

Развитие цивилизации



Выход из кризисной ситуации



Общие сведения о производственных процессах

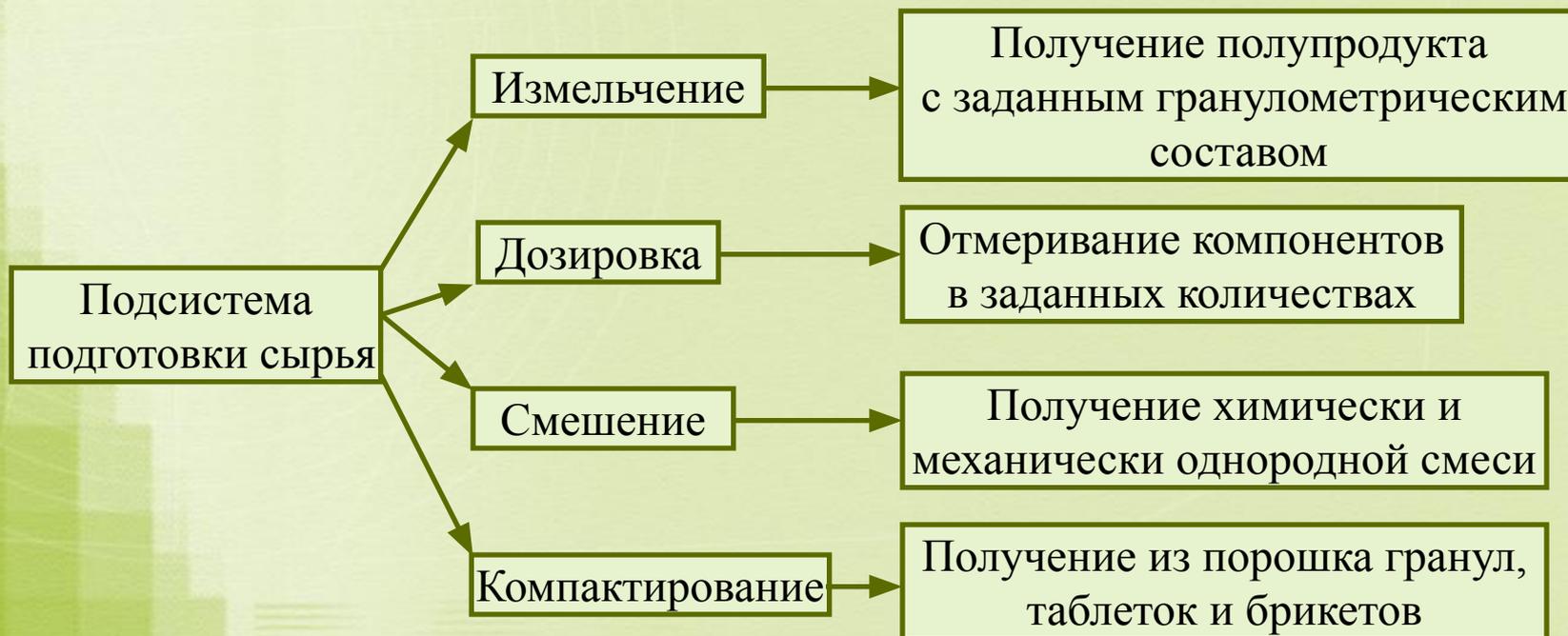
- ❖ **Системный подход** – представление объектов разной природы в виде системы взаимодействующих элементов
- ❖ **Система** – взаимосвязанные и взаимодействующие между собой и внешней средой части
- ❖ **Технология** – совокупность методов обработки, изготовления и т.д.
- ❖ **Техника** – совокупность средств человеческой деятельности для осуществления процессов производства
- ❖ **Техническая система** – совокупность методов и средств человеческой деятельности для решения инженерных задач
- ❖ **Основной метод исследования ХТС** – математическое моделирование
- ❖ **Элемент системы** – технологическая операция
- ❖ **Системный анализ** – стратегия изучения сложных ХТС

Технологические системы (ТС)

ТС – совокупность методов и аппаратов для реализации инженерного замысла

Подсистема – для более глубокого понимания отдельных взаимосвязей между отдельными элементами внутри ТС

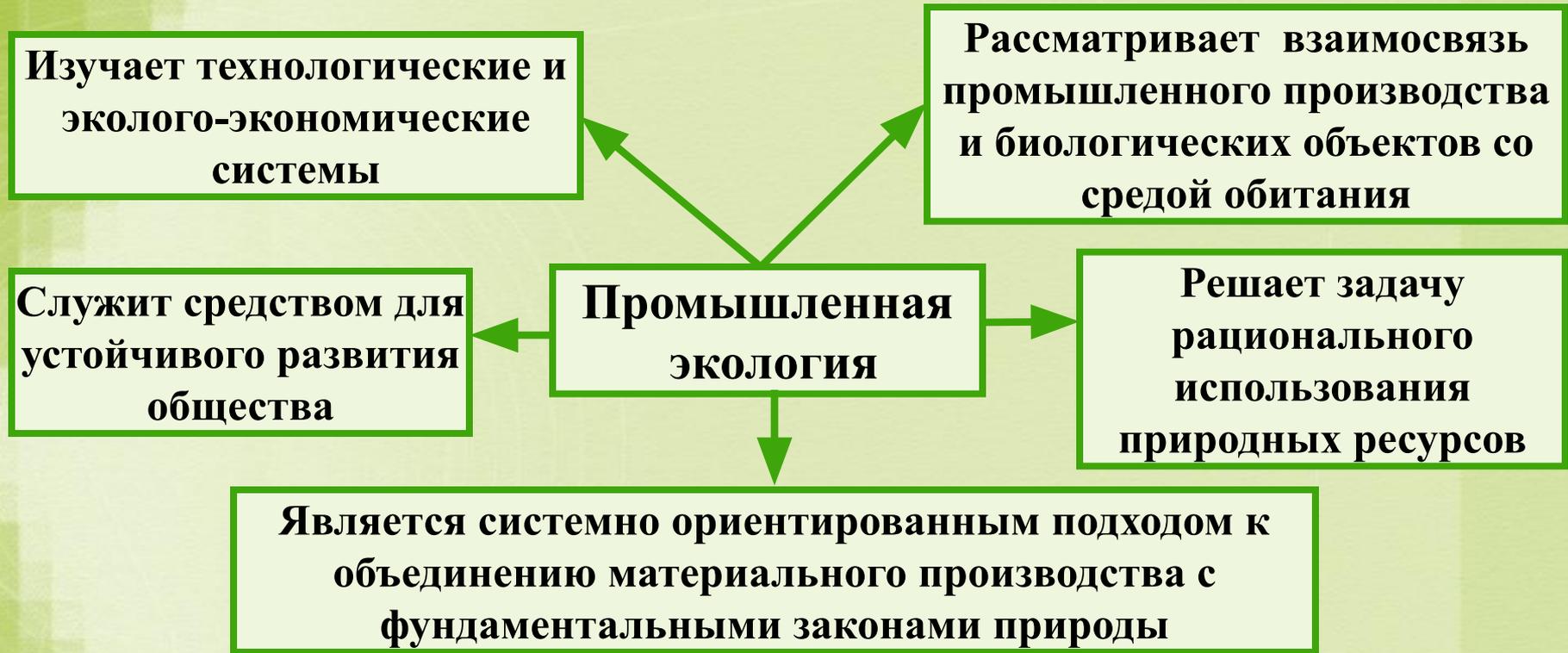
Пример - производство стекла



Подсистемы



Промышленная экология



Задачи промышленной экологии – создание мало- и безотходных технологических систем (МС и БС)

