

# Лекция 6. МЕТОДЫ ПЕРЕРАБОТКИ И УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ

## Главные источники загрязнения почвы

### 1. Жилые дома и бытовые предприятия

В числе загрязняющих веществ преобладает бытовой мусор, пищевые отходы, фекалии, отходы отопительных систем, больниц, столовых, гостиниц, магазинов и др.

### 2. Промышленные предприятия

В газообразных, жидких и твёрдых промышленных отходах присутствуют те или иные вещества, которые существенно изменяют химический состав почв, загрязняя их.

### 3. Теплоэнергетика

Помимо образования массы шлака при сжигании каменного угля с теплоэнергетикой связано выделение в атмосферу сажи, несгоревших частиц, оксидов серы и других веществ, которые попадают в почву.

### 4. Сельское хозяйство

Удобрения и ядохимикаты, применяемые для защиты растений от вредителей, болезней и для борьбы с сорняками. На полях ежегодно рассеивается свыше  $500 \cdot 10^6$  т минеральных удобрений и около  $4 \cdot 10^6$  т ядохимикатов, а типовой свиноводческий комплекс на 108 тыс. голов дает около  $10^6$  м<sup>3</sup> навозных стоков, т.е. по эффекту загрязнения равен городу с численностью населения 150 тыс. человек.

### 5. Транспорт

При работе двигателей внутреннего сгорания интенсивно выделяются оксиды азота, свинец, углеводороды и другие вещества, оседающие на поверхности почвы или поглощаемые растениями. В выхлопных газах автомобилей более 40 химических веществ, большинство из которых токсичны.

# Отходы производства и потребления

По данным Федеральной службы государственной статистики РФ:  
в 2011 году образовалось 4303 млн. тонн, в 2021 году – 8448 млн. тонн  
=> за 10 лет количество образовавшихся отходов увеличился больше 50%

**!!!** утилизации и обезвреживанию подвергается не более 50% **!!!**



## Проблемы отходов

- ежегодное увеличение количества отходов и изменение их состава
  - сложность учёта и классификации отходов
- недостаточно широкое применение современных технологий для утилизации отходов,
- не соответствие всех существующих комплексов по утилизации отходов, экологическим и санитарно-эпидемиологическим нормам
  - нет полноценного раздельного сбора



# **Отходы производства и потребления**

**Отходы производства и потребления** – вещества или предметы, которые образованы в процессе производства, выполнения работ, оказания услуг или в процессе потребления, которые удаляются, предназначены для удаления или подлежат удалению.

**Твёрдые коммунальные отходы** – отходы, образующиеся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами, а также товары, утратившие свои потребительские свойства в процессе их использования физическими лицами в жилых помещениях в целях удовлетворения личных и бытовых нужд. К твердым коммунальным отходам также относятся отходы, образующиеся в процессе деятельности юридических лиц, индивидуальных предпринимателей и подобные по составу отходам, образующимся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами.

**Отходы от использования товаров** - отходы, образовавшиеся после утраты товарами, упаковкой товаров полностью или частично своих потребительских свойств

**Вид отходов** - совокупность отходов, которые имеют общие признаки в соответствии с системой классификации отходов

**Обращение с отходами** - деятельность по сбору, накоплению, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению отходов.

# Классификация отходов

**Классификация отходов** может быть различна в зависимости от принятой системы обращения с отходами.

Существуют классификации:

- по отраслевому принципу
- по производственным циклам
- по направлению использования (в том числе по горючести)
- по агрегатному состоянию
- по происхождению
- по видам воздействия на природную среду и человека

Широко  
используются на  
практике  
Отражены в  
ФККО

В зависимости от степени негативного воздействия на окружающую среду отходы подразделяются на пять классов опасности:

I класс – чрезвычайно опасные отходы

II класс – высокоопасные отходы

III класс – умеренно опасные отходы

IV класс – малоопасные отходы

V класс – практически неопасные отходы

# **ПРОМЫШЛЕННЫЕ ОТХОДЫ**

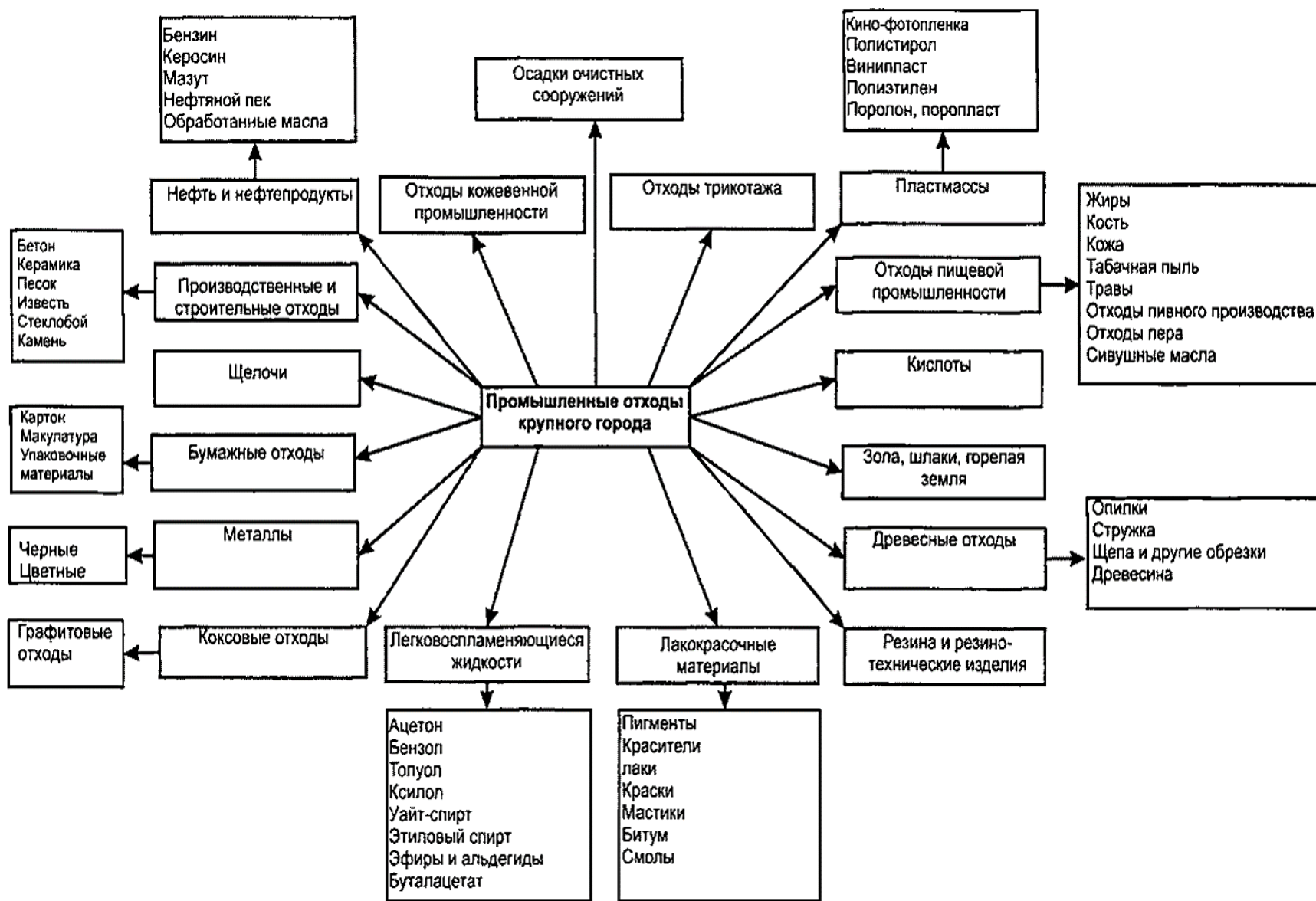
**Принцип «1:10:100» - Сегодня в мире на 1 т конечного продукта образуется 10 т отходов при его производстве и 100 т отходов при добыче сырья.**

В составе промышленных отходов около 15 % приходится на токсичные отходы, содержащие тяжелые металлы и другие ядовитые вещества.

**Основная масса промышленных отходов (ПО) образуется на предприятиях следующих отраслей:**

- горной и горно-химической промышленности (отвалы, шлаки, «хвосты» и др.);
- черной и цветной металлургии (шлаки, шламы, колошниковая пыль и т. д.);
- металлообрабатывающих отраслей промышленности (стружка, бракованные изделия и т. д.);
- лесной и деревообрабатывающей промышленности (лесозаготовительные отходы; отходы лесопиления при изготовлении деревянных конструкций, мебели и др.);
- энергетического хозяйства, тепловых электростанциях (зола, шлаки);
- химической и смежных отраслей промышленности (фосфогипс, галит, огарок, шлаки, шламы, стеклобой, цементная пыль, отходы органических производств - резина, пластмассы и т. д.);
- пищевой промышленности (кость, шерсть и т. д.);
- легкой и текстильной промышленности.





