

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
КАФЕДРА ГИГИЕНЫ ТРУДА

В. А. Филонюк, Д. Ю. Осмоловский

# ОЧИСТКА НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ ОТ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Методические рекомендации



Минск 2008

УДК 614.76 (075.8)  
ББК 51.21 я 73  
Ф 55

Утверждено Научно-методическим советом университета  
в качестве методических рекомендаций 28.03.2007 г., протокол № 7

Рецензенты: доц. каф. общей гигиены Белорусского государственного медицинского университета канд. мед. наук П. Г. Новиков; зав. отд. коммунальной гигиены ГУ «Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья», канд. мед. наук С. Г. Позин

**Филонюк, В. А.**

Ф 55 Очистка населенных мест от твердых бытовых отходов : метод. рекомендации / В. А. Филонюк, Д. Ю. Осмоловский. – Минск : БГМУ, 2007. – 20 с.

Издание содержит основные аспекты проблемы твердых бытовых отходов и наиболее перспективные пути к ее решению.

Методические рекомендации предназначены для студентов 4 и 6 курсов медико-профилактического факультета.

**УДК 614.76 (075.8)**  
**ББК 51.21 Я 73**

© Оформление. Белорусский государственный  
медицинский университет, 2007

## Мотивационная характеристика темы

Современные темпы развития производства бытовых товаров и повышение уровня потребления способствует быстрому росту количества твердых бытовых отходов (ТБО). В то же время положение с их утилизацией, в лучшем случае, остается на прежнем уровне. Для обеспечения санитарно-эпидемического благополучия населенных мест одной из задач санитарной службы в области санитарной очистки населенных мест является гигиеническая оценка наиболее приемлемой технологической схемы сбора, удаления, обезвреживания и утилизации ТБО.

**Цель занятия:** получение знаний, необходимых для самостоятельной разработки наиболее эффективных схем санитарной очистки населенных мест.

**Задачи занятия:**

1. Изучить свойства и состав ТБО.
2. Изучить основные системы сбора и временного хранения ТБО.
3. Изучить основные мероприятия по обезвреживанию и утилизации ТБО.
4. Изучить концепцию Комплексного управления отходами (КУО).

**Требования к исходному уровню знаний:** для наиболее полного освоения темы студенту необходимо повторить материал из курсов:

- *общей гигиены* – почва и ее гигиеническое значение;
- *медицинской экологии* – основные загрязнители почвы, атмосферного воздуха.

**Контрольные вопросы из смежных дисциплин:**

1. Почва, свойства, состав.
2. Гигиеническое значение почвы.
3. Основные загрязнители почвы и атмосферного воздуха.
4. Самоочищение почвы.

**Контрольные вопросы по теме занятия:**

1. Твердые бытовые отходы, их состав, свойства.
2. Нормативы образования ТБО.
3. Основные системы сбора и временного хранения ТБО.
4. Гигиеническое значение отдельной системы сбора ТБО.
5. Гигиеническая характеристика основных систем удаления ТБО.
6. Современные методы обезвреживания и утилизации ТБО.
7. Гигиенические аспекты вторичной переработки.
8. Комплексный подход к решению проблемы ТБО.

## УЧЕБНЫЙ МАТЕРИАЛ

Бытовой мусор (твердые бытовые отходы) является одним из видов хозяйственно-бытовых отбросов возникающих в результате жизнедеятельности человека. В настоящее время в экономически развитых странах образуется от 1 до 3 кг твердых бытовых отходов на душу населения в день, что суммарно со-

ставляет десятки и сотни миллионов тонн в год и это количество увеличивается примерно на 10 % каждые 10 лет.

Традиционно твердыми бытовыми отходами (**ТБО/Municipal Solid Waste**) называли отходы, захоронением которых занимались жилищно-коммунальные службы.

#### **Основные источники ТБО населенных мест:**

1. Индивидуальные и многоквартирные дома.
2. Учреждения — школы, больницы, тюрьмы, магазины, культурные заведения, предприятия общественного питания, гостиницы.
3. Коммунальные службы — снос и строительство зданий, уборка улиц, зеленое строительство, парки, пляжи, отходы мусоросжигания и мусоропереработки.
4. Промышленность.
5. Сельское хозяйство.

### **Классификация, состав ТБО**

Отходы можно классифицировать как по *происхождению*: бытовые, промышленные, сельскохозяйственные и т. д., так и по *свойствам*. Самое известное разделение по свойствам, принятое в законодательствах большинства стран — это деление на «опасные» (т. е. токсичные, взрывоопасные, воспламеняющиеся и проч.) и «неопасные» отходы.

Классификация ТБО по месту образования:

1. Бытовые отходы благоустроенных жилых зданий, гостиниц, общежитий — пищевые отходы, комнатный и дворовой смет, стекло, кожа, резина, бумага, металл, ветошь, пластмасса, отходы текущего ремонта квартир;
2. Бытовые отходы неблагоустроенных жилых зданий — тоже, что и в благоустроенных зданиях. Кроме того, остатки топлива, зола, шлак в отопительный период.
3. Бытовые отходы учреждений административного и общественного назначения — преимущественно бумага, дерево, текстиль, стекло, пластмасса, комнатный и уличный смет.
4. Отходы торговых предприятий и учреждений культурно-бытового назначения — бумага, тара, упаковочные материалы, пластмасса.
5. Отходы предприятий общественного питания — в основном пищевые отходы, кости, бумага, пластмасса, стекло, смет.
6. Отходы лечебных учреждений — перевязочный материал, пищевые отходы, бумага, пластмасса, комнатный смет.

Состав и объем бытовых отходов чрезвычайно разнообразны и зависят не только от страны и местности, но и от времени года и от многих других факторов.

Известному английскому эксперту по проблеме отходов Полу Коннетту принадлежит краткая формулировка, выражающая новый взгляд на бытовой мусор: «Мусор — это не вещество, а искусство — искусство смешивать вместе разные полезные вещи и предметы, тем самым определяя им место на свалке. В результате, смешивая различные полезные предметы с бесполезными, токсич-

ные с нетоксичными, горючие с несгораемыми, мы не должны удивляться, что полученная смесь бесполезна, токсична и плохо горит. Эта смесь, называемая бытовыми отходами, будет представлять опасность для людей и окружающей среды, попав как на мусоросжигательный завод (МСЗ), так и на свалку или мусороперерабатывающий завод (МПЗ)».

Морфологический состав твердых бытовых отходов (процентное содержание отдельных составляющих частей) представлен в табл. 1.

