздиру.

По оптическим свойствам, т.е. визуально, разделить между собой полимерные пленки достаточно сложно. Поэтому изучают их механические свойства. Пленки ПЭНП, ПЭВП, ПП и неориентированного ПВХ в руках легко растягиваются. Пленки из полиамида, ацетатов целлюлозы, ориентированного ПВХ и ПС нерастяжимы. Пленки на основе искусственных полимеров (целлофан и ацетаты целлюлозы) не стойки к раздиру, легко расщепляются в направлении, перпендикулярном их ориентации и шумят при сминании. Более стойки к раздиру полиамидные и лавсановые пленки (ПЭТФ). Они также шумят при сминании. В то же время пленки ПЭНП, пластифицированного ПВХ, ПВДХ не создают шума при сминании и обладают высокой стойкостью к раздиру.

Поскольку физические свойства полимерных пленок различаются весьма существенно, это позволяет использовать их в качестве тестов для распознавания типа полимера. В значительной степени такое положение касается наиболее распространенных в упаковочных технологиях полиолефинов (ПЭНП, ПЭВП, ПП). Плотность ПЭНП, ПЭВП, ПП меньше единицы. Пленки на их основе плавают в воде, путем погружения в воду ровных полосок полимерных пленок, избегая появления пузырьков воздуха, искажающих опыт, можно сразу разделить полиолефины от иных полимеров.

Практически, плотность достаточно просто определяется с помощью обычных технических весов, на одно из плеч которого подвешивается сетчатый цилиндр для пленочных образцов.

Плотность рассчитывается по соотношению:

Плотность = масса пленки в воздухе / (масса пленки в воздухе — масса пленки в воде)

Тем не менее, этот метод весьма приблизителен и обычно применяется для полимеров небольшой плотности. Для более корректного определения плотности необходимы дополнительные исследования.

Разрушающие способы определения типа пластика. Чтобы определить тип пластика, из которого изготовлено изделие, кусочек этого материала осторожно нагревают пламенем спички. Если материал расплавится, изделие выполнено из термопластической пластмассы, если не расплавится — применена термореактивная пластмасса. Если после того как зажженную спичку уберут, пластический материал продолжает гореть, для изготовления изделия использовались полиэтилен, полипропилен,

Таблица 1 — Международные универсальные коды переработки пластмасс

Значок	Англо-язычное название	Русское название	Примечание
1	2	3	4
	PET или PETE	ПЭТ, ПЭТФ Полиэтилентерефталат	Обычно используется для производства тары для минеральной воды, безалкогольных напитков и фруктовых соков, упаковки, блистеров, обивки.
	HDPE или HDPE	ПЭНД Полиэтилен высокой плотности, полиэтилен низкого давления	Производство бутылок, флагов, полужёсткой упаковки. Считается безопасными для пищевого использования.
	PVC	ПВХ Поливинилхлорид	Используется для производства труб, трубок, садовой мебели, напольных покрытий, оконных профилей, жалюзи, изоляторы, тары для моющих средств и клеёнки. Материал является потенциально опасным для пищевого использования, поскольку может содержать диоксины, бисфенол А, ртуть, кадмий.
	LDPE и PELD	ПЭВД Полиэтилен низкой плотности, полиэтилен высокого давления	Производство брезентов, мусорных мешков, пакетов, пленки и гибких ёмкостей. Считается безопасным для пищевого использования.
	PP	ПП Полипропилен	Используется в автомобильной промышленности (оборудование, баггеры), при изготовлении игрушек, а также в пищевой промышленности, в основном при изготовлении упаковок. Распространены полипропиленовые трубы для водопроводов. Считается безопасным для пищевого использования.
	PS	ПС Полистирол	Используется при изготовлении плит теплоизоляции зданий, пищевых упаковок, столовых приборов и чашек, коробок CD и прочих упаковок (пищевой плёнки и пеноматериалов), игрушек, посуды, ручек и так далее. Материал является потенциально опасным, особенно в случае горения, поскольку содержит стирол.
	OTHER или O	Прочие	К этой группе относится любой другой пластик, который не может быть включен в предыдущие группы. В основном это поликарбонат. Поликарбонат может содержать опасный для человека бисфенол А. Используется для изготовления твёрдых прозрачных изделий, как например детские рожки.