МС – воздействие на окружающую среду минимально

БС – не нарушая нормальное функционирование окружающей среды

Схема методов промышленной экологии



Задачи промышленной экологии



Комплексное использование сырьевых природных ресурсов

Варианты использования шлака

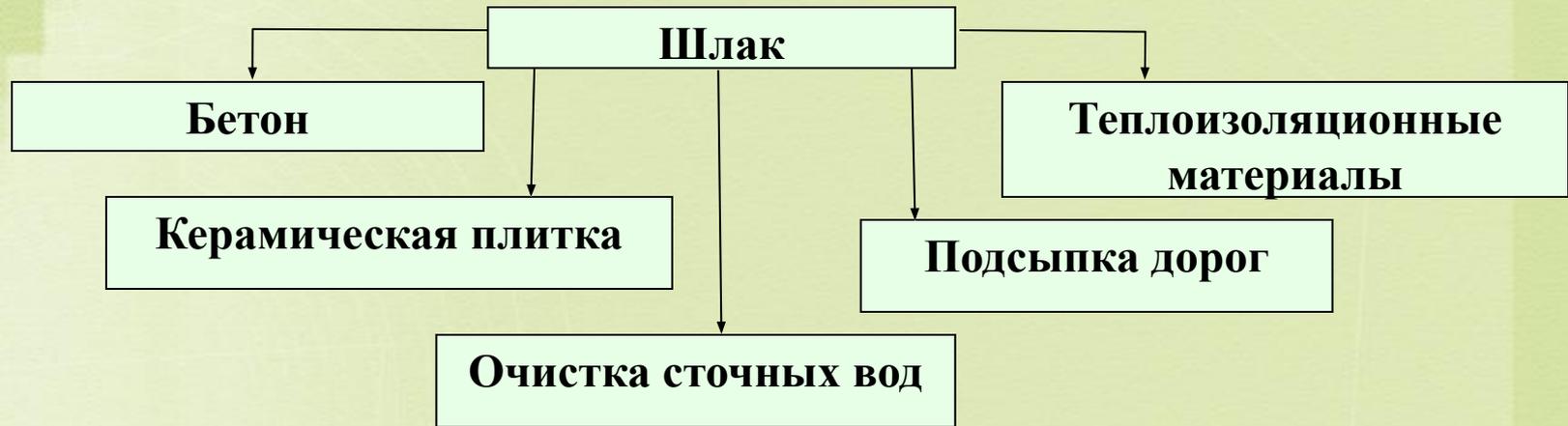
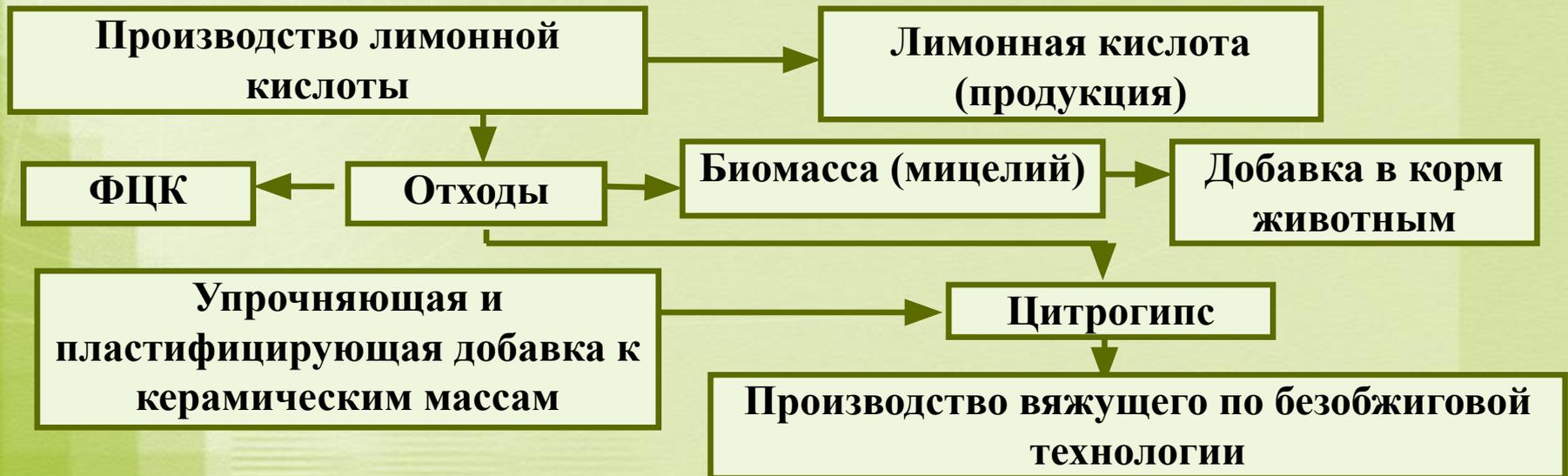


Схема комплексной переработки отходов производства



Принципы создания замкнутых водооборотных систем (ЗВС)



Задачи промышленной экологии

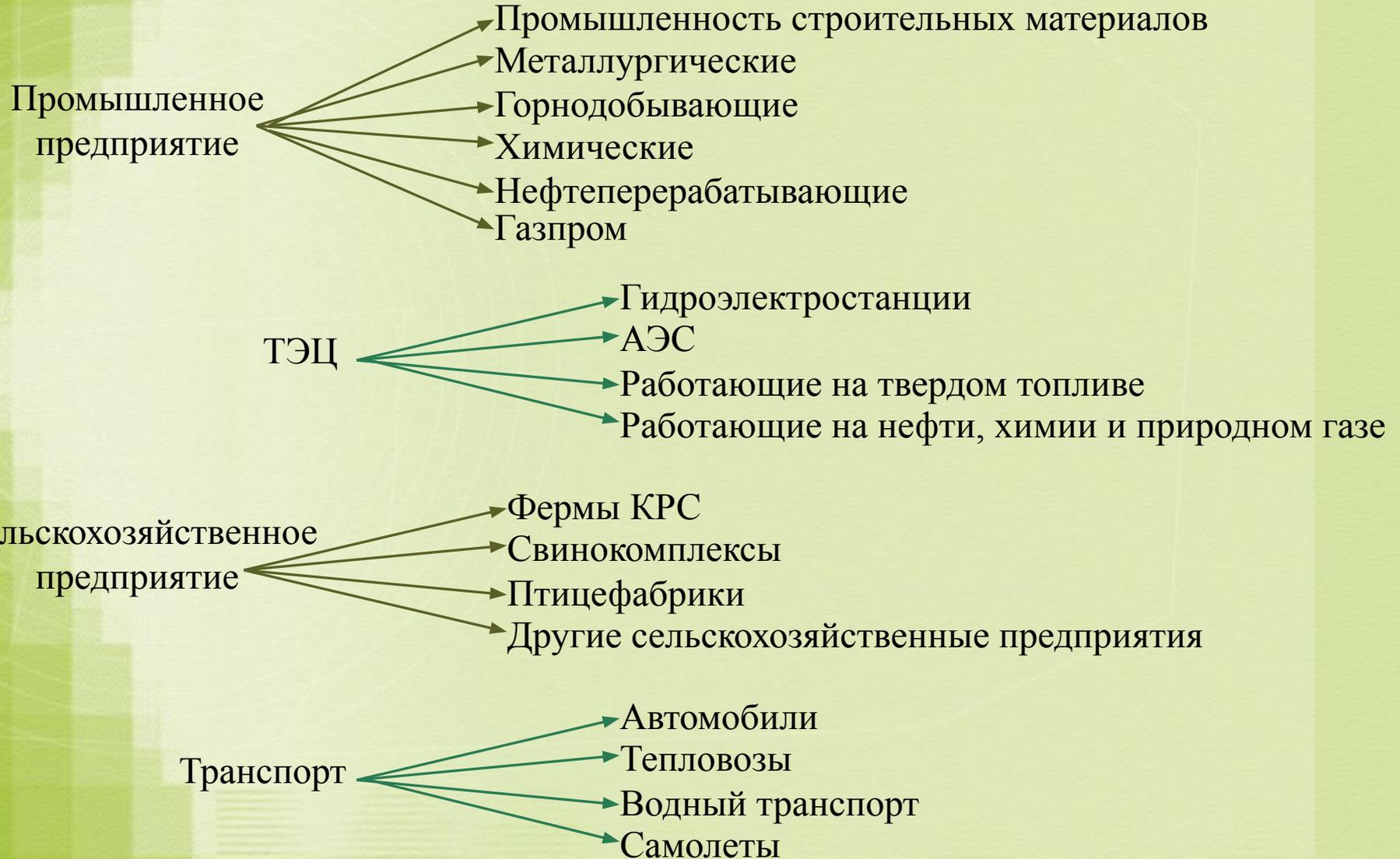
Массы загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу

Характеристика выбросов	Масса выбросов, млн т
Твердые вещества	2,58
Газообразные вещества	13,26
Из них: диоксид серы	5,71
оксиды азота	1,56
оксид углерода	3,78
углеводороды (нелетучие)	1,10
летучие углеводороды	0,90

Разделение источников газовых выбросов



Источники загрязнения атмосферного воздуха

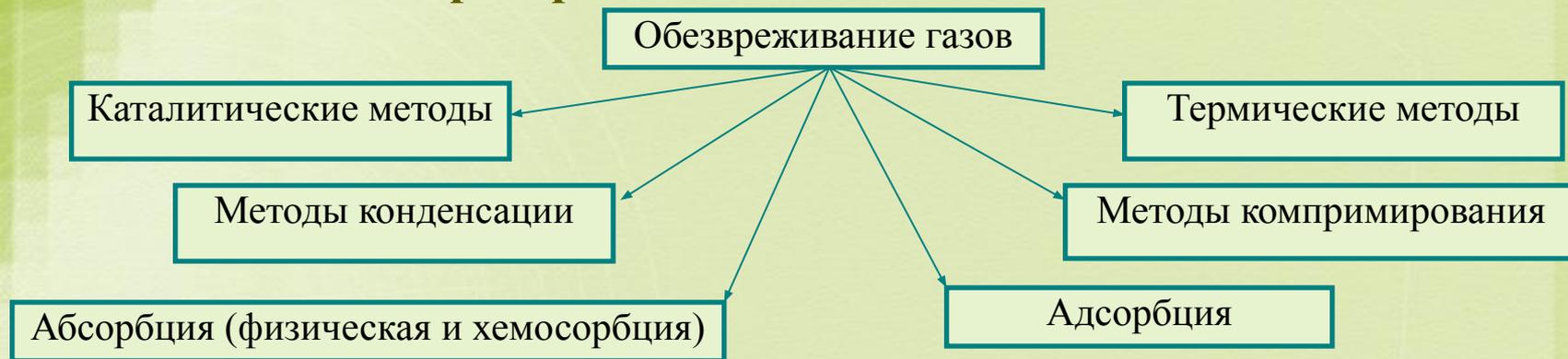


Методы и аппараты для очистки отходящих газов



Обезвреживание газообразных и парообразных токсичных веществ

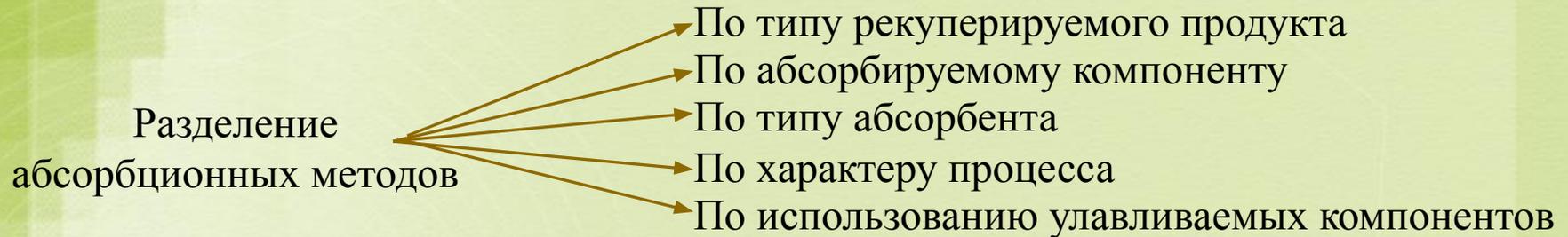
Схема методов обезвреживания газов от газообразных и парообразных токсичных веществ



Выбор аппарата очистки в зависимости от размера частиц

Размер частиц, мкм	Аппараты
40–1000	Пылеосадительные камеры
20–1000	Циклоны диаметром 1-2 м
5–1000	Циклоны диаметром 1 м
20–100	Скрубберы
0,9–100	Тканевые фильтры
0,05–100	Волокнистые фильтры
0,01–10	Электрофильтры

Краткая характеристика некоторых методов очистки газов



Для физической адсорбции → Вода-абсорбент

Хемосорбция → Водные растворы солей, щелочей и др.

Адсорбция → Для поглощения – пористые тела

Каталитические методы → Химические превращения загрязняющих веществ в присутствии катализаторов

Термические методы → Прямое сжигание

Пылевые выбросы

Свойства
пылевых частиц

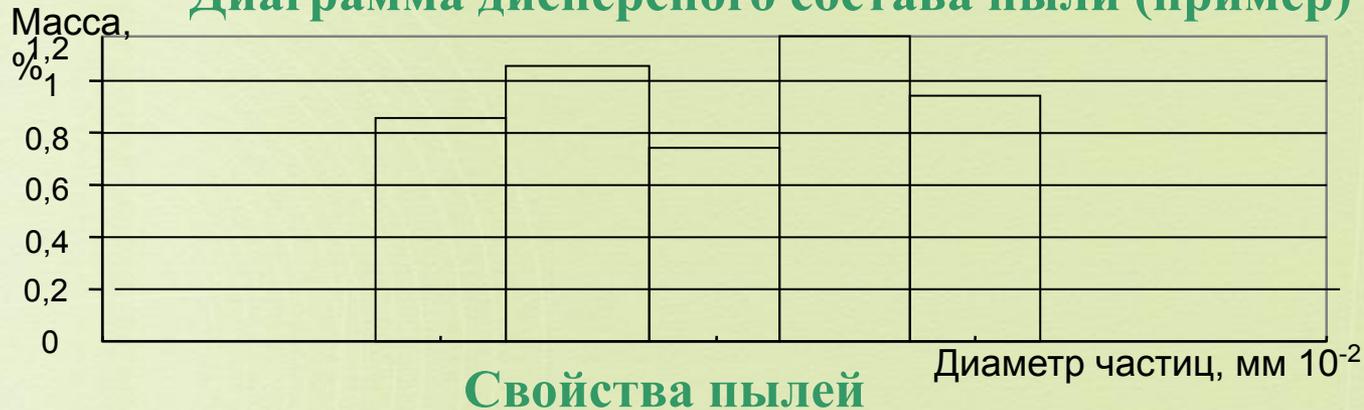
Плотность

Истинная
Насыпная
Кажущаяся

Дисперсность

Основной параметр частицы

Диаграмма дисперсного состава пыли (пример)