Таблица 1

**Морфологический состав твердых бытовых отходов (1995–2003 гг.)**

Наименование составляющих компонентов ТБО	Среднегодовой морфологический состав ТБО, %	
	г. Минск	Крупные города России
Бумага	28	30
Пищевые отходы	27	30
Дерево	1	3
Металл	7	3,8
Текстиль	7	7
Кости	1	2
Стекло	13	8
Кожа, резина	1	2
Камни	1	3
Пластмасса	10	5
Прочие	1	2

Как видно из табл. 1, бумага и картон составляют наиболее значительную часть ТБО (до 40 % в развитых странах). Второе место занимают пищевые (органические) отходы.

Объемы образования бытовых отходов для некоторых стран разнятся и приведены в табл. 2, сравнение состава ТБО в странах с различным уровнем дохода — на рис. 1.

Таблица 2

**Образование твердых бытовых отходов в 2000 г.**

Страна	Всего в год, тонн	На душу населения в день, кг
США	216,000,000	2,00
Западная Европа	123,300,000	1,1
Великобритания	18,000,000	0,9

Таким образом, количество образующихся ТБО различно даже в странах с примерно одинаковыми доходами, что, видимо, связано с различным укладом жизни либо национальными особенностями.

Следует отметить, что тенденция к ежегодному увеличению количества образующихся ТБО характерна для всей территории Республики Беларусь, где состав бытовых отходов, особенно в крупных городах, приближается к составу ТБО в развитых западных странах и характеризуется относительно большим удельным весом бумажных отходов и изделий из пластика. В 1995 г. годовое накопление ТБО на 1 жителя г. Минска составляло 1,61 м<sup>3</sup>, а в 2003 г. это цифра увеличилась на 19,3 % и составила 1,92 м<sup>3</sup>. В расчетах на перспективу до 2015 г. общий средний норматив накопления ТБО на одного жителя г. Минска

принят по объему 2,27 м<sup>3</sup>, по массе — 300 кг. В то же время, в 2006 г. норма накопления ТБО в США — 4,5 м<sup>3</sup>, Франции — 2,8 м<sup>3</sup>, Германии — 2,7 м<sup>3</sup>.

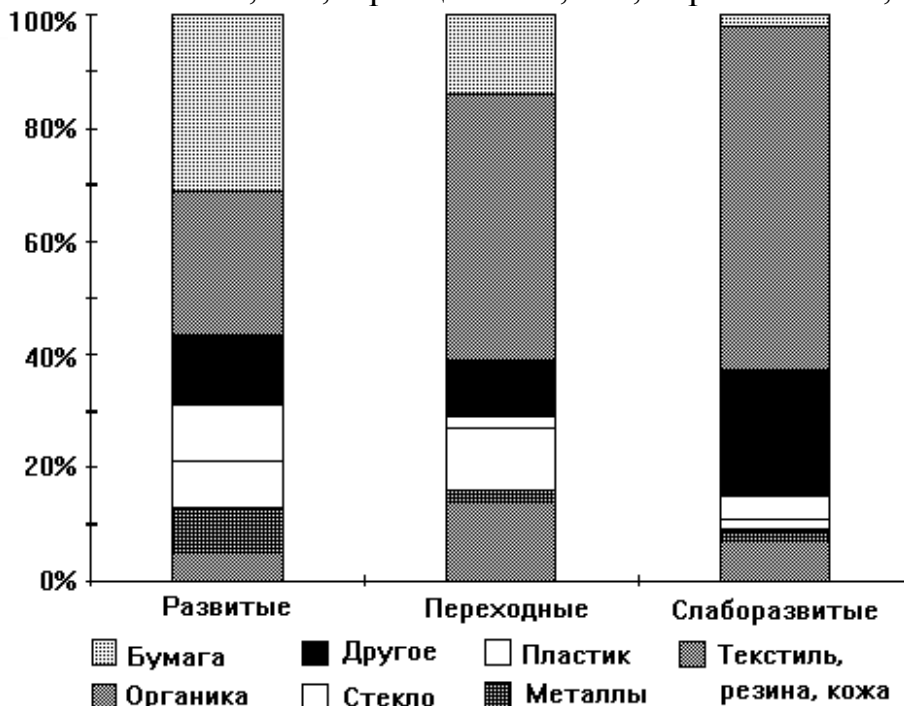


Рис. 1. Распределение отходов по составляющим в различных странах

Примерный состав отдельных компонентов в составе ТБО:

**Бумага** — газеты, офисная бумага, гляцевые журналы, бумага для компьютеров, картон, оберточная бумага.

**Пластик** — ПЭТ или РЕТ (бутылки из-под газированной воды, напитков), смешанный пластик, пенопласт, другой пластик (полиэтилен, ПВХ).

**Металл** — ферромагнетики (стальные банки и т. д.), алюминий и др.

**Стекло** — прозрачное, коричневое («янтарное»), зеленое, другое (лампы, оконное и т. д.).

**Растительные отходы** — листья, трава, ветки.

**Деревянные отходы** — опилки, куски дерева, стружки, спички.

**Резиновые отходы.**

**Кожа.**

**Пищевые отходы** — остатки фруктов, хлеба, отходы овощей, картофельные очистки, мясные и рыбные отходы.

**Неорганика** (камни, песок, керамика).

**Текстиль** — старая одежда, тряпье, вата, веревки, войлок.

**Строительный мусор.**

**Кости** — отходы животного происхождения.

**Опасные бытовые отходы** (растворители, ядохимикаты).

**Вещи, выброшенные целиком** (холодильники, телевизоры).

**Остаточные материалы** (зола, ил).

**Мелкие материалы** (проходящие через 1,5-сантиметровую сетку) — остатки овощей, фруктов, комнатный и дворовой смет.

В состав ТБО может входить ряд опасных компонентов: **батарейки и аккумуляторы, электроприборы, лаки, краски, удобрения и ядохимикаты,**

**бытовая химия, медицинские отходы, ртутьсодержащие термометры, барометры, тонометры, лампы.**

Химический состав ТБО приведен в табл. 3.

Таблица 3

**Химический состав ТБО**

<b>Наименование показателя</b>	<b>% сухой массы</b>
Органические вещества	56–72
Зольность	28–14
Общий азот	0,9–1,9
Кальций	2–3
Углерод	30–35
Фосфор	0,5–0,8
Сера	0,2–0,3
pH	5,0–5,6
Влажность, % общей массы	35

Таким образом, большое количество источников образования ТБО, вариабельность состава отходов, опасность в гигиеническом отношении требует от врача по коммунальной гигиене самого пристального внимания к проблеме санитарной очистки населенных мест.