Полистирол, полиметилен, органическое стекло, ацетилцеллюлоза или нитроцеллюлоза (целлулоид). Если материал не горит, изделие изготовлено из поливинилхлорида, полиамида или политетрафторэтилена.

Горючие пластики. По цвету пламени и запаху, образующемуся при горении, определяют тип пластика. Слабым синеватым пламенем горит полиэтилен. При задувании пламени чувствуется запах горящей свечи, а продукт сгорания представляет собой мягкое, жирное на ощупь вещество. То же можно сказать и о полипропилене. Полистирол при сгорании сильно чадит, при этом появляется сладковатый запах.

Ацетилцеллюлоза, которая в ненагретом состоянии представляет собой эластичное и вязкое вещество, горит некоптящим пламенем, потрескивая, распространяя запах уксуса. Потрескивая при горении, с запахом фруктов горит твердый полиметилметакрилат. Ярким сильным пламенем горит нитроцеллюлоза (целлулоид).

Негорючие пластики. После поднесения пламени к полиамиду образуются наплывы, слышится потрескивание, а обожженный образец пахнет горелой шерстью. Если нагревать в пламени образец поливинилхлорида, конец язычка пламени окрасится в зеленый цвет и распространится резкий запах, схожий с запахом соляной кислоты.

Неплавящиеся пластики. Фенопласт после удаления пламени гаснет и имеет специфический запах. Аминопласт, нагреваемый в пламени, горит коптящим пламенем, потрескивая, после удаления из пламени продолжает гореть, распространяя запах аммиака (нашатырного спирта). Полиэфир в пламени растрескивается, после задувания пламени образуется сладковатый запах, напоминающий запах фруктов. Эпоксидная смола при поднесении пламени не растрескивается, а после удаления из пламени короткое время продолжает гореть. После задувания пламени пахнет, как горелая шерсть. Определение природы полимера термическими методами. Образец поджигают и выдерживают в пламени 5–10 секунд, фиксируя следующие свойства:

- способность к горению (горит, не горит);
- легкость воспламенения (загорается легко или с трудом);
- характер горения (горит в пламени и вне его, горит только в пламени, кратковременно вспыхивает и гаснет вне пламени и т.д.);
- цвет и характер пламени (яркое, зеленое, голубое, коптящее, с искрами, другое) о запах продуктов горения (острый, сладковатый, фенола, другое).

Характерные признаки горения наиболее отчетливо наблюдаются в момент поджигания образцов. В этот период следует быть особенно внимательным. Для установления вида образцов результаты опытов сравнивают с данными о характере поведения полимерных пленок при горении.

По характеру горения и запаху продуктов горения полиолефины напоминают парафин, так как элементарный химический состав этих веществ один и тот же, различаются они лишь размерами молекулярных

цепей. Следовательно, отличить ПЭ от ПП термическими методами (так же, как и с помощью органолептических методов и физических свойств) достаточно сложно.

Это возможно только при определенном навыке по запаху продуктов горения, которые у ПП более резкие, напоминая запах жженой резины или горящего сургуча. Окончательное решение о том, из какого материала изготовлена упаковка, принимается по результатам комплексной оценки и по отношению к нагреванию, химическим реакциям.

Идентификация полимерных пленок по химическим свойствам. При затруднении в определении наименования полимера по органолептическим признакам, физическим и термическим свойствам производят дополнительные исследования пленок химическими методами. Как правило, к таким методам прибегают при арбитражных спорах, когда природу упаковки невозможно установить иным путем.