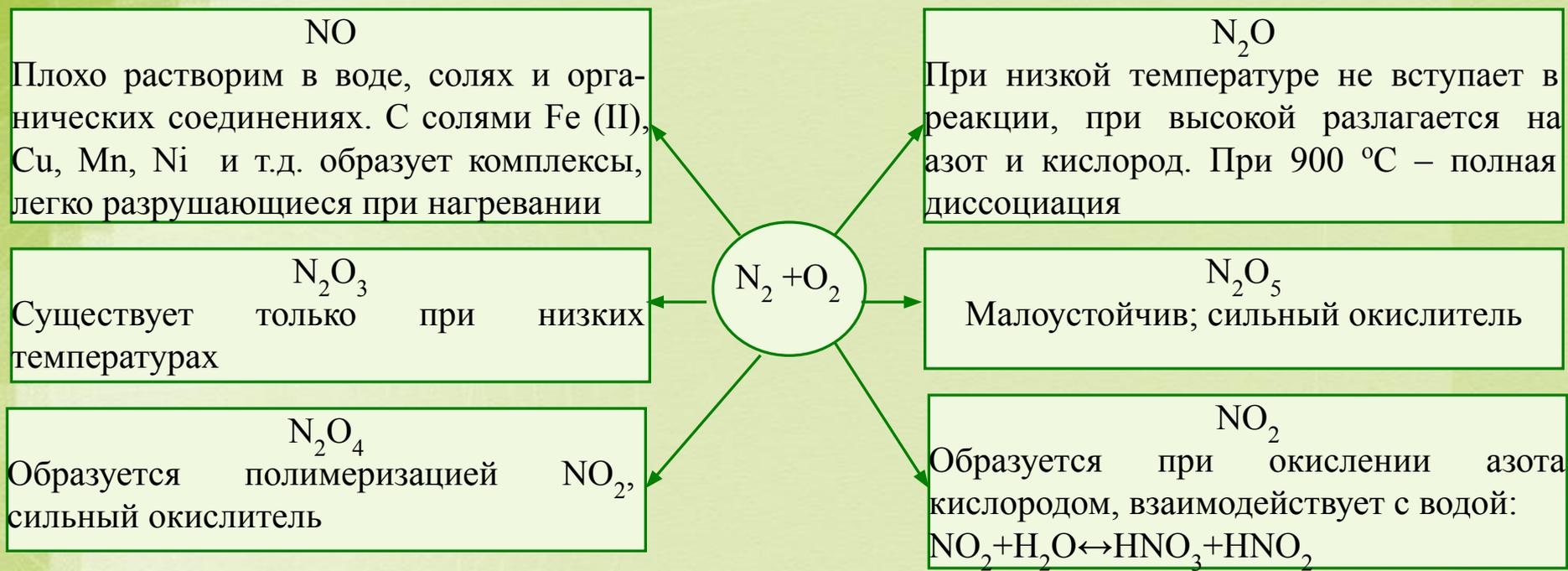


Свойства пылей

Характеристика пыли	Вид пыли
Неслипающаяся	Сухая шлаковая, кварцевая; сухая глина
Слабослипающаяся	Коксовая; магнезитовая сухая; апатитовая сухая; доменная; колошниковая летучая зола, содержащая много несгоревших продуктов; сланцевая зола
Среднеслипающаяся	Торфяная, влажная магнезитовая; металлическая, содержащая колчедан, оксиды свинца, цинка и олова, сухой цемент; летучая зола без недожога; торфяная зола; сажа; сухое молоко; мука, опилки
Сильнослипающаяся	Цементная; выделенная из влажного воздуха; гипсовая и алебастровая; содержащая нитрофоску, двойной суперфосфат, клинкер, соли натрия; волокнистая (асбест, хлопок, шерсть)

Очистка дымовых газов от оксидов азота

Оксиды азота и их свойства



Способы очистки

- ▣ Полное окисление NO и NO_2 в газовой фазе
- ▣ Частичное окисление NO в NO_2
- ▣ Использование селективных сорбентов
- ▣ Окисление в жидкой фазе с катализатором
- ▣ Окисление с одновременным поглощением жидкими окислителями ($KMnO_4$, $K_2Cr_2O_7$, H_2O_2)

Абсорбенты: вода, растворы щелочей, кислоты и окислители

Одновременная очистка газов от SO_2 и N_xO_y

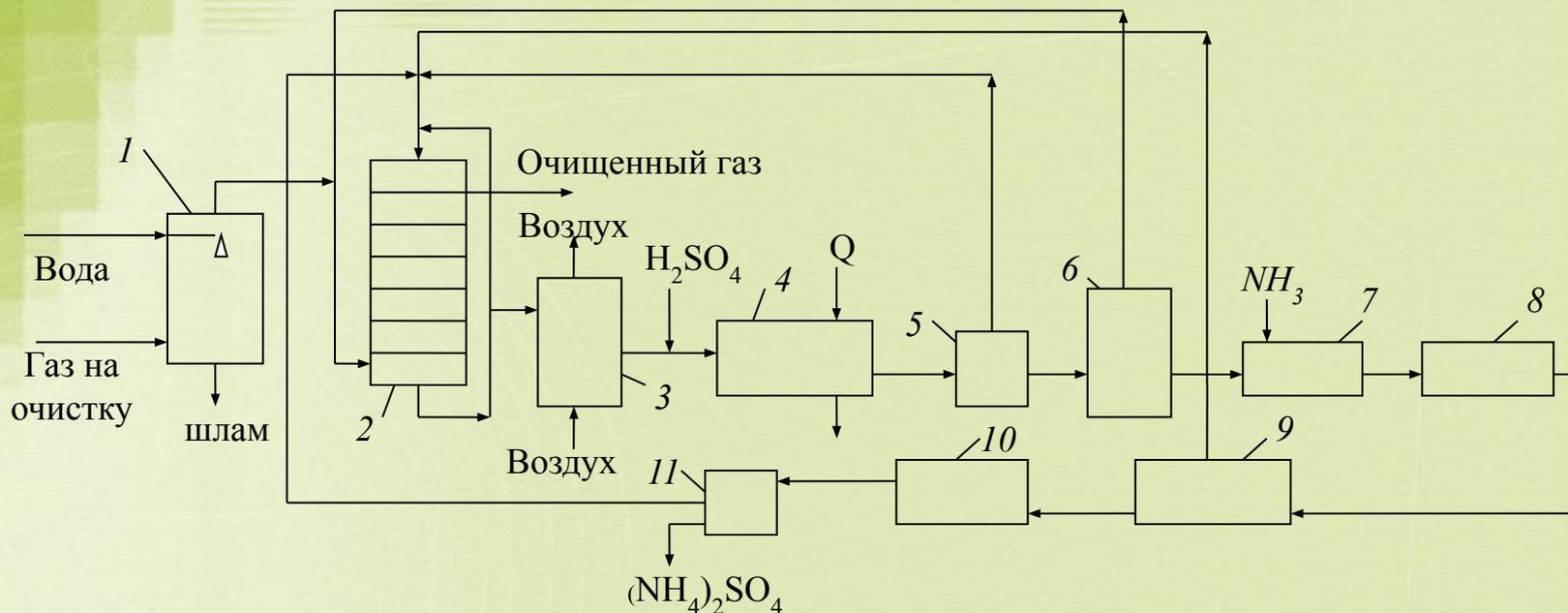


Схема установки очистки газов от оксидов азота и серы с получением сульфата аммония:

1 – пылеуловитель; 2 – тарельчатый скруббер; 3 – реактор окисления; 4 – холодильник;
5 – центрифуга; 6 – реактор; 7 – нейтрализатор; 8 – конденсатор; 9 – узел отделения железа;
10 – кристаллизатор; 11 – центрифуга

Орошение скруббера – аммонизированная жидкость с ионами Fe и ЭДТА – этилендиаминтетрауксусной кислоты

Эффективность очистки – до 90%

Основные методы очистки сточных вод



Чаще всего – комплекс методов

Эффективность очистки – до 90%

Механическая очистка сточных вод

Выбор зависит от

← состава ↓ концентрации → расхода

Очистка от грубодисперсных частиц

- отстаивание
- осветление
- процеживание
- фильтрация
- фильтрование
- флотация

Очистка от мелкодисперсных примесей

- коагуляция
- электрокоагуляция
- флокуляция
- электрофлотация

Очистка от минеральных примесей

- дистилляция
- обратный осмос
- замораживание
- ионный обмен
- электродиализ
- реагентные методы