## **Санитарная очистка населенных мест**

**Санитарная очистка** — это система сбора, удаления, обезвреживания и утилизации ТБО, в целях сохранения здоровья населения и общего благоустройства.

### **Системы сбора и промежуточного хранения отходов**

Сбор отходов часто является наиболее сложным и дорогостоящим компонентом всего процесса санитарной очистки населенных мест. Организация сбора ТБО из домовладений включает в себя следующие операции: ТБО из квартир малоэтажных зданий (до 5 этажей) собираются в квартирные мусоросборники, которые затем вручную выносятся жителями в дворовые мусоросборники (переносные мусоросборники либо контейнеры емкостью 500–750 л). В зданиях 6 этажей и выше удаление ТБО производится по мусоропроводам.

К мусоросборникам предъявляются следующие гигиенические требования:

1. Простота и надежность конструкции.
2. Защищенность от грызунов и других животных.
3. Возможность их санитарной обработки.

Существует 2 технологические схемы сбора ТБО:

1. *Унитарная* — сбор всех видов отходов происходит в одну тару (контейнер).
2. *Раздельная* — предусматривает отдельный сбор отдельных компонентов ТБО (бумага, стекло, пластик, текстиль, пищевые отходы).

Особенности фракционного состава ТБО приводят к тому, что слежавшиеся, собранные в одну тару отходы с трудом подлежат сортировке, а в результате этого возможна утилизация лишь 5–10 % вторичных ресурсов, в то время как селективный сбор ТБО позволяет:

- максимально утилизировать ценное вторичное сырье (более 50 % вторичных ресурсов);
- исключить уже на стадии домашней селекции отходов накопления в них тяжелых металлов.

Раздельная технологическая схема сбора отходов и вторичных ресурсов широко применяется во всех развитых странах мира. К настоящему моменту были проведены эксперименты по раздельному сбору мусора и на территории Республики Беларусь. Однако, в целом, раздельный сбор отходов в Беларуси имеет ограниченный характер и не решает проблемы ТБО. Для более широкого внедрения системы раздельного сбора ТБО необходимо обеспечить:

1. Достаточное количество специализированных контейнеров для раздельного сбора ТБО, причем, установка их должна быть максимально приближена к жилым домам.

2. Систему материального стимулирования участников по сбору вторичных ресурсов, путем оборудования в населенных пунктах центров по его сбору (**drop-off center**). Такой центр представляет собой киоск, несколько контейнеров (или просто огороженных участков), куда гражданам предлагается сдавать или выбрасывать определенные материалы (например, контейнер для зеленого стекла, контейнер для газетной бумаги и т. п.).

*Для того, чтобы такой центр работал, потребуется неоднократно оповестить население о его наличии и очень четко объяснить «правила пользования»: что в какой контейнер выбрасывать, в каком виде (например, вымытые бутылки) и что выбрасывать нельзя. Последний момент очень важен: например, ни в коем случае нельзя смешивать бутылочное стекло с лампочками или оконным стеклом. Все эти вещи нужно обозначать или рисовать очень крупно, заметно и ярко в местах сбора отходов.*

3. Собранные вторичные ресурсы необходимо доставить в места их переработки в максимально короткие сроки.

4. Опережающее развитие мощностей по переработке вторичных ресурсов. В противном случае, вторичные отходы снова окажутся на полигоне по их захоронению.

## **Системы удаления отходов**

Наиболее распространенной в настоящее время системой удаления ТБО является **вывозная система**, которая, однако, обладает рядом гигиенических недостатков:

1. Использование дворовых мусоросборников часто приводит к загрязнению территории.

2. Несовершенство конструкции специального автотранспорта (мусоровозов) приводит к загрязнению территории населенных мест как во время перегрузки ТБО, так и во время транспортировки отходов к местам обезвреживания или утилизации.

3. Необходимость организации подъездных путей для спецавтотранспорта при наличии мусоропроводов к каждой секции дома, а при дворовых сборниках — к местам их установки.



Устранению этих недостатков способствует применение более прогрессивных методов удаления ТБО:

1. Механические методы (подъем ТБО из шахты мусоросборника в контейнерах, подача ТБО в мусоровоз шнеками и транспортерами).

2. Пневмотранспортировка (рис. 2, 3). Система пневмотранспортировки состоит из вентиляционных камер, расположенных в зданиях под мусоропроводами, всасывающих труб для присоединения вентиляционных камер с периодически открывающимися шиберами, магистральных транспортных труб, бункера для сбора отходов, машинного отделения с вакуум-турбинами, обеспыливающего фильтра.