## Морфологический состав ТКО для средней климатической зоны

Компонент ТКО	% массы
Бумага, картон	25-30
Пищевые отходы	30-38
Дерево	1,5-3,0
Металл черный	2,0-3,5
Металл цветной	0,2-0,3
Текстиль	4-7
Кости	0,5-2,0
Стекло	5-8
Кожа, резина	2-4
Кадмий	1-3
Пластмасса	2-5
Прочее	1-2
Отсев (менее 15мм)	7-13



# Структурная схема обращения с отходами



# Схемы транспортировки ТКО

Сбор/накопление

Сбор отходов может быть **раздельным** (селективным) или **смешанным** (неселективным).



обработка, утилизация,  
обезвреживание,  
размещение отходов

Сбор/накопление

МПС/ПСО

обработка,  
утилизация,  
обезвреживание,  
размещение отходов



## **Обработка (Сортировка)**

**Назначение сортировки ТКО:** заключается в выделении тех или иных ценных компонентов ТКО для вторичного использования их, а также с целью оптимизации состава отходов для последующих пределов переработки с учётом:

- гомогенизации;
- способности к горению и ферментации;
- стабилизации теплотворной способности;
- снижения содержания вредных и балластных компонентов.

**Сортировка может осуществляться:**

- в местах образования
- на МПС
- в местах утилизации, обезвреживания, размещения отходов

# Сортировка

В настоящее время наибольшее распространение получили два варианта технологии сортировки твердых бытовых отходов:

- механизированная сортировка ТКО на объектах промышленной обработки отходов
- сочетание механизированной и ручной сортировки на мусороперегрузочных станциях

Повышение эффективности ручной сортировки может быть достигнуто и с помощью трёх последовательных механизированных операций:

- ☐ магнитной сепарации
- ☐ грохочения в барабанном грохоте
- ☐ электродинамической сепарации цветного лома

## Сортировка в местах образования





# РУЧНАЯ СОРТИРОВКА



## ПРЕИМУЩЕСТВА МПС:

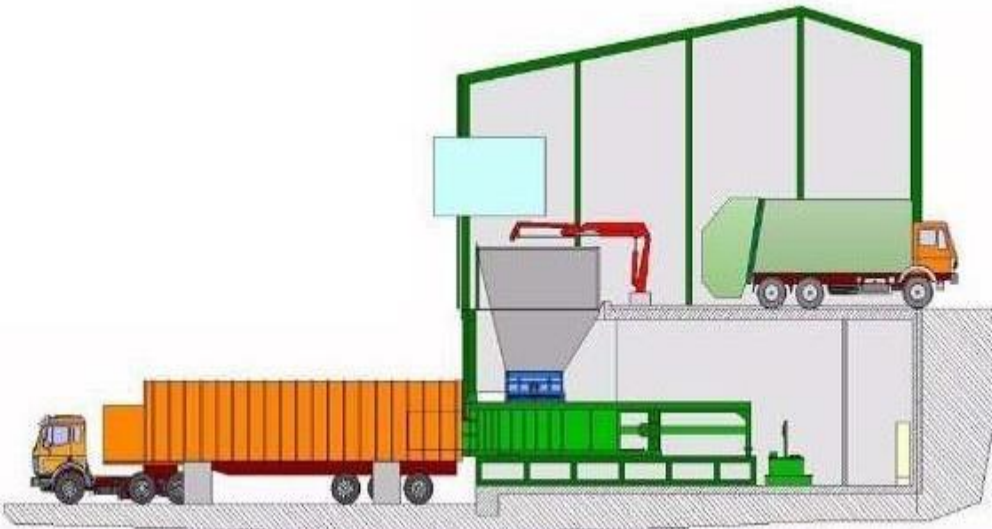
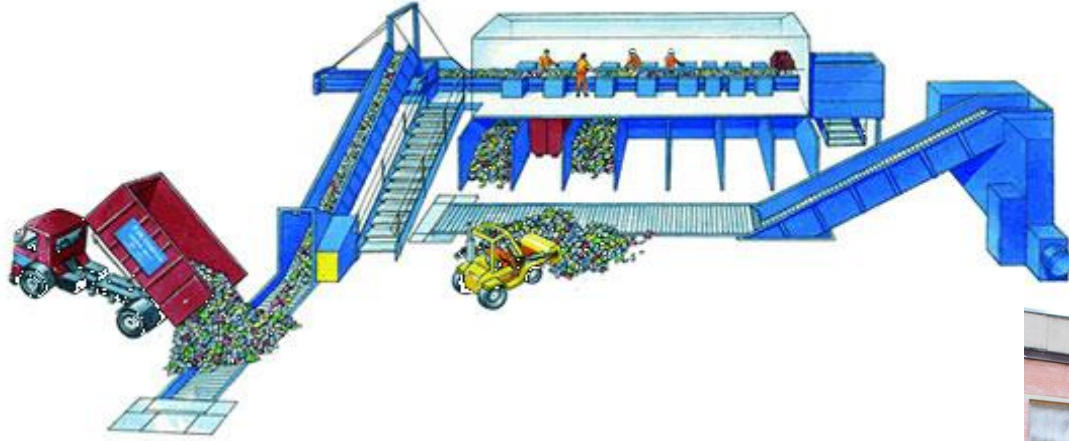
- возможность внедрения операций сортировки, измельчения, прессования
- возможность извлечение вторсырья из ТКО а, следовательно, уменьшение объёма вывозимых на полигоны отходов и возможность получения дохода от реализации вторсырья
- уменьшение объёма транспортируемых отходов, соответственно снижение количества мусоровозов и увеличение срока службы полигонов
- уменьшение количества мусоровозов, позволяющее снизить эмиссию загрязняющих веществ в окружающую среду, уменьшить загруженность транспортных сетей города и снизить величину порожних пробегов мусоровозов