Очистка от растворенных примесей

Методы

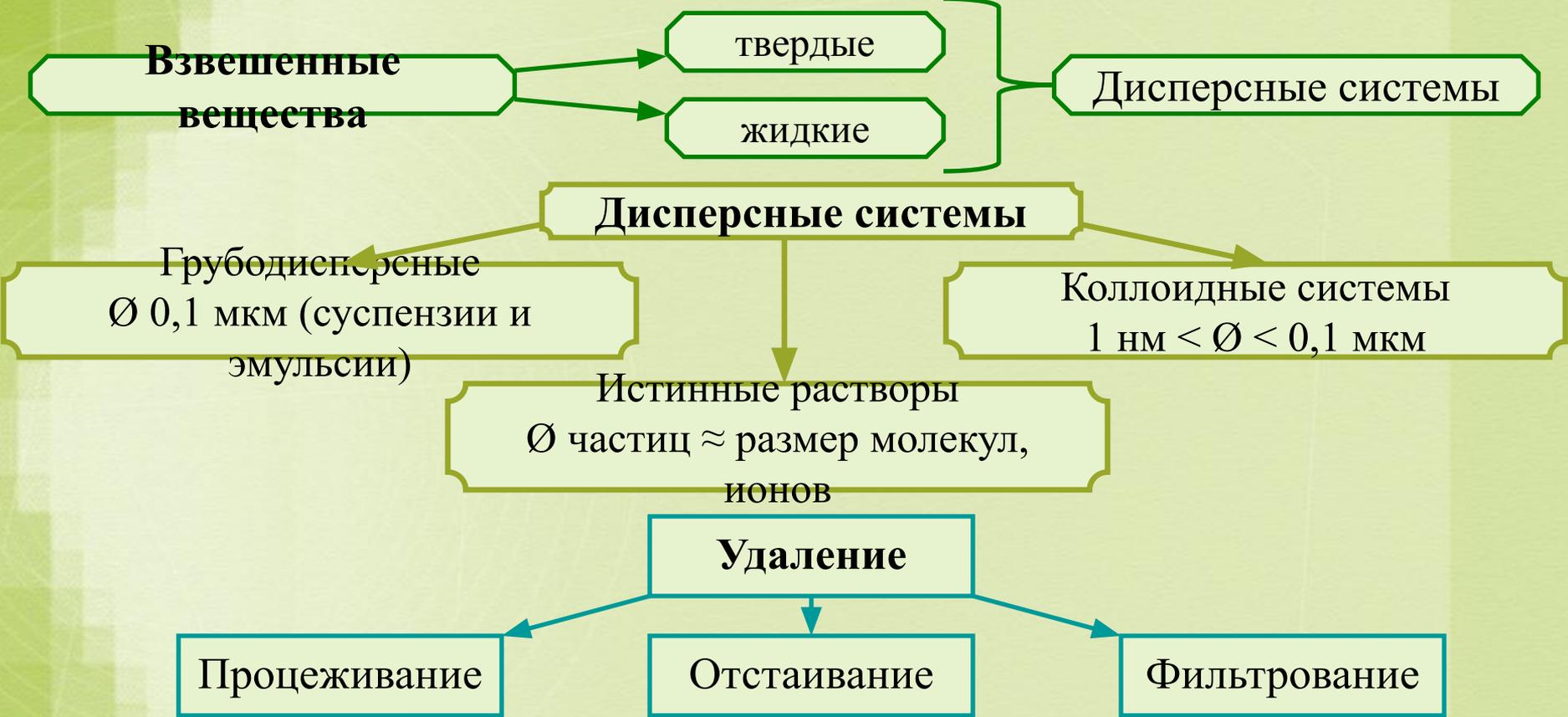
Регенеративные

- экстаркция
- ректификация
- адсорбция
- обратный осмос
- ультрафильтрация

Деструктивные

- биохимические
- жидкофазного окисления
- парофазного окисления
- радиационного окисления
- электрохимического окисления

Удаление взвешенных частиц из сточных вод



Скорость оседания

$$W_{oc} = \frac{d^2 \cdot g(\rho_{mv} - \rho_v) \cdot Re}{18\mu_0}$$

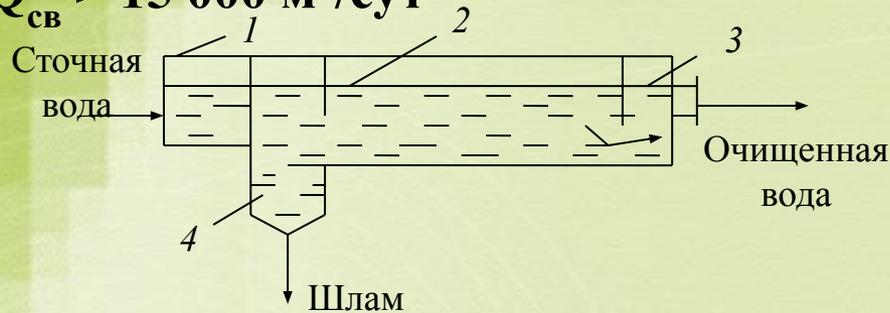
$$Re = \frac{W_{oc} d \rho}{\mu}$$

$$Re = \frac{Ar}{18 + 0,6\sqrt{Ar}}$$

$$Ar = \frac{d^3 \cdot \rho_v \cdot g(\rho_{tv} - \rho_v)}{\mu_v^2}$$

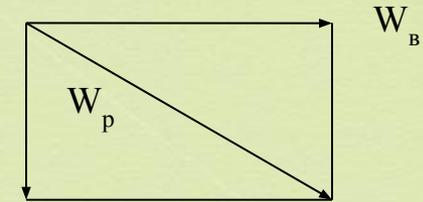
Отстойники

1. $Q_{св} > 15\ 000\ \text{м}^3/\text{сут}$



Горизонтальный отстойник:

- 1 – входной лоток; 2 – отстойная камера;
- 3 – выходной лоток; 4 – приямок

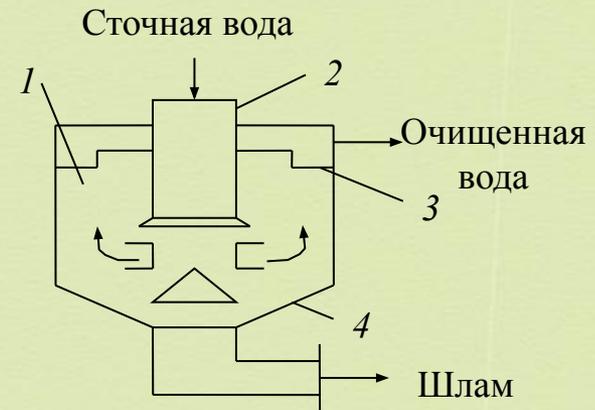


W_g Схема движения частицы
в горизонтальном отстойнике

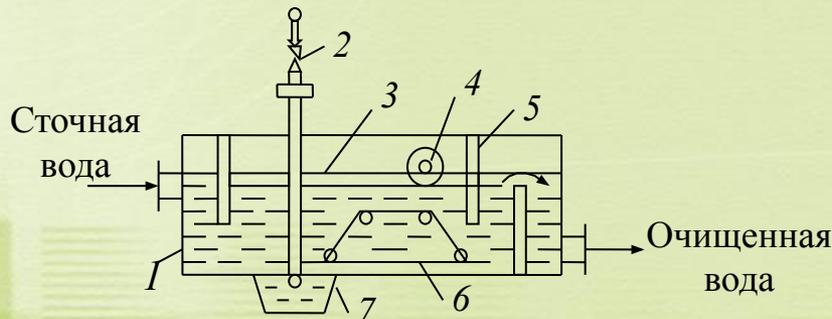
2. $Q_{св} < 15\ 000\ \text{м}^3/\text{сут}$

Вертикальный отстойник:

- 1 – цилиндрическая часть; 2 – центральная труба;
- 3 – желоб; 4 – коническая часть



3. $Q_{св} > 20\ 000\ \text{м}^3/\text{сут}$



Радиальный отстойник:

- 1 – корпус; 2 – желоб;
- 3 – распределительное устройство;
- 4 – успокоительная камера;
- 5 – скребковый механизм