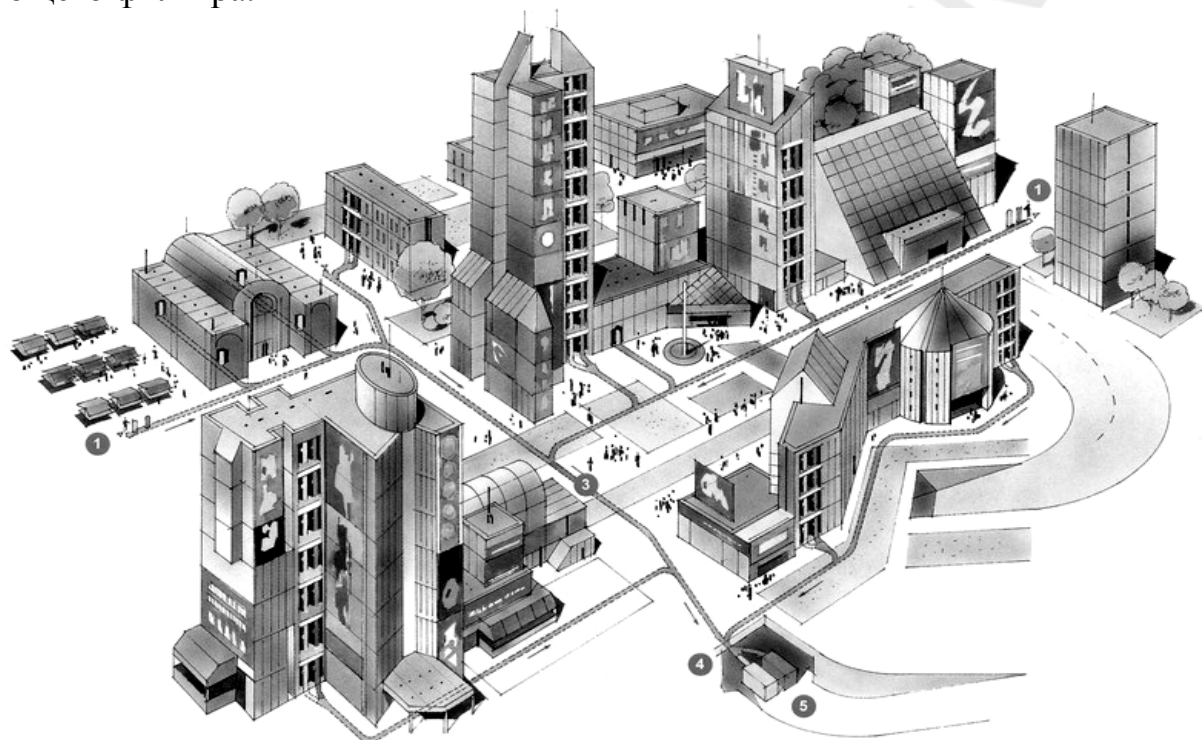
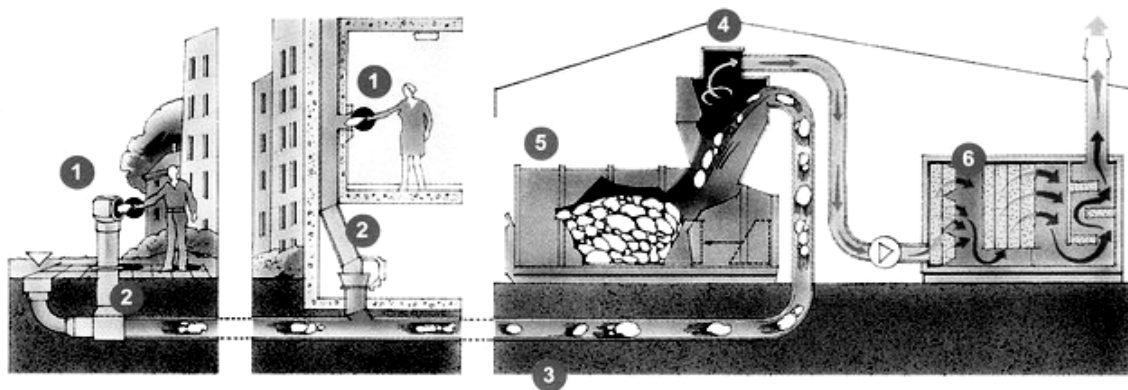


Рис. 2. Схема пневматической системы удаления ТБО из жилого квартала



- |  |  |
|--|--|
| <p>1 Мусор помещается в загрузочный люк</p> <p>2 Мусор временно накапливается в накопителе над разгрузочным клапаном</p> <p>3 Мешки с мусором засасываются в герметичный трубопровод</p> | <p>4 Здесь мусор отделяется от транспортирующего его воздуха</p> <p>5 Мусор накапливается в контейнере, который затем увозится грузовиком</p> <p>6 Воздух проходит через фильтр и, очищенный, выбрасывается наружу здания.</p> |
|--|--|

Рис. 3. Система пневмотранспортировки ТБО

Система состоит из нескольких вертикальных мусоропроводов, соединенных в единую сеть трубопроводом для пневматической транспортировки отходов в центральную станцию сбора. Отходы через загрузочный лючок падают в отсек временного хранения над разгрузочным клапаном внизу каждого мусоропровода. По мере заполнения система управления открывает поочередно все разгрузочные клапаны в автоматическом режиме и включает воздушные насосы. Отходы доставляются в центральную станцию сбора потоком воздуха, где отходы сепарируются от воздуха и попадают в контейнер емкостью 15–25 м<sup>3</sup> и по необходимости уплотняются. Очищенный через специальные фильтры воздух выбрасывается наружу здания. Контейнер по мере заполнения вывозится стандартным грузовым транспортом.

### 3. Гидротранспортировка.

4. Мусоросжигательные установки в подвале здания. Сжигание производится по определенному графику. Для очистки газов применяется скрубберы. При сжигании объем отходов уменьшается до 7 % от первоначального объема. После сжигания отходы попадают в зольник, который опорожняется один раз в несколько дней.

## Методы обезвреживания и утилизации ТБО

В настоящее время существует более 20 методов обезвреживания и утилизации ТБО. По каждому методу имеется 5–10 (а по отдельным до 50) разновидностей технологий, технологических схем. Методы обезвреживания ТБО по конечной цели делятся на ликвидационные (решают в основном санитарно-гигиенические задачи) и утилизационные (дополнительно решают задачи вторичных ресурсов). По технологическому принципу методы обезвреживания ТБО делятся: на **биотермические, термические, химические, механические и смешанные.**

Наибольшее распространение в развитых зарубежных странах получили следующие методы обезвреживания и утилизации отходов:

- складирование на полигонах;
- мусоросжигание;
- компостирование.

### **Складирование на полигонах**

С традиционно применявшимися свалками обычно было связано множество гигиенических проблем. Они являлись рассадниками грызунов и птиц, источниками загрязнения водоемов, подземных и поверхностных вод, атмосферного воздуха и территории населенных мест, небезопасны они также и в противопожарном отношении. На смену свалкам в 50-х годах прошлого века начинают внедряться «полигоны ТБО», на которых отходы каждый день пересыпаются почвой. На сегодняшний день в мировой практике полигонное захоронение является основным методом депонирования ТБО. В первую очередь, это связано с тем обстоятельством, что данный метод технологически несложен, но в то же время экологическая ненадежность полигонов приводит к поиску альтернативных, более благоприятных в гигиеническом отношении методов обезвреживания ТБО.

Полигон по захоронению ТБО представляет собой сложнейшую систему, подробное исследование которой началось сравнительно недавно. Дело в том, что большинство материалов, которые захороняют на полигонах, появились, как и сами современные полигоны, не более 20–30 лет назад. При раскопке старых полигонов, было обнаружено, что за 15 лет 80 % органического материала, попавшего на полигон, не разложилось. Кроме того, в условиях недостатка кислорода органические отходы на полигонах подвергаются анаэробному брожению, что приводит к формированию смеси метана и угарного газа (свалочного газа). В недрах свалки также формируется фильтрат, попадание которого в поверхностные водоемы или в подземные водоносные горизонты крайне нежелательно. Поэтому создание полигонов ТБО, прежде всего, требует соблюдения жестких условий:

1. Рациональный выбор площадки под строительство ТБО с возможностью выделения санитарно-защитной зоны.
2. Устройства гидрозакрепленных оснований с применением водоупорных материалов (специальных полиэтиленовых пленок — мембран, глин с низким коэффициентом фильтрации, кислых гудронов).
3. Механизированного послойного уплотнения ТБО с помощью специальных тракторов-трамбовщиков или катков-уплотнителей.
4. Промежуточной изоляции минеральным грунтом или инертными материалами (шлам, строительный мусор).
5. Системы постоянного мониторинга за эксплуатацией полигона.
6. Своевременный и безопасный вывод из эксплуатации.