Для этого полимер могут подвергнуть термическому разложению (пиролизу), определяя в продуктах деструкции наличие характерных для данного полимера атомов (например, азота, хлора, кремния) или групп атомов (фенола, нитрогрупп и др.), склонных к специфическим реакциям, в результате которых имеет место определенный индикаторный эффект.

Краткая характеристика каждого вида пластика.

ПЭВД (полиэтилен высокого давления, низкой плотности).

Горит синеватым, светящимся пламенем с оплавлением и горящими потеками полимера. При горении становится прозрачным, это свойство сохраняется длительное время после гашения пламени.

Горит без копоти. Горящие капли, при падении с достаточной высоты (около полутора метров), издадут характерный звук. При остывании, капли полимера похожи на застывший парафин, очень мягкие, при растирании между пальцами — жирны на ощупь. Дым потухшего полиэтилена имеет запах парафина. Плотность ПЭВД: 0,91–0,92 г/см. куб.

ПЭНД (полиэтилен низкого давления, высокой плотности).

Более жесткий и плотный чем ПЭВД, хрупок. Проба на горение — аналогична ПЭВД. Плотность: 0,94–0,95 г/см. куб. ПЭСД (полиэтилен среднего давления). Самый жесткий из полиэтиленов. Плотность: 0,96–0,97 г/см. куб. Все виды полиэтилена размягчаются при помещении в кипящую воду. При комнатной температуре не растворимы в органических растворителях. При температуре 100 градусов Цельсия и выше, полностью растворяются в бензоле. Плавают в воде.

Пенополиэтилен. Губчатая масса белого цвета. Свойства при горении, см. ПЭВД.

Полипропилен (ПП). При внесении в пламя, полипропилен горит ярко светящимся пламенем. Горение аналогично горению ПЭВД, но запах более острый и сладковатый. При горении образуются потеки полимера. В расплавленном виде — прозрачен, при остывании — мутнеет. Если коснуться

расплава спичкой, то можно вытянуть длинную, достаточно прочную нить. Капли остывшего расплава жестче, чем у ПЭВД, твердым предметом давятся с хрустом. Дым с острым запахом жженой резины, сургуча.

Плотность полипропилена: 0,9–0,91 г/см.куб. т.е он легче ПЭВД и также плавает в воде.

Полиэтилентерафталат (ПЭТФ). Прочный, жёсткий и лёгкий материал. Плотность ПЭТФ составляет 1,36 г/см. куб. Обладает хорошей термостойкостью (сопротивление термодеструкции) в диапазоне температур от -40° до $+200^{\circ}$. ПЭТФ устойчив к действию разбавленных кислот, масел, спиртов, минеральных солей и большинству органических соединений, за исключением сильных щелочей и некоторых растворителей. При горении сильно коптящее пламя. При удалении из пламени самозатухает.

Полистирол. При сгибании полосы полистирола, легко гнется, потом резко ломается с характерным треском. На изломе наблюдается мелкозернистая структура. Горит ярким, сильно коптящим пламенем (хлопья копоти тонкими паутинками взмывают вверх!). Запах сладковатый, цветочный. Полистирол хорошо растворяется в органических растворителях (стирол, ацетон, бензол). Плотность полистирола: от 1,05 до 1,08 г/см.куб. (тонет в воде!). Пенополистирол (пенопласт). Легкий, пористый материал белого цвета. Один из лучших и доступных теплозвукоизоляционных материалов. Объемная масса: 0,01–0,1 г/см.куб. Проба на горение аналогична полистиролу. Легко растворяется в ацетоне.

Поливинилхлорид (ПВХ). Эластичен. Трудногорюч (при удалении из пламени самозатухает). При горении сильно коптит, в основании пламени можно наблюдать яркое голубовато-зеленое свечение. Очень резкий, острый запах дыма. При сгорании образуется черное, угледоподобное вещество (легко растирается между пальцами в сажу). Растворим в четыреххлористом углероде, дихлорэтано. Плотность: 1,38–1,45 г/см. куб. ПВХ можно отличить по признакам:

- при сгибании на линии сгиба появляется белая полоса;
- бутылки из ПВХ бывают синего или голубого цвета;
- шов на дне бутылки имеет два симметричных наплыва.