### Мусороперегрузочные станции различаются:

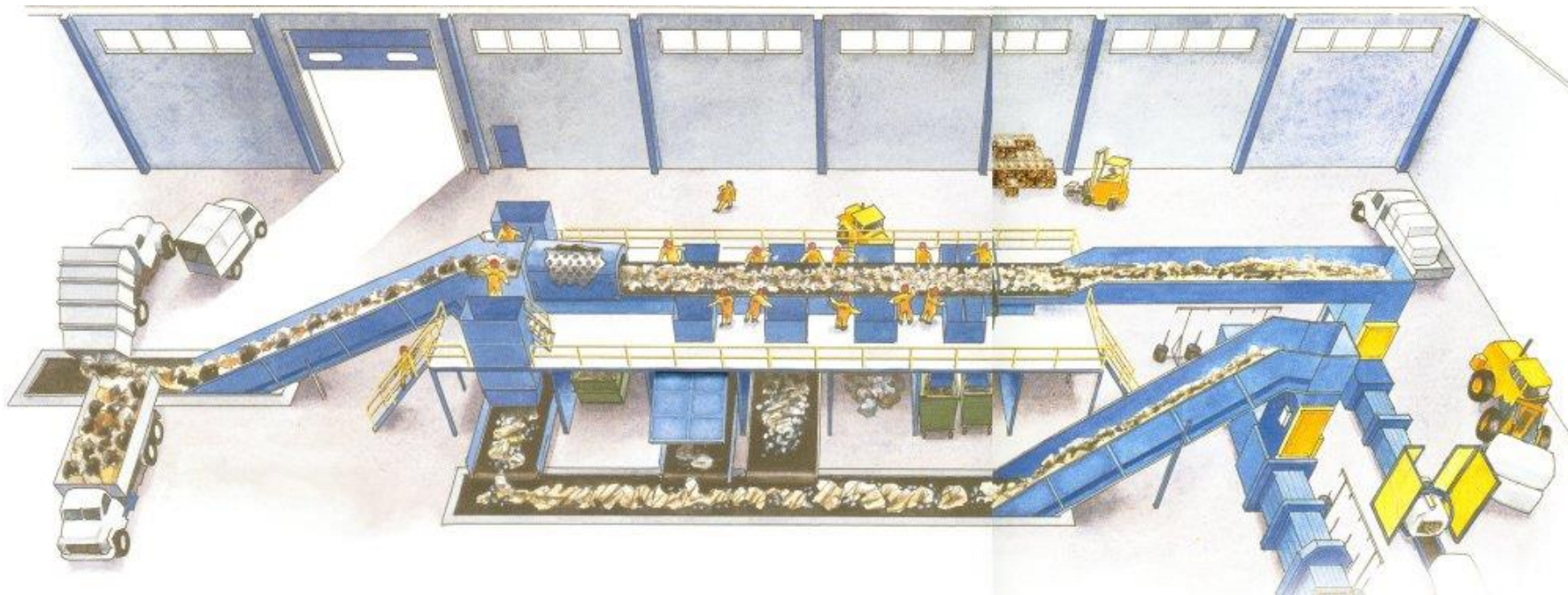
- *по набору проводимых на них операций с ТКО* (перезгрузка без уплотнения, с уплотнением, с прессованием; сортировка; дробление)
- *по исполнению* (одно и двухуровневые)
- *по производительности* — малые (не более 50 т/сут.), средние (50 - 150 т/сут.) и крупные (свыше 150 т/сут.)