Безопасная эксплуатация полигона подразумевает следующие меры:

- процедуры исключения опасных отходов и ведение записи по всем принимаемым отходам и точным координатам их захоронения;

- обеспечение ежедневного перекрытия сваливаемых отходов грунтом или специальной пеной для предотвращения разноса отходов;
- борьбу с переносчиками болезней (крысами и т. д.) обычно обеспечивается использованием ядохимикатов;
- откачку взрывоопасных газов из недр свалки (затем метан может быть использован для производства электричества — по всей Великобритании подобные установки производят 80 МВт), для этого в нее должны быть встроены специальные вертикальные перфорированные трубы;
- на полигон должен осуществляться только контролируемый доступ людей и животных — периметр должен быть огорожен и охраняться;
- гидротехнические сооружения должны минимизировать попадание дождевых стоков и поверхностных вод на полигон, а все поверхностные стоки с полигона должны направляться на очистку; жидкость, которая выделяется из отходов не должна попадать в подземные воды — для этого создаются специальные системы гидроизоляции;
- фильтрующаяся жидкость должна собираться системой дренажных труб и очищаться перед попаданием в канализацию или природные водоемы;
- регулярный мониторинг воздуха, грунтовых и поверхностных вод в окрестностях полигонов.

Особое внимание уделяется выводу полигона из эксплуатации и последующей рекультивации.

### **Мусоросжигание**

Из методов промышленной переработки ТБО в мировой практике широкое распространено сжигание на специальных заводах с утилизацией тепла или без нее. В начале 80-х годов были построены мусоросжигательные заводы (МСЗ) «нового поколения» (снабженные высокотехнологичными устройствами очистки выбросов). В настоящее время существуют различные виды термической переработки ТБО. К наиболее распространенным из них относятся — сжигание на решетках, сжигание в «кипящем» слое, пиролиз и т. д. Мусоросжигание наиболее распространено в Японии, Германии и Франции. В европейских странах путем сжигания ликвидируется 20–25 % объема городских отходов, в США — 8 %, в Японии — свыше 65 %.

К положительным факторам мусоросжигания относятся:

- многократное уменьшение объема ТБО (примерно в 10 раз);
- устранение неблагоприятных свойств ТБО: запаха, выделения токсичных жидкостей, бактерий, привлекательность для птиц и грызунов;
- уменьшение затрат по транспортировке;
- рекуперация (использование) тепла.

В тоже время, ряд отрицательных факторов, присущих данному методу, ограничивает распространение МСЗ:

- загрязнение воздушного бассейна продуктами сгорания ТБО (тяжелые металлы, соединения хлористого и фтористого водорода, золой, оксидами серы и азота, фуранами и диоксинами, которые отрицательно влияют на здоровье населения).
- высокая удельная капиталоемкость строительства (в 7–15 раз выше,

чем у полигонов ТБО), причем, около половины капитальных расходов при строительстве МСЗ уходит на установку достаточно сложных систем очистки выбросов;

- безвозвратная потеря ценных вторичных ресурсов;
- до  $\frac{1}{3}$  эксплуатационных расходов МСЗ уходит на плату за захоронение золы образующейся при сжигании мусора, которая по весу составляет до 30 % от исходного веса отходов, т. к. она представляет собой гораздо более экологически опасное вещество, чем ТБО сами по себе.

В результате стоимость сжигания отходов оказывается ничуть не ниже, чем стоимость их обезвреживания на полигонах ТБО (рис. 4).

Мусоросжигание — это достаточно сложный и высокотехнологичный вариант обращения с отходами. Сжигание требует предварительной обработки ТБО. При разделении из ТБО стараются удалить крупные объекты, металлы (как магнитные, так и немагнитные) и дополнительно их измельчить. Для того, чтобы уменьшить вредные выбросы в атмосферу, необходимо удалить батарейки и аккумуляторы, пластик, листья. Сжигание неразделенного потока отходов в настоящее время считается чрезвычайно опасным.

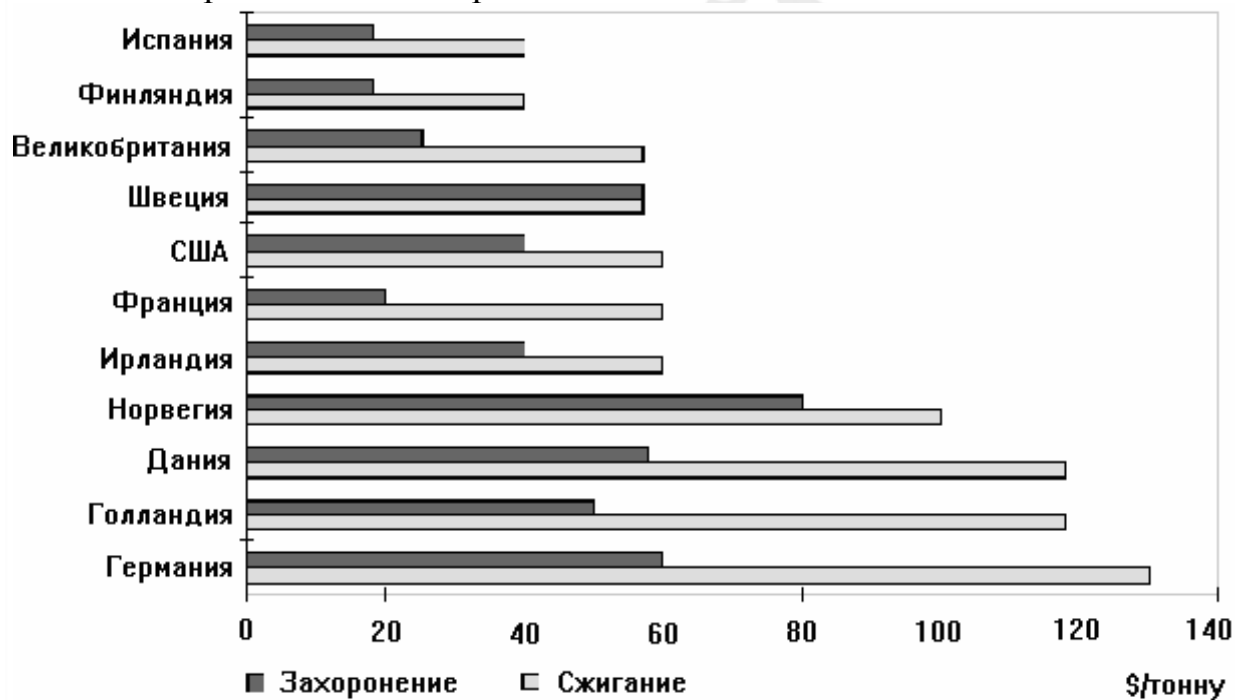


Рис. 4. Стоимость сжигания отходов и захоронения на полигонах

Строительство предприятий по сжиганию ТБО является возможным, при соблюдении следующих условий:

1. Приемлемый для сжигания состав отходов с достаточной теплотворной способностью.
2. Достаточный объем отходов.
3. Наличие экологически безопасного места для захоронения продуктов сжигания.
4. Возможности организации системы мониторинга за эксплуатацией МСЗ.
5. Достаточный объем финансирования.

## Компостирование

Компостирование — это технология переработки отходов, основанная на их естественном биоразложении. Наиболее широко компостирование применяется для переработки отходов органического — прежде всего растительного — происхождения, таких как листья, ветки и скошенная трава. Существуют технологии компостирования пищевых отходов, а так же неразделенного потока ТБО. Как показывает мировая практика, сочетание предварительной промышленной сортировки и утилизации ценных вторичных ресурсов с компостированием органики следует считать одним из современных и перспективных методов переработки ТБО. Предварительное извлечение из ТБО основных источников тяжелых металлов (аккумуляторы, батарейки, цветные металлы, лакокрасочные и некоторые упаковочные материалы) позволяет получить компост, представляющий собой ценное органическое удобрение, которое может найти различные применения в городском и сельском хозяйстве.

Компостирование, применяемое в странах СНГ на *механизированных мусороперерабатывающих заводах*, представляет собой процесс сбраживания в биореакторах всего объема ТБО, а не только его органической составляющей. Хотя характеристики конечного продукта могут быть значительно улучшены путем извлечения из отходов металла, пластика и т. д., все же такой компост — достаточно опасный продукт и находит очень ограниченное применение (на Западе такой «компост» применяют только для покрытия свалок).

В нашей стране компостирование с помощью компостных ям часто применяется населением в индивидуальных домах или на садовых участках. В то же время процесс компостирования может быть централизован и должен проводиться на специальных площадках (полях компостирования). Существует несколько технологий компостирования, различающихся по стоимости и сложности. Более простые и дешевые технологии требуют больших площадей, и процесс компостирования занимает больше времени, что видно из приводимой ниже классификации технологий компостирования.

### **Технологии компостирования:**

*Минимальная.* Компостные кучи размером 4 м в высоту и 6 м в ширину. Переворачиваются раз в год. Процесс компостирования занимает от 1 до 3 лет в зависимости от климата. Необходима относительно большая санитарно-защитная зона.

*Низкого уровня.* Компостные кучи — 2 м в высоту и 3–4 м в ширину. В первый раз кучи переворачиваются через месяц. Следующее переворачивание и формирование новой кучи — через 10–11 месяцев. Компостирование занимает 16–18 месяцев.

*Среднего уровня.* Кучи переворачиваются ежедневно. Компост готов через 4–6 месяцев. Капитальные и текущие затраты выше.

*Высокого уровня.* Требуется специальная аэрация компостных куч. Компост готов уже через 2–10 недель.

### **Социально-экономические аспекты вторичной переработки**

Основной проблемой в переработке вторсырья является не отсутствие

технологий **переработки** — современные технологии позволяют переработать до 90 % от общего количества отходов, а **отделение** вторсырья от остального мусора (и разделение различных компонент вторсырья). Существует множество технологий, утилизации вторичного сырья из ТБО и наиболее дорогая и сложная из них — извлечение вторсырья из уже сформировавшегося общего потока отходов на специальных предприятиях. Из этого вытекает актуальность системы раздельного сбора ТБО. На рис. 5 приведена типичная стоимость переработки вторсырья.

Вторсырье в ТБО:

1. *Бумага* — газеты, картон, высококачественная бумага (для ксероксов и т. п.), смешанная бумага.
2. *Алюминий*.
3. *Стекло* — прозрачное, зеленое, коричневое.
4. *Ферромагнитные металлы*.
5. *Пластик* (PET, HDPE).
6. *Аккумуляторы*.
7. *Свинцовые аккумуляторы*.
8. *Бытовые батарейки*.