Очистка сточных вод фильтрованием



Классификация фильтров по различным признакам



Удаление взвешенных веществ центробежными силами

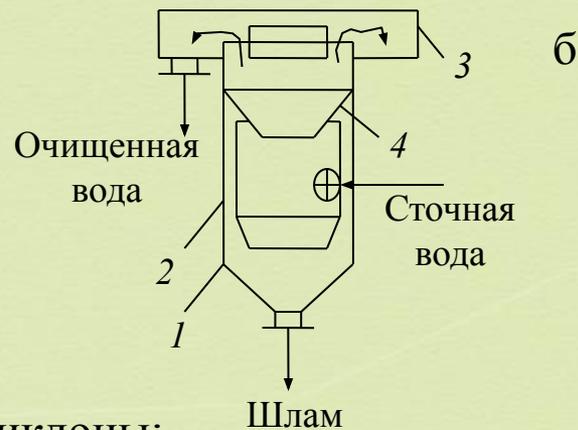
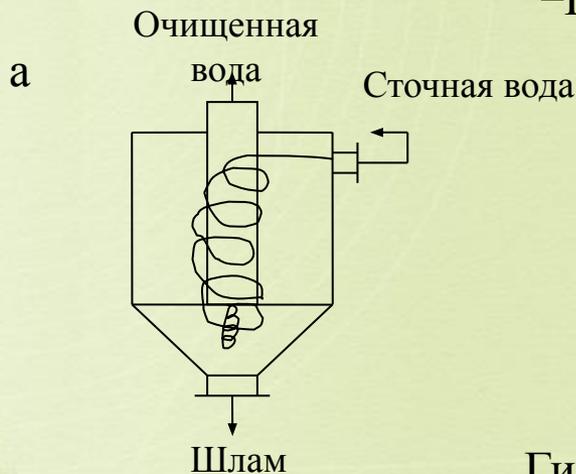
Гидроциклоны

Открытые (безнапорные)

Закрытые (напорные)

На эффективность
влияют

- Скорость движения жидкости
- Диаметр частиц
- Разность плотностей фаз
- Вязкость и плотность сточных вод
- Ускорение центробежного поля
- Конструктивные особенности



Гидроциклоны:

а – напорный; *б* – безнапорный с внутренним цилиндром и конической диафрагмой:

1 – корпус; *2* – внутренний цилиндр; *3* – кольцевой лоток; *4* – диафрагма

Физико-химические методы очистки сточных вод

Коагуляция

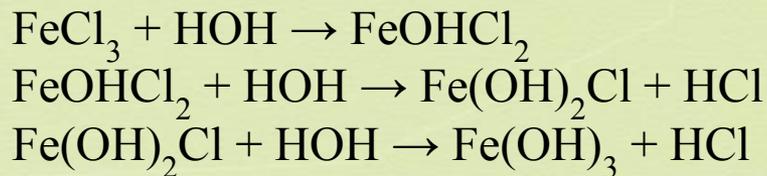
Образование на поверхности двойного электрического слоя (ξ -потенциал) Наиболее эффективна, если \varnothing частиц $\sim 3-10$ мкм Укрупнение дисперсных частиц

Снижение ξ -потенциала \longrightarrow Дестабилизация частиц \longrightarrow Слипание, коагуляция

Коагулянты

FeCl_2 ; FeCl_3 ; $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$; AlCl_3 ; $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$; $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ и другие

Коагулирующее действие –
результата гидролиза



10-15 % растворы

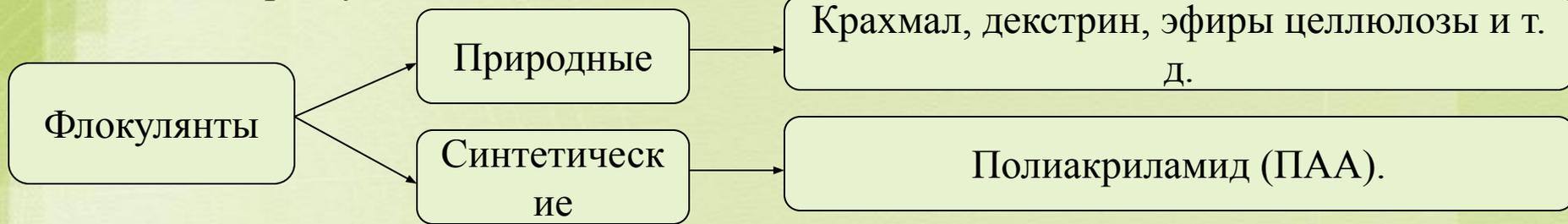
Флокуляция и флотация

Флокуляция

При непосредственном контакте частиц и взаимодействии молекул, адсорбированных на частицах флокулянта

Процесс агрегации взвешенных частиц

Интенсификация процесса образования хлопьев



Флотация

Образование комплекса "пузырек-частица"

Непрерывность процесса

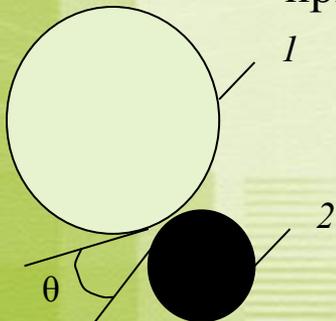
Простая аппаратура

Высокая степень очистки

Широкий диапазон применения

Селективность выделения примесей

Удаление из сточных вод диспергированных примесей, которые плохо отстаиваются



Элементарный акт флотации:

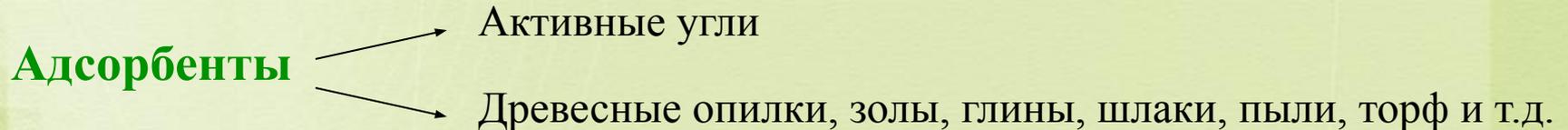
1 – пузырек газа; 2 – твердая частица;
 θ – краевой угол смачивания

$\theta \rightarrow 0$ – хорошо смачиваемые водой частицы

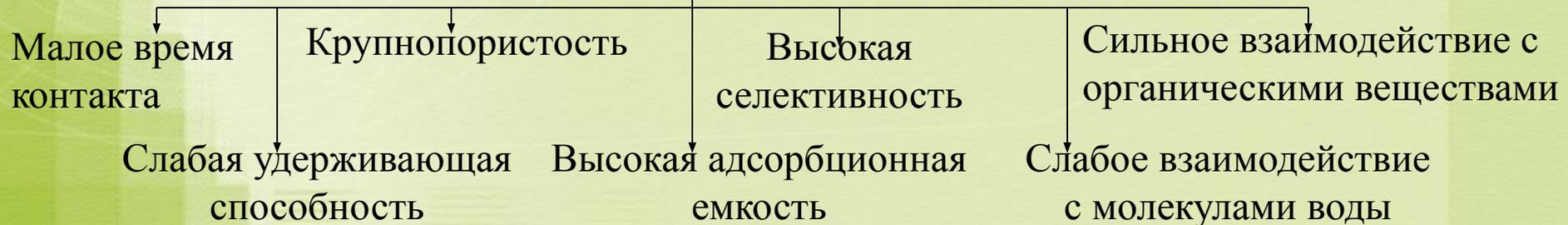
Адсорбция

Адсорбция – концентрирование вещества из объема на границе раздела фаз

Применяется для очистки от: фенолов, гербицидов, пестицидов, ПАВ, ароматические углеводородов, красителей, тяжелых металлов и др.