# Мусороперегрузочные станции



## Простейшая схема сортировки на МПС



1 — Подача ТКО; 2 — Цепной конвейер; 3 — Разрыватель пластиковых пакетов/Вибросепаратор; 4 — Контейнер для мелкой фракции; 5 — Сортировочная кабина/Сортировочная платформа; 6 — Сортировочный конвейер; 7 — Стационарный пресс для биоотходов; 8 — Контейнер под черный металл/под цветной металл; 9 — Стационарный пресс для картона/для бумаги/ для Тетра упаковок или ПЭТ бутылок



# Мусороперегрузочные станции



## **Утилизация (Вторичное использование или переработка)**

**Утилизация** – повторное использование или возвращение в оборот отходов производства и потребления или их переработка с целью получения сырья и материалов для промышленного производства.

**Переработке могут быть подвергнуты такие отходы и изделия, потерявшие свои потребительские, как:**

- макулатура (бумага, картон, газеты, текстиль, картонная упаковка для жидких продуктов Tetra Pak); стекло (стеклотара, стеклобой);
- металлолом (черный, цветной, драгоценный);
- пластмассы (полиэтилентерефталат, поливинилхлорид, полиэтилен высокого давления и низкого, АБС-пластик, полистирол); резина (в том числе шины);
- электроника (изделия, платы, аккумуляторы, ртутные лампы, провод);
- химикаты (кислоты, щелочи, органика);
- нефтепродукты (масла, битум, асфальт);
- строительные (кирпич, бетон);
- древесина (сучья, стружка, листья);
- биологические (пищевые отходы, жиры, ассенизация, сточные воды).

# ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБРАЩЕНИЯ С ТКО

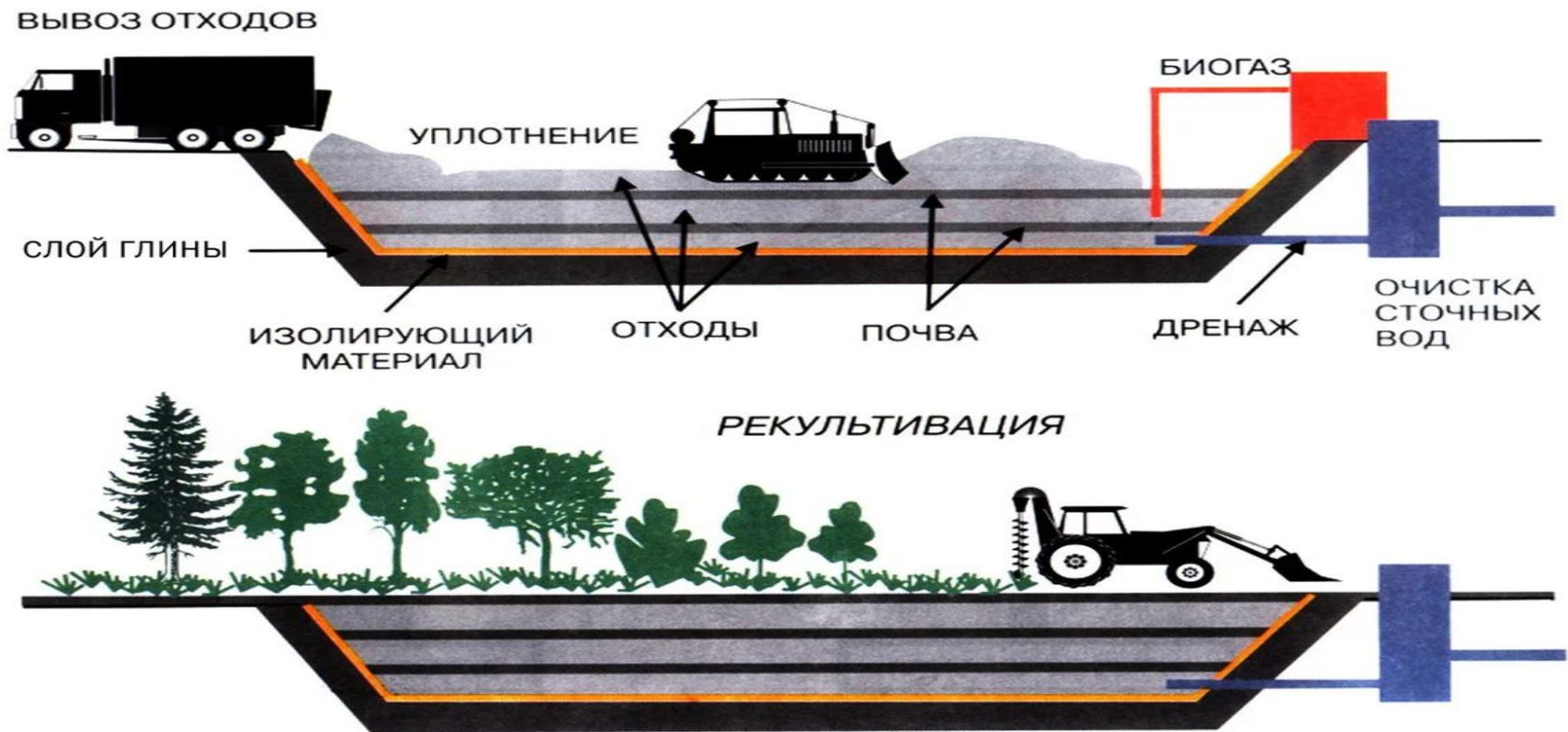
## 1. РАЗМЕЩЕНИЕ

**Объекты размещения отходов** — специально оборудованные сооружения, предназначенные для размещения отходов (полигон, шламохранилище, в том числе шламовый амбар, хвостохранилище, отвал горных пород и другое) и включающие в себя объекты хранения отходов и объекты захоронения отходов





# САНИТАРНЫЙ ПОЛИГОН



# ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБРАЩЕНИЯ С ТКО

## 2. ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ-КОМПОСТИРОВАНИЕ И БИОРАЗЛОЖЕНИЕ

**Компостирование** считается формой обезвреживания, нацеленной на сырую органическую отходную массу. Компостирование – это биологический метод обезвреживания ТКО (иногда его называют биотермическим методом).

**Сущность процесса:** разнообразные, в основном теплолюбивые, микроорганизмы активно растут и развиваются в толще мусора, в результате чего происходит его саморазогревание до 60°C. При такой температуре погибают болезнетворные и патогенные микроорганизмы. Разложение твёрдых органических загрязнений в бытовых отходах продолжается до получения относительно стабильного материала, подобного гумусу.

**Недостатки:** необходимость складирования и обезвреживания некомпостируемого мусора



# ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБРАЩЕНИЯ С ТКО

## 2. ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ-КОМПОСТИРОВАНИЕ И БИОРАЗЛОЖЕНИЕ

**Биоразложение** органических отходов - последовательное многоступенчатое разрушение молекул органических веществ определёнными группами микроорганизмов. Общеизвестно, что биологические методы разложения органических загрязнений считаются наиболее экологически приемлемыми и экономически эффективными.

Технология процесса биоразложения отходов различна. Например: в биопрудах – жидкие отходы, в биореакторах – жидкие, пастообразные, твердые, в биофильтрах – газообразные. Существенными недостатками аэробных технологий, особенно при обработке концентрированных сточных вод, являются энергозатраты на аэрацию и проблемы, связанные с обработкой и утилизацией большого количества образующегося избыточного ила (до 1-1,5 кг биомассы микроорганизмов на каждый удаленный килограмм органических веществ).

Исключить указанные недостатки помогает анаэробная обработка сточных вод методом метанового брожения.

отсутствуют затраты электроэнергии на аэрацию;

снижается объем осадка;

образуется ценное органическое топливо – метан ( $\text{CH}_4$ )

# ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБРАЩЕНИЯ С ТКО. СЖИГАНИЕ

- **Сжигание** - весьма распространенный метод термической переработки отходов. Он реализуется при температурах не ниже 600 °С и относится к окислительным термическим процессам автогенного характера. Автогенность означает, что теплоты, выделяемой при окислении, достаточно для поддержания горения и что дополнительного топлива для этого не требуется.
- Твердые коммунальные отходы представляют собой гетерогенную смесь, в которой присутствуют почти все химические элементы в виде различных соединений. Наиболее распространенными элементами являются углерод, на долю которого приходится около 30% (по массе) и водород (4% по массе), входящие в состав органических соединений. Теплотворная способность отходов во многом определяется именно этими элементами.
- При сгорании органической части отходов образуются диоксид и оксид углерода, пары воды, оксиды азота и серы, аэрозоли. Методы сжигания не нуждаются в организации шламового хозяйства, имеют компактное, простое в обслуживании оборудование, низкую стоимость очистки отходящих газов. Однако область их применения ограничивается свойствами продуктов реакции. Их нельзя использовать для переработки отходов, если последние содержат фосфор, галогены, серу. В этом случае могут образовываться продукты реакции, например, диоксины и фураны, по токсичности во много раз превосходящие исходные газовые выбросы.
- Твердые продукты сгорания отходов, как правило, в виде золы накапливаются в нижней части печи и периодически вывозятся на захоронение или используются в производстве вяжущих веществ.
- Основным полезным продуктом сжигания отходов является обычно тепло отходящих газов, используемое для выработки пара, электроэнергии, горячей воды для производственных и бытовых нужд.

# ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБРАЩЕНИЯ С ТКО

## 3. СЖИГАНИЕ ТКО

Сжигание ТКО – окислительный процесс. Главными продуктами сгорания углерода и водорода являются соответственно  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ .

Два основных пути образования диоксинов и фуранов при термической переработке ТКО:

- первичное образование в процессе сжигания ТКО при температуре 300-600°C;
- вторичное образование на стадии охлаждения дымовых газов, содержащих  $\text{HCl}$ , соединения меди (и железа) и углеродсодержащие частицы при температуре 250-450°C (реакция гетерогенного оксихлорирования частиц углерода).

Температура начала распада диоксинов – 700°C , нижний температурный предел образования диоксинов – 250-350°C.

Для того, чтобы при сжигании на стадии газоочистки обеспечить снижение содержания диоксинов и фуранов до требуемых норм (0,1 нг/м<sup>3</sup>) должны быть реализованы так называемые первичные мероприятия, в частности, **«правило двух секунд»** – геометрия печи должна обеспечить продолжительность пребывания газов не менее 2 сек в зоне печи с температурой не менее 850°C (при концентрации кислорода не менее 6%).

# СЖИГАНИЕ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ

**Сжигание осуществляется в печах и топках различных конструкций.**

Промышленные печи – это технологические или энерготехнологические агрегаты, в которых тепло сожженного твердого, жидкого или газообразного топлива или нагрев, производимый электрическим током, используются для технологических либо отопительных целей. Топка представляет собой устройство для сжигания топлива в печах и паровых котлах и является одним из элементов печи. Поскольку сжигание отходов не всегда сопровождается утилизацией тепла, следует различать термины «печь» и «топка».

В зависимости от температуры процесса, все методы термической переработки отходов можно разделить на две большие группы:

- **процессы при температурах ниже температуры плавления шлака;**
- **процессы при температурах выше температуры плавления шлака.**

Наиболее часто применяют термические методы переработки отходов при температурах ниже температуры плавления шлака, к которым относят:

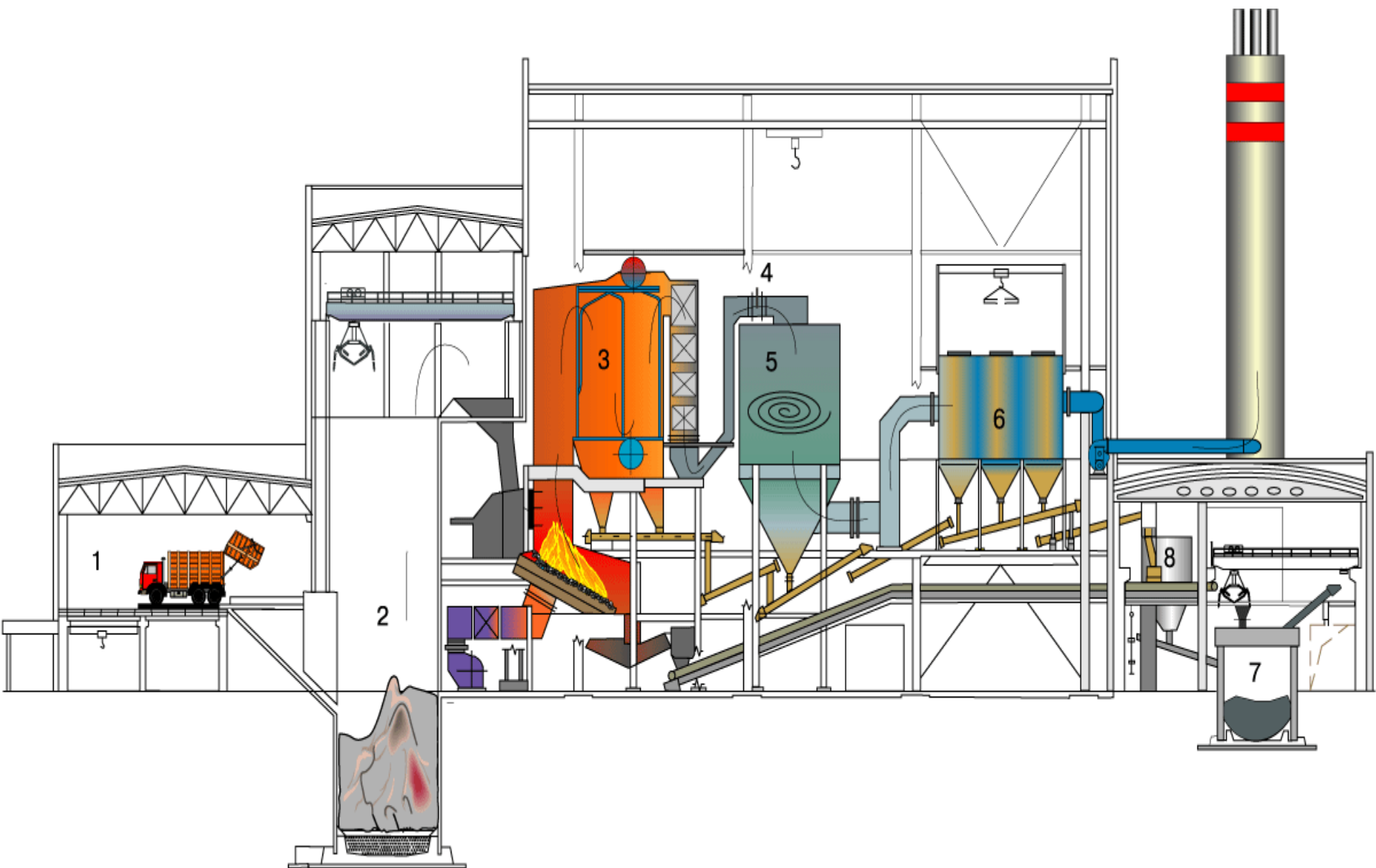
- **слоевое сжигание, требующее принудительного перемешивания и перемещения материала (на подвижных колосниковых (переталкивающих) или валковых решетках и во вращающихся барабанных печах);**
- **сжигание в кипящем слое (стационарном, вихревом или циркулирующем);**
- **газификация топлива из отходов (сжигание-газификация в плотном слое кускового материала, реализуемое без принудительного перемешивания и перемещения материала).**