Полиметакрилат (органическое стекло, ПММА). Прозрачный, хрупкий материал. Горит синевато-светящимся пламенем с легким потрескиванием. У дыма острый фруктовый запах (эфира). Легко растворяется в дихлорэтано.

Полиамид (ПА). Материал имеет отличную маслбензостойкость и стойкость к углеводородным продуктам, которые обеспечивают широкое применение ПА в автомобильной и нефтедобывающей промышленности (изготовление шестерен, искусственных волокон).

Полиамид отличается сравнительно высоким влагопоглощением, которое ограничивает его применение во влажных средах для изготовления ответственных изделий. Горит голубоватым пламенем. При горении

разбухает, «пшикает», образует горящие потеки. Дым с запахом паленого волоса. Застывшие капли очень твердые и хрупкие. Полиамиды растворимы в растворе фенола, концентрированной серной кислоте. Плотность: 1,1–1,13 г/см. куб. Тонет в воде.

Полиуретан. Основная область применения — подошвы для обуви. Очень гибкий и эластичный материал (при комнатной температуре). На морозе — хрупок. Горит коптящим, светящимся пламенем. У основания пламя голубое. При горении образуются горящие капли-потеки. После остывания, эти капли — липкое, жирное на ощупь вещество. Полиуретан растворим в ледяной уксусной кислоте.

Пластик АВС. Все свойства по горению аналогичны полистиролу. От полистирола достаточно сложно отличить. Пластик АВС более прочный, жесткий и вязкий. В отличие от полистирола более устойчив к бензину. Фторопласт-3. Применяется в виде суспензий для нанесения антикоррозийных покрытий. Не горюч, при сильном нагревании обугливается. При удалении из пламени сразу затухает. Плотность: 2,09–2,16 г/см.куб.

Фторопласт-4. Материал с гладкой, скользкой поверхностью. Один из лучших диэлектриков. Не горюч, при сильном нагревании плавится. Не растворяется практически ни в одном растворителе. Самый стойкий из всех известных материалов. Плотность: 2,12–2,28 г/см.куб. (зависит от степени кристалличности — 40–89%). По органолептическим свойствам очень похож на сверхвысокомолекулярный полиэтилен. Но в отличие от него сразу тонет в воде из-за большой плотности.

Задание 1. Провести анализ предложенных пластиков существующими методами. Определить вид полимера и записать его характеристики, область использования.

Задание 2. Составьте кластер «Рециклинг использованной полимерной упаковки».

Задание 3. Составьте кластер «Вторичное использование упаковки».

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6

Расчет полигона размещения твердых коммунальных отходов (4 часа)

Цель работы — отработать навыки по определению общей вместимости полигона твердых коммунальных отходов (ТКО); расчету площади полигона; уточнению высоты «холма» ТКО и расчету параметров котлована.

Контрольные вопросы:

1. Компонентный состав ТКО.
2. Условия размещения полигонов ТКО.
3. Основные требования к полигонам ТКО.
4. Условия эксплуатации полигонов ТКО.

Общие положения. Наиболее распространенными в настоящее время сооружениями по обезвреживанию удаляемых из города ТКО являются полигоны. Полигоны — комплекс природоохранных сооружений, предназначенных для складирования, изоляции и обезвреживания ТКО, обеспечивающий защиту от загрязнения атмосферы, почвы, поверхностных и грунтовых вод, препятствующий распространению грызунов, насекомых и болезнетворных микроорганизмов.

Проектирование, эксплуатация и рекультивация полигонов для твердых бытовых отходов производятся в соответствии с Инструкцией по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для твердых коммунальных отходов.

Полигоны ТКО размещают при выполнении следующих условий. На землях несельскохозяйственного назначения, непригодных для сельского хозяйства, ухудшенного качества, не занятых зелеными насаждениями. На участках, где есть возможность осуществления мероприятий и внедрения инженерных решений, исключающих загрязнение окружающей природной среды, развитие опасных геологических процессов или других негативных процессов и явлений.

На участках, прилегающих к городским территориям, если они не включены в жилую застройку в соответствии с генеральным планом развития города на ближайшие 25 лет, а также под перспективную застройку.

На участках, характеризующихся природной защищенностью подземных вод от загрязнения. Грунтовые воды на участке размещения полигонов ТКО должны находиться на глубине не менее 2 м от его основания.

За границами зон возможного влияния на водозаборы, поверхностные воды, заповедники, курорты и т.д. С учетом розы ветров относительно жилой застройки, зон отдыха и других мест массового пребывания населения, за границами санитарно-защитной зоны. За границами городов.

Рекомендуемая площадь участка складирования ТКО при сроке эксплуатации 15 лет представлена в табл. 1. При проектировании высотных полигонов ТКО наиболее экономичными являются земельные участки, близкие по форме к квадрату, и предполагающие максимальную высоту складирования ТКО. Заложение откосов высотного полигона определяется расчетами надежности в зависимости от физико-механических характеристик ТКО и грунтов карьеров, из которых будут отсыпаться ограждающие сооружения. По контуру подошвы склонов высотного полигона ТКО следует предусмотреть лотки для сбора и отвода фильтрата.

Фильтрат — жидкая фаза, образующаяся на полигоне при захоронении ТКО влажностью более 55% и вследствие атмосферных осадков, объем которых превышает количество влаги, испаряющейся с поверхности полигона. Дно и откосы котлована должны иметь противифльтрационные экраны из природных материалов с коэффициентом фильтрации воды не более 10⁻⁹ м/с и толщиной не менее 1,0 м.

Таблица 1 — Рекомендуемая площадь участка складирования ТКО, га

Средняя численность обслуживаемого населения, тыс. чел.	Средняя высота складирования ТКО, м					
	12	20	25	35	45	60
50	6,5	5,5	-	-	-	-
100	12,5	8,5	7,5	-	-	-
250	31,0	21,0	16,0	13,5	-	-
500	61,0	41,0	31,0	23,0	20,0	-
750	91,0	61,0	46,0	34,0	26,0	-
100	121,0	81,0	61,0	45,0	35,0	32,0

Если противофильтрационный экран из минерального грунта не отвечает требованиям, применяется искусственный противофильтрационный экран, имеющий коэффициент фильтрации воды не более 10^{-9} м/с, срок службы более 75 лет, стойкий к возможным нагрузкам, ультрафиолетовому излучению и повреждению грызунами.

Схематический разрез высотного полигона ТКО представлен на рис. 1.

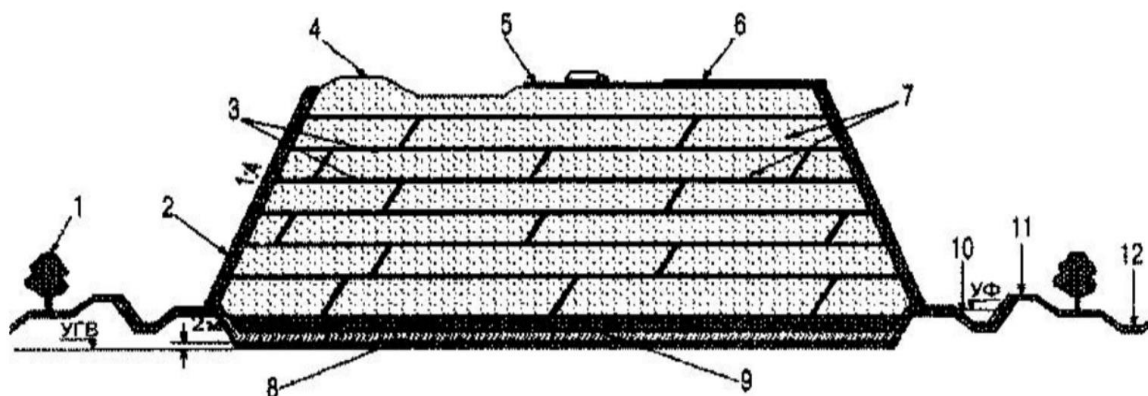


Рисунок 1 — Схема высотного полигона ТКО:

- 1 — лесная полоса; 2 — боковой внешний изолирующий слой;
 3 — промежуточный изолирующий слой; 4 — ТБО, укладываемые на рабочей карте;
 5 — временная тупиковая дорога; 6 — временный проезд с твердым покрытием;
 7 — твердые бытовые отходы; 8 — естественное или искусственное водонепроницаемое основание; 9 — насыщенные фильтратом отходы; УФ — уровень фильтрата, УГВ — уровень грунтовых вод; 10 — лоток для сбора и отвода фильтрата дождевых и талых вод со склонов; 11 — обваловка фильтратосборного лотка;
 12 — нагорная канава для сбора и отвода незагрязненного поверхностного стока (дождевых и талых вод)

Порядок выполнения расчетов. Расчет полигона твердых бытовых отходов проводится по следующим этапам:

1. Определение общей вместимости полигона ТКО. Для этого необходимы следующие данные:

- 1) расчетный срок эксплуатации полигона T , лет;
- 2) удельная норма образования отходов на одного человека в год W_1 , $\text{м}^3/\text{чел} \cdot \text{год}$; в среднем $W_1 = 1,2 \text{ м}^3/\text{чел} \cdot \text{год}$.
- 3) скорость ежегодного прироста удельной нормы U , %; принимаем $U = 1,8\%$;
- 4) численность населения города на момент проектирования полигона N_1 , чел;
- 5) прогнозируемая численность населения города через T лет — N_2 , чел.;
- 6) ориентировочная высота «холма» ТБО на полигоне, согласованная с архитектурно-планировочным управлением города, $H_{\text{орП}}$, м;

1.1. Определение удельной нормы образования W_2 отходов через T лет, $\text{м}^3/\text{чел} \cdot \text{год}$:

$$W_2 = W_1 \cdot \left(1 + \frac{U}{100}\right)^T,$$

1.2. Расчет общей вместимости полигона E_T , м^3

$$E_T = \frac{W_1 + W_2}{2} \cdot \frac{N_1 + N_2}{2} \cdot \frac{K_2}{K_1} \cdot T,$$

где N_1 — численность населения города на момент проектирования полигона, чел;

N_2 — численность населения на момент ввода полигона в эксплуатацию и спустя время T , чел.;

K_1 — коэффициент уплотнения ТКО за весь период T ;

K_2 — объем изолирующих слоев грунта;

T — период эксплуатации полигона до его закрытия, лет;

Коэффициенты K_1 и K_2 определяются по таблице 3 и 4 в зависимости от ориентировочной высоты «холма» полигона ТКО ($H_{\text{орП}}$, м).

Таблица 3 — Значение коэффициента K_1

Масса бульдозера, т	Ориентировочная высота «холма» полигона ТКО $H_{\text{опП}}$, м	K_1
14	10	3,7
14	10...30	4,0
20...25	Более 30	4,5

Таблица 4 — Значение коэффициента K_2

$H_{\text{опП}}$, м	<5,0	5,0...7,0	7,1...9,0	12	15	39	50
K_2	1,37	1,27	1,25	1,24	1,2	1,18	1,16

2. Определение площади полигона.

Основание полигона принимаем в виде прямоугольника, а форму «холма» отходов — в виде усеченной пирамиды.

2.1. Из объема пирамиды ($V = S \cdot H/3$) определяют ее основание (площадь участка складирования ТКО) $S_{\text{УС}}$, м^2

2.2. Вокруг участка складирования отходов должны быть свободная площадь для

Движения и работы транспорта, механизмов, обслуживающего персонала и подъездных дорог. Поэтому необходимая под полигон площадь $S_{\text{П}}$ (м^2) должна быть больше участка складирования $S_{\text{УС}}$ для размещения вспомогательной зоны $S_{\text{Всп}}$ (принимаем $S_{\text{Всп}} = 0,6$ га) и проездных дорог (коэффициент 1,1)

$$S_{\text{П}} = 1,1 \cdot S_{\text{УС}} + S_{\text{Всп}}$$

$$S_{\text{УС}} = \frac{3 \cdot V}{H} = \frac{3E_{\text{T}}}{H_{\text{опП}}},$$

3. Уточнение высоты «холма» ТКО и расчет параметров котлована
Практика показывает, что грунт для изолирующих промежуточных слоев, а в будущем для рекультивационного (верхнего) слоя при закрытии свалки экономически целесообразно заготавливать из котлована под основание участка складирования ТКО.

3.1. Холм полигона имеет вид усеченной пирамиды. Объем усеченной пирамиды V , м^3 («холма» ТКО) можно определить по формуле:

$$V = \frac{1}{3} \left(S_H + S_B + \sqrt{S_H \cdot S_B} \right) \cdot H ,$$

где S_H , S_B — площадь нижнего и верхнего основания пирамиды, м^2 ;
 H — высота пирамиды, м .

Таким образом, общая вместимость полигона E_{Π} , м^3

$$E_{\Pi} = \frac{1}{3} \left(S_{yc} + S_B + \sqrt{S_{yc} \cdot S_B} \right) \cdot H_{\Pi}$$

Отсюда, уточняем высоту полигона H_{Π} , м

Площадь верхнего основания холма полигона представляет форму квадрата. Принимаем $S_B = 40 \times 40 \text{ м}^2$.

$$H_{\Pi} = \frac{3 \cdot E_{\Pi}}{S_{yc} + S_B + \sqrt{S_{yc} \cdot S_B}}$$

3.2. Определяем требуемый объем грунта V , м^3

$$V_{\Gamma} = E_{\Pi} \cdot \left(1 - \frac{1}{K_2} \right)$$

3.3. Глубина котлована НК (м) с учетом откосов (коэффициент 1,1) равна:

$$H_K = 1,1 \cdot \frac{V_{\Gamma}}{S_{yc}}$$

3.4. Оценивают верхнюю отметку полигона ТКО НВО, м

$$\text{НВО} = \text{НП} - \text{НК} + 1$$

Высоту наружного изолирующего слоя грунта принимают равной 1 м, что учтено в формуле (10).

Задание. Выполнение расчетов. Для выполнения работы необходимо по вариантам исходных данных приведенных в таблице 6 определить общую вместимость полигона ТКО; рассчитать площадь полигона; произвести уточнение высоты «холма» ТКО и расчет параметров котлована. в тетради по результатам расчетов заполнить таблицу 5, сделать выводы по работе.

Таблица 5 — Форма представления отчета

№ вар.	$E_T, \text{м}^3$	$S_{\text{ус}}, \text{м}^2$	$S_{\text{п}}, \text{м}^2$	$H_{\text{п}}, \text{м}$	$V_{\text{г}}, \text{м}^3$	$H_{\text{во}}, \text{м}$

Таблица 6 — Исходные данные для расчета

№ вар	$T, \text{лет}$	$N_1, \text{тыс. чел}$	$N_2, \text{тыс. чел}$	$H^{\text{оп}}_{\text{п}}, \text{v}$
1	20	350	500	20
2	20	1300	2000	40
3	25	280	450	25
4	18	630	1000	30
5	22	410	800	30
6	25	250	520	20
7	20	1100	1800	35
8	18	800	1100	30
9	19	425	630	30
10	22	370	530	30
11	23	1600	2200	40
12	25	1025	1025	40

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7

Рекультивация полигона твердых коммунальных отходов

Цель работы: познакомиться с основными этапами и нормативной документацией по вопросу рекультивации полигона твердых коммунальных отходов.

Контрольные вопросы:

1. Классификация мест захоронения отходов.
2. Понятие рекультивации полигона твердых коммунальных отходов.
3. Технический этап рекультивации.
4. Биологический этап рекультивации.
5. Основная нормативная документация по проектированию, рекультивации и эксплуатации полигонов твердых коммунальных отходов.

Задание 1. Составит презентацию и доклад по теме «Рекультивация полигона твердых коммунальных отходов», включив инновационные методы технологии используемые при проведении рекультивации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Закон Республики Беларусь «Об обращении с отходами» от 18 июля 2016 г. № 399-З.
2. Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь об утверждении Классификатора отходов, образующихся в Республике Беларусь, 8 ноября 2007 г. — № 85.
3. Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь о некоторых вопросах разработки нормативов образования отходов производства, порядка их согласования и утверждения, 22 ноября 2007 г. — № 89.
4. Охрана окружающей среды и природопользование. Отходы. Обращение с коммунальными отходами. Правила эксплуатации объектов обезвреживания коммунальных отходов: ТКП 17.11-03–2009.
5. Обращение с отходами: учеб. пособие для студентов учреждений высш. образования по специальности «Природоохранная деятельность (по направлениям)» / А.А. Челноков [и др.]. — Минск: Вышэйшая школа, 2018. — 459с.
6. Юльметова Р.Ф., Сергиенко О.И. Теория и практика обращения с отходами: Учебно-методическое пособие. — СПб: Университет ИТМО, 2022 — 118 с.
7. Шушкевич, А.М. Состояние и перспективы развития отрасли обращения с отходами в Республике Беларусь / А.М. Шушкевич // Экономический бюллетень Научно-исследовательского института Министерства экономики РБ. — 2015. — № 10. — С. 55–64.
8. Устанавливаем класс опасности отходов // Экология на предприятии. — 2021. — № 7. — С. 47–56.
9. Кичаева, Н.Б. Анализ тенденций образования и использования отходов в Республике Беларусь / Н.Б. Кичаева, Е.В. Чичко, Н.А. Лысухо // Экологический вестник: Научно-практический журнал. — 2012. — № 2. — С. 84–93.
10. Михайлов, А.А. Административная ответственность за нарушение законодательства об обращении с отходами / А.А. Михайлов // Экология на предприятии. — 2019. — № 3. — С. 82–91.
11. Устанавливаем класс опасности отходов // Экология на предприятии. — 2021. — № 7. — С. 47–56.
12. Дубинский, Н. А. Обращение с отходами / Н.А. Дубинский // Экология на предприятии. — 2018. — № 9. — С. 14–16.
13. Михайлов, А.А. Административная ответственность за нарушение законодательства об обращении с отходами / А.А. Михайлов // Экология на предприятии. — 2019. — № 3. — С. 82–91.

Учебное издание

УПРАВЛЕНИЕ ОТХОДАМИ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ

Методические рекомендации
к проведению практических работ

Составитель

ЛИТВЕНКОВА Инна Александровна

Технический редактор

Г.В. Разбоева

Компьютерный дизайн

Л.В. Рудницкая

Подписано в печать 19.12.2025. Формат 60х84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 2,33. Уч.-изд. л. 1,70. Тираж 9 экз. Заказ 149.

Издатель и полиграфическое исполнение — учреждение образования
«Витебский государственный университет имени П.М. Машерова».

Свидетельство о государственной регистрации в качестве издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/255 от 31.03.2014.

Отпечатано на ризографе учреждения образования
«Витебский государственный университет имени П.М. Машерова».
210038, г. Витебск, Московский проспект, 33.