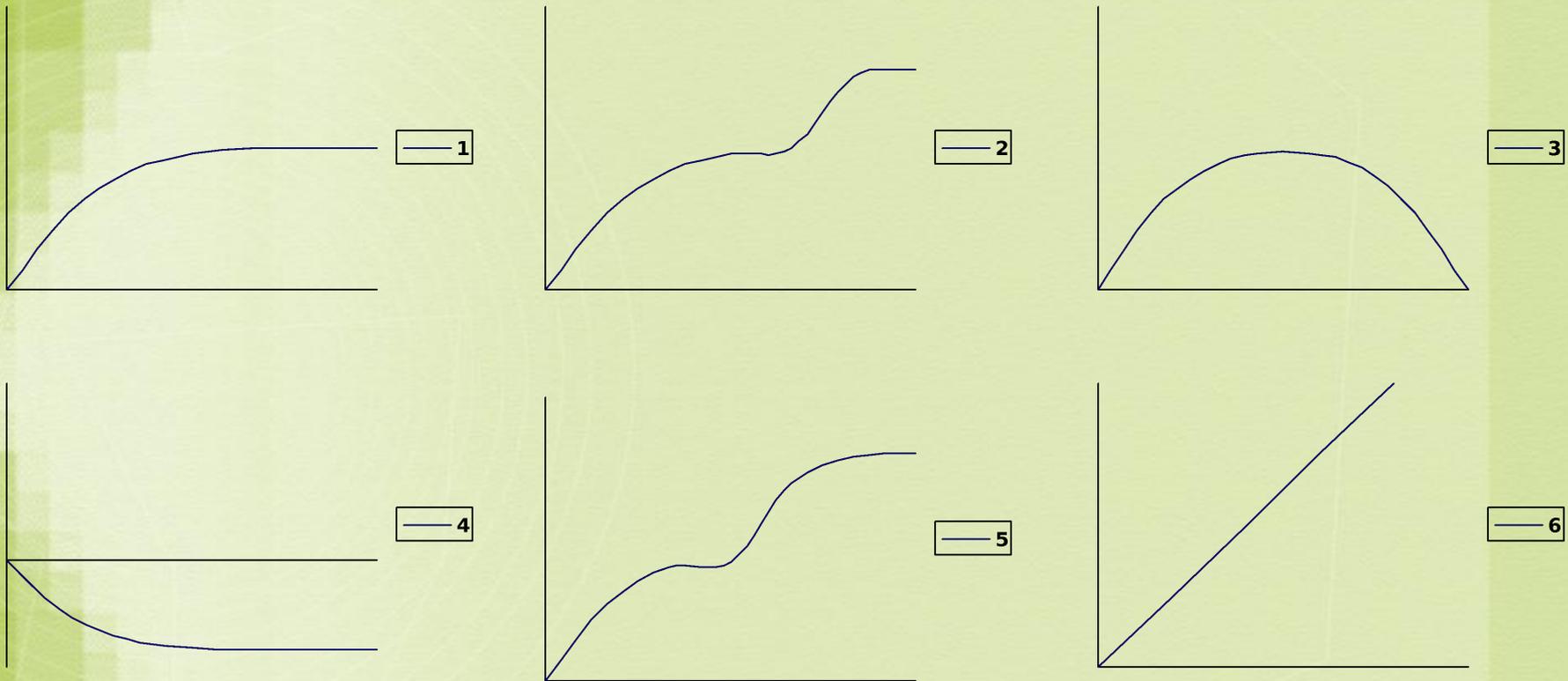


Свойства, которыми должны обладать активные угли



Основные процессы адсорбции

Адсорбционные свойства – изотермы адсорбции



Типичные изотермы адсорбции:

- 1 - изотерма мономолекулярной адсорбции; 2 - изотерма полимолекулярной адсорбции;
3 - изотерма переходной (из линейной в глобулярную) адсорбции; 4 - изотерма отрицательной адсорбции; 5 - изотерма адсорбции, переходящей в конденсацию; 6 - изотерма адсорбции Генри

Адсорбционные установки

Адсорбция → Статическая и динамическая \varnothing частиц сорбента $\leq 0,1$ мм
→ Одноступенчатая и многоступенчатая

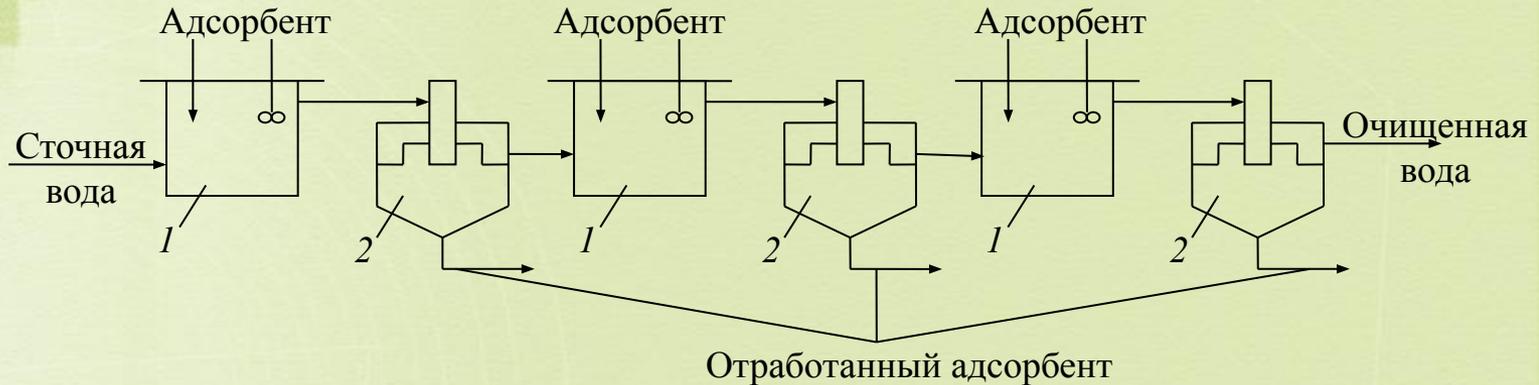
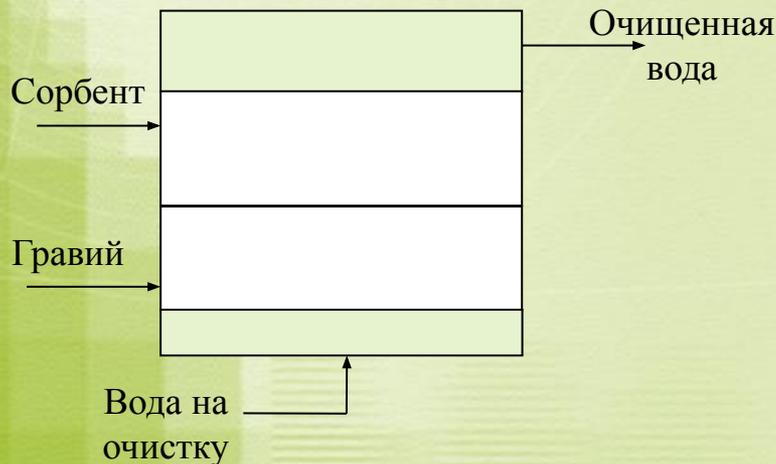


Схема адсорбционной установки (статич. услов.): 1 – смесители; 2 – отстойники

Колонна для сорбционной очистки воды в динамических условиях



$$M = Q(C_n - C_k)/a$$

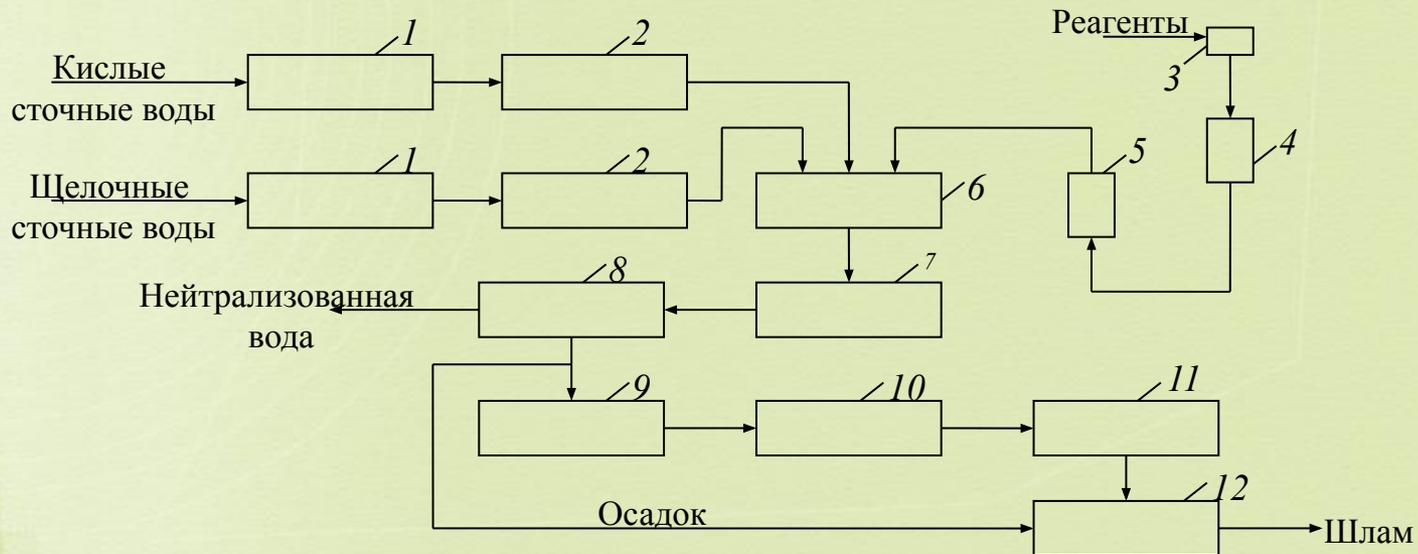
M – расход сорбента;
 C_n, C_k – начальная и конечная концентрация вещества;
 a – коэффициент адсорбции
 Q – расход воды

Химические методы очистки (ХМО)

СТОЧНЫХ ВОД



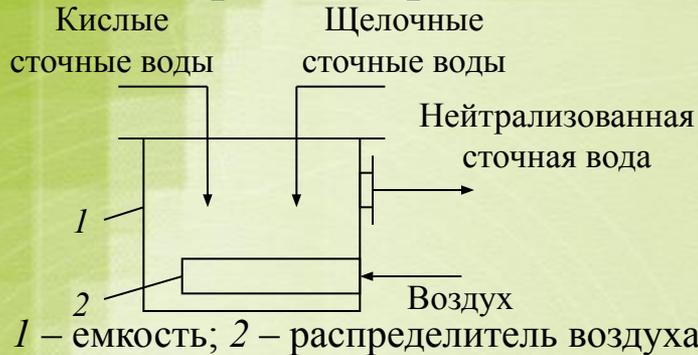
Принципиальная схема водно-реагентной нейтрализации



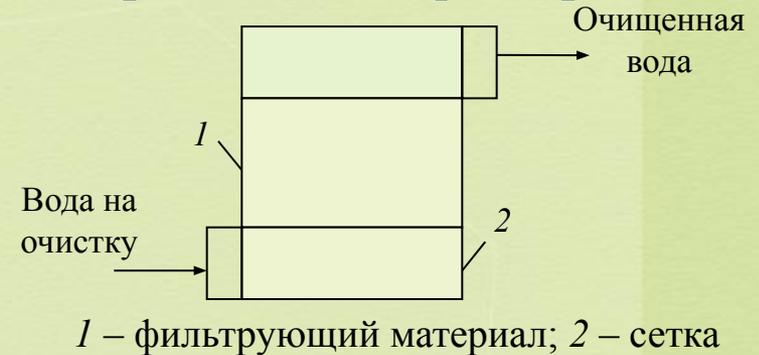
1 – песколовки; 2 – усреднители; 3 – склад реагентов; 4 – растворный бак; 5 – дозатор;
6 – смеситель; 7 – нейтрализатор; 8 – отстойник; 9 – осадкоуловитель; 10 – вакуум-фильтр;
11 – накопитель обезвоженных осадков; 12 – шламовая площадка

Установки нейтрализации

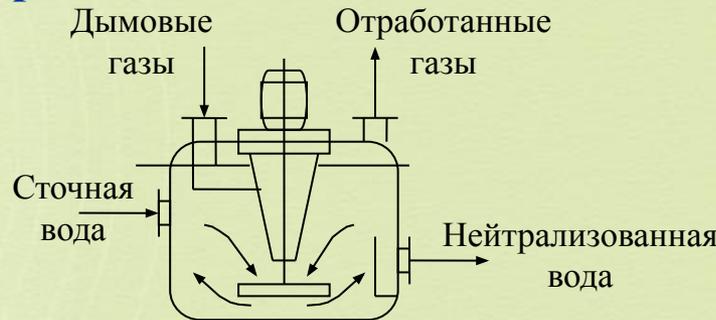
Нейтрализатор смешения



Нейтрализатор кислых вод фильтрованием



Нейтрализатор щелочных сточных вод дымовыми газами



Обработка осадков сточных вод

Реагентная

Электролит для коагуляции $FeCl_3$, $FeSO_4$ и др.

Вакуум-фильтр

Фильтр-пресс

Тепловая

$t \sim 39^\circ C$

$t \sim 100^\circ C$

Сбраживание в метантенках

Коагуляция

Жидкая фаза

Твердый осадок

Фильтрование

Накопление отходов в мировом масштабе



Вещества, загрязняющие атмосферный воздух (РФ)

Класс опасности веществ	Вещество	Выбросы, тыс. т/год
Чрезвычайно опасные	V_2O_3	5,1
	Pb и его соединения	2,06
	Cr	0,37
	Hg	0,008
	Cd	0,01
	Cu	5,9
Высокоопасные	Mn и его соединения	2,8

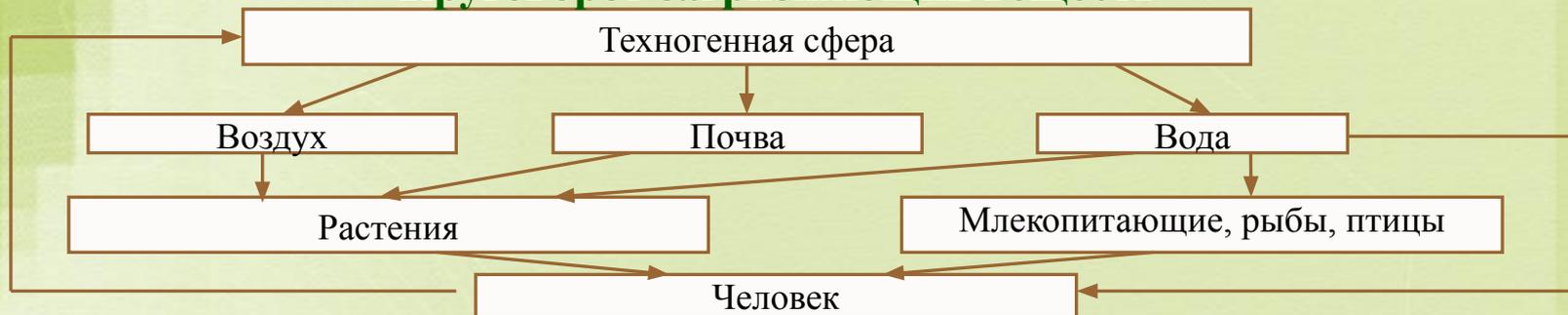
Ежегодно ТБО > 350 кг/чел

Главный источник ТБО - мегаполисы

Накопилось в 2000 г в странах ЕЭС > 180 млн т

Круговорот загрязняющих веществ в окружающей среде