В промышленной практике в настоящее время широко применяют два метода термической переработки ТБО:

- **слоевое сжигание на колосниковых решетках при температуре 900-1000°C;**
- **сжигание в кипящем слое при температуре 850-950°C (этот режим сжигания является экологически и технологически обоснованным).**

На подавляющем большинстве заводов в различных странах мира используется технология слоевого сжигания с использованием в основном переталкивающих решеток.

# МУСОРОСЖИГАТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД



# ГАЗИФИКАЦИЯ

- Газификация как индустриальная технология применяется для переработки твердых, жидких и пастообразных отходов. В частности, она широко используется в металлургии для получения горючих газов из бурого высокозольного угля.
- Газификация является термохимическим высокотемпературным процессом взаимодействия органической массы или продуктов ее термической переработки с газифицирующими агентами, в результате чего органическая часть или продукты ее термической переработки обращаются в горючие газы. В качестве газифицирующих агентов применяют воздух, кислород, водяной пар, диоксид углерода, а также их смеси.
- Сущность газификации заключается в обработке углеродсодержащего вещества (угля) при 600—1100 °С водяным паром, кислородом (воздухом) или диоксидом углерода. В результате соответственно паровой, кислородной, углекислотной или комбинированной конверсии угля образуется равновесная смесь вновь образованных (водород, оксид углерода) и исходных газов. Эта смесь (генераторный газ, синтез-газ), включающая продукт неполного окисления угля (оксид углерода), а также водород, используется как газообразное топливо. Синтез-газ может содержать туман жидких смолистых веществ.

# ПИРОЛИЗ

- Пиролиз (сухая перегонка) - процесс разложения отходов органических материалов, древесины и другого растительного сырья при их нагревании без доступа воздуха до 450-550 °С, приводящий к образованию ряда газообразных и жидких продуктов, а также твердого углеродного остатка (например древесного угля при переработке древесного сырья).
- Пиролиз, как способ нагревания органических веществ до относительно высоких температур без доступа воздуха, сопровождается разложением высокомолекулярных соединений на низкомолекулярные, жидкую и газообразную фракции, коксованием и смолообразованием. В промышленных технологиях его используют при сухой перегонке дерева, коксовании угля, крекинге нефти и в других случаях.
- В зависимости от температуры реализации различают три вида пиролиза: низкотемпературный, или полукоксование (не более 450-550 °С); среднетемпературное коксование (до 800 °С). С повышением температуры снижается выход жидких продуктов и увеличивается - газообразных продуктов. Поэтому низкотемпературный пиролиз обычно проводят для получения первичной смолы - наиболее ценного источника жидкого топлива и различных химических продуктов. Основная задача высокотемпературного пиролиза - получение высококачественного горючего газа. Твердый остаток (пиролизный кокс) используют в качестве заменителя природных и синтетических углеродсодержащих материалов, сорбента при очистке питьевых и сточных вод и т. д.



# МУСОРОСЖИГАТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД