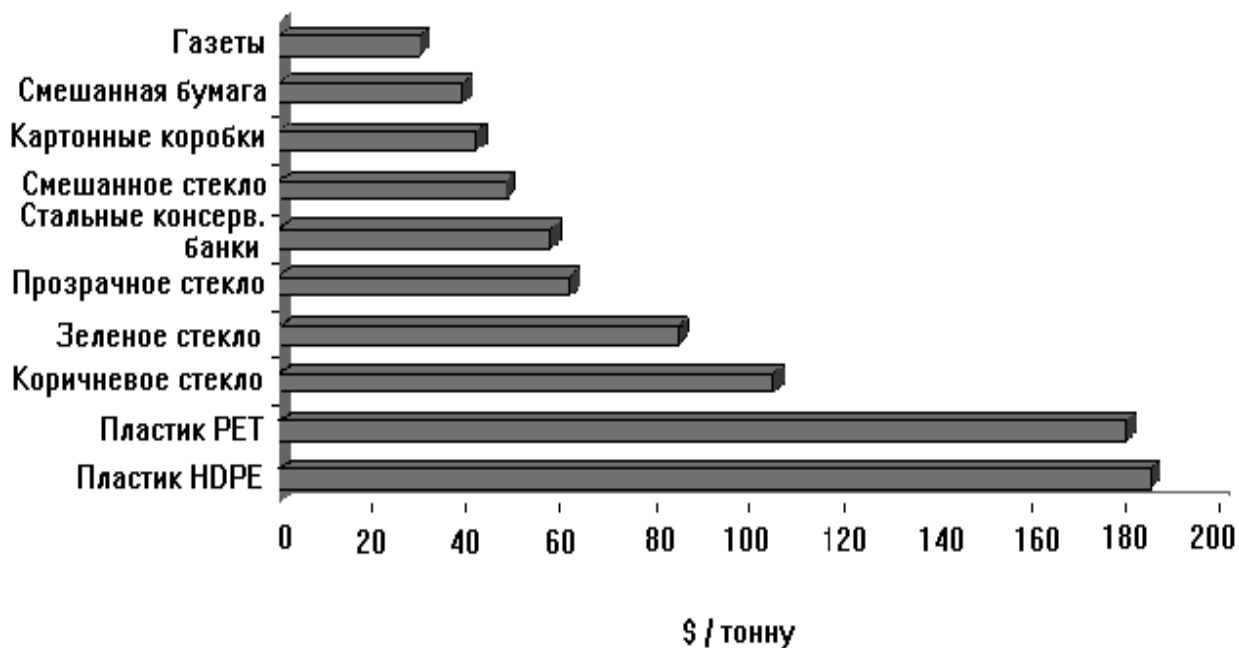


Рис. 5. Стоимость переработки вторсырья из муниципальных отходов на Западе

**Бумажные отходы** различного типа уже многие десятилетия применяют, наряду с обычной целлюлозой, для изготовления пульпы — сырья для бумаги. Из смешанных или низкокачественных бумажных отходов можно изготавливать туалетную или оберточную бумагу и картон. Бумажные отходы могут также использоваться в строительстве для производства теплоизоляционных материалов и в сельском хозяйстве — вместо соломы на фермах.

**Стальные и алюминиевые банки** переплавляются с целью получения соответствующего металла. При этом выплавка алюминия из баночек для прохладительных напитков требует только 5 % от энергии, необходимой для изго-

товления того же количества алюминия из руды, и является одним из наиболее выгодных видов «ресайклинга».

**Стекло** обычно перерабатывают путем измельчения и переплавки (желательно, чтобы исходное стекло было одного цвета). Стеклянный бой низкого качества после измельчения используется в качестве наполнителя для строительных материалов (например, т. н. «глассфальт»). Во многих городах РБ существуют предприятия по отмыванию и повторному использованию стеклянной посуды.

Переработка **пластика** в целом — более дорогой и сложный процесс. Из некоторых видов пластика можно получать высококачественный пластик тех же свойств (например, РЕТ — двух- и трехлитровые прозрачные бутылки для прохладительных напитков), другие после переработки могут быть использованы только как строительные материалы (например, ПВХ).

Изделия из пластика имеют специальную маркировку принятую «Обществом пластиковой промышленности» (SPI). Коды SPI широко применяются для обозначения типа упаковочного материала. Такая практика является обязательной во многих западных странах.



**Полиэтилен терефталат.** Появился в 1978 г. и захватил 100 % рынка полутора- и двухлитровых бутылок для прохладительных напитков (иногда используется код РЕТ).



**Полиэтилен высокой плотности.** Используется при изготовлении бутылок для моющих средств, иногда для масла и молока; игрушек.



**Поливинилхлорид (ПВХ).** Применяется с 1927 г. Используется для заворачивания мясных продуктов, предотвращая изменение цвета. Из него также изготавливают бутылки для растительного масла. В 1973 г. появились сообщения о канцерогенных веществах, якобы попадающих в жидкости, которые хранятся в сосудах из ПВХ, после чего его применение резко сократилось (иногда используется код PVC).



**Полиэтилен низкой плотности.** Применяется со времен Второй Мировой войны. К 60-м гг. полностью заменил целлофан. Используется в прозрачных упаковках, пакетах и т. д.



**Полипропилен.** Используется в контейнерах для йогурта.



**Полистирен.** Одноразовая посуда ресторанов быстрого питания (fast-food), иногда — контейнеры для яиц. Для их изготовления используют ХФУ, которые разрушают озоновый слой.



**Прочие.** Чаще всего это многослойная упаковка или упаковка из смеси нескольких типов пластика (см. ниже).

На Западе широко распространена практика повторной переработки по-



лиэтилен терефталат и полиэтилен высокой плотности; несколько реже перерабатывается полиэтилен низкой плотности. Переработка остальных типов не практикуется (за исключением отдельных проектов малого масштаба).

Следует учесть, что значительное количество пластиковых упаковок, используемых сегодня, являются антиэкологичными, то есть включают в себя сразу несколько материалов: например, литровые пакеты, в которых продается сок (так называемые «асептические пакеты») состоят из фольги, пластика, картона; эластичные (squezzable) бутылки для кетчупа часто производятся из нескольких типов пластика. Такая упаковка практически не поддается вторичной переработке и зачастую не сгорает в мусоросжигательных печах.

## Комплексный подход к решению проблемы ТБО

В связи с достаточно сложным составом и свойствами ТБО, а также отсутствием в настоящее время универсального удовлетворяющего всем санитарно-гигиеническим требованиям безопасности метода обезвреживания и утилизации отходов, будет уместным обратить внимание на один из подходов к проблеме ТБО — концепции Комплексного управления отходами (КУО). Этот подход принимает во внимание следующие положения, подтвержденные мировым опытом. Во-первых, не существует какой-то одной технологии, способной без вреда для человека и окружающей среды переработать весь поток отходов. Во-вторых, даже комплекс технологий способен привести к решению проблемы отходов только тогда, когда он применяется вместе с рядом экономических и социальных инструментов.

Концепция КУО была первоначально сформулирована на Западе. Тем не менее, многие ее принципы и компоненты вполне могут применяться и уже начинают применяться в странах СНГ.

**Комплексное управление отходами** (Integrated Waste Management) начинается с изменения взгляда на то, чем являются бытовые отходы. Традиционные подходы к проблеме ТБО ориентировались на уменьшение опасного влияния на окружающую среду путем изоляции свалки от грунтовых вод, очистки выбросов мусоросжигательного завода и т. д. Нетрадиционный взгляд на проблему, коротко выражаясь, состоит в том, что гораздо проще контролировать, что попадает *на свалку*, чем то, что попадает *со свалки* в окружающую среду.

*Основа концепции КУО состоит в том, что бытовые отходы состоят из различных компонентов, которые не должны в идеале смешиваться между собой, а должны утилизироваться отдельно друг от друга наиболее экономичными и экологически приемлемыми способами.*

КУО предполагает, что, в дополнение к традиционным способам (мусоросжиганию и захоронению), неотъемлемой частью утилизации отходов долж-



Рис. 6. Иерархия комплексного управления отходами

ны стать мероприятия по сокращению количества отходов, вторичная переработка отходов и компостирование (аэробное сбраживание органической части отходов). Только *комбинация нескольких взаимодополняющих программ и мероприятий*, а не одна технология, пусть даже самая современная может способствовать эффективному решению проблемы ТБО. В рамках КУО предполагается, что населенный пункт, район или область выбирают подходы к решению проблемы ТБО в зависимости от своих специфических местных условий и ресурсов. Однако при определении целей программы по утилизации ТБО и планировании стратегии целесообразно иметь представление об определенной *иерархии* комплексного управления отходами (рис. 6).

Эта иерархия подразумевает, что в первую очередь должны рассматриваться мероприятия по *первичному сокращению* отходов, затем — по *вторичному* (повторному использованию и переработке оставшейся части отходов). В самую последнюю очередь — мероприятия по утилизации или захоронению тех отходов, возникновения которых не удалось избежать и которые не поддаются переработке во вторсырье.

**Сокращение отходов «у источника»** на самом верху этой иерархии. Под *сокращением* понимается не только уменьшение общего количества отходов, но и уменьшение их токсичности и иных вредных свойств. Сокращение отходов достигается вследствие переориентации производителей и потребителей на продукты и упаковку, приводящие к меньшему количеству отходов. В настоящий момент необходимо говорить не о сокращении объема отходов, а об *ограничении их бесконтрольного роста*.

В Западных странах кампания за сокращение отходов ведется давно и в основном направлена против излишней упаковки, так как значительная часть ТБО состоит из упаковочных материалов:

- около 30 % отходов по весу и 50 % по объему составляют различные упаковочные материалы;
- 13 % веса и 30 % объема упаковочных материалов составляет пластик; в настоящий момент абсолютное количество пластиковых отходов в развитых странах удваивается (!) каждые десять лет.

Следующие рекомендации могут стать содержанием образовательных и просветительских программ общественных организаций и городских властей:

- **избегать ненужной упаковки.** Многие предметы в магазинах упаковываются только для того, чтобы привлечь внимание покупателя: например, **blister packaging** — мелкие предметы, помещенные на ярко раскрашенную картонную подложку и закрытые прозрачным пластиком. Чем больше разнообразие упаковочных материалов, тем сложнее организовать программы вторичного использования и переработки. Поэтому возможно ограничение разнообразия упаковок. Например, даже в таких странах с высоким уровнем жизни, как Дания и Норвегия, разрешены к применению не более 20 типов бутылок для напитков;
- отдавать предпочтение **продуктам многоразового использования**;
- отдавать предпочтение минимальной упаковке — приобретать товары с более легкой упаковкой и товары, продающиеся большими объемами;
- отдавать предпочтение упаковке, которую можно **вторично исполь-**

**зывать или переработать.** Среди упаковочных материалов, используемых как вторсырье, алюминий составляет 47 %, бутылки для газированной воды — 17 %, стальные консервные банки — 15 %, стекло — 11 % (цифры приведены для США). Ни алюминий, ни пластик в Республике Беларусь сейчас не перерабатываются;

– отдавать предпочтение упаковке, изготовленной **из вторично переработанных и/или экологически безвредных материалов.** В настоящее время не существует однозначного соглашения о том, что считать «вторично переработанным» материалами, то есть какой процент вторсырья они должны содержать. Разумно полагаться на «зеленые значки», наносимые на товары и упаковку во многих странах.

Вместе с образовательными программами на сокращение отходов оказывают положительное влияние экономические стимулы, например, дифференцированная плата за вывоз (утилизацию) отходов, зависящая от его количества.

**Вторичная переработка** (включая компостирование) — это вторая ступень иерархии. Вторичная переработка («ресайклинг») не просто сохраняет место на свалках, но и улучшает эффективность мусоросжигания путем удаления из общего потока отходов несгораемых материалов.

Ниже в иерархии стоят **сжигание мусора и захоронение на полигонах.** Мусоросжигание уменьшает объем отходов, попадающих на свалки, и может использоваться для производства электроэнергии. Хотя сжигание всех отходов без разбора — это технология прошлого, современные мусоросжигательные установки, оборудованные системами очистки выбросов, генераторами электроэнергии и *используемые в комбинации с другими методами утилизации ТБО,* могут помочь справиться с потоком мусора, особенно в плотно населенных областях.

**Захоронение на полигонах** продолжает оставаться необходимым для отходов, не поддающихся вторичной переработке, несгораемых или сгорающих с выделением токсичных веществ. Современные «санитарные» полигоны, отвечающие экологическим требованиям, мало напоминают знакомые нам свалки: они представляют собой сложнейшие инженерные сооружения, оборудованные системами борьбы с загрязнениями воды и воздуха, использующие образующийся в процессе гниения мусора метан для производства тепла и электроэнергии.

## Литература

1. *Мазаев, В. Т.* Коммунальная гигиена / В. Т. Мазаев, М. М. Гимадеев, А. А. Королев, Т. Г. Шлепнина. В 2 ч. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2006. Ч. 2. С. 288–291.
2. *Марзеев, А. Н.* Коммунальная гигиена / А. Н. Марзеев, В. М. Жаботинский. М. : Медицина, 1979. С. 262–308.
3. *Черп, О. М.* Проблема твердых бытовых отходов: комплексный подход / О. М. Черп, В. Н. Виниченко

## Оглавление

Мотивационная характеристика темы. Цели и задачи занятия.....	3
---	---

Учебный материал (В. А. Филонюк, Д. Ю. Осмоловский) .....	3
Классификация, состав ТБО (В. А. Филонюк) .....	4
Санитарная очистка населенных мест (Д. Ю. Осмоловский) .....	7
Методы обезвреживания и утилизации ТБО (В. А. Филонюк) .....	10
Комплексный подход к решению проблемы ТБО (В. А. Филонюк, Д. Ю. Осмоловский) .....	16
Литература .....	19

Репозиторий БГМУ

Учебное издание

**Филонюк** Василий Алексеевич  
**Осмоловский** Дмитрий Юрьевич

# **ОЧИСТКА НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ ОТ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ**

Методические рекомендации

Ответственный за выпуск В. А. Филонюк  
Редактор О.В. Иванова  
Корректор Ю. В. Киселёва  
Компьютерная верстка О. Н. Быховцевой

Подписано в печать 31.05.07. Формат 60×84/16. Бумага писчая «Кюм Люкс».  
Печать офсетная. Гарнитура «Times».  
Усл. печ. л. 7,21. Уч.-изд. л. 6,49. Тираж 100. Заказ 647  
Издатель и полиграфическое исполнение –  
Белорусский государственный медицинский университет  
ЛИ № 02330/0133420 от 14.10.2004; ЛП № 02330/0131503 от 27.08.2004.  
220030, г. Минск, ул. Ленинградская, 6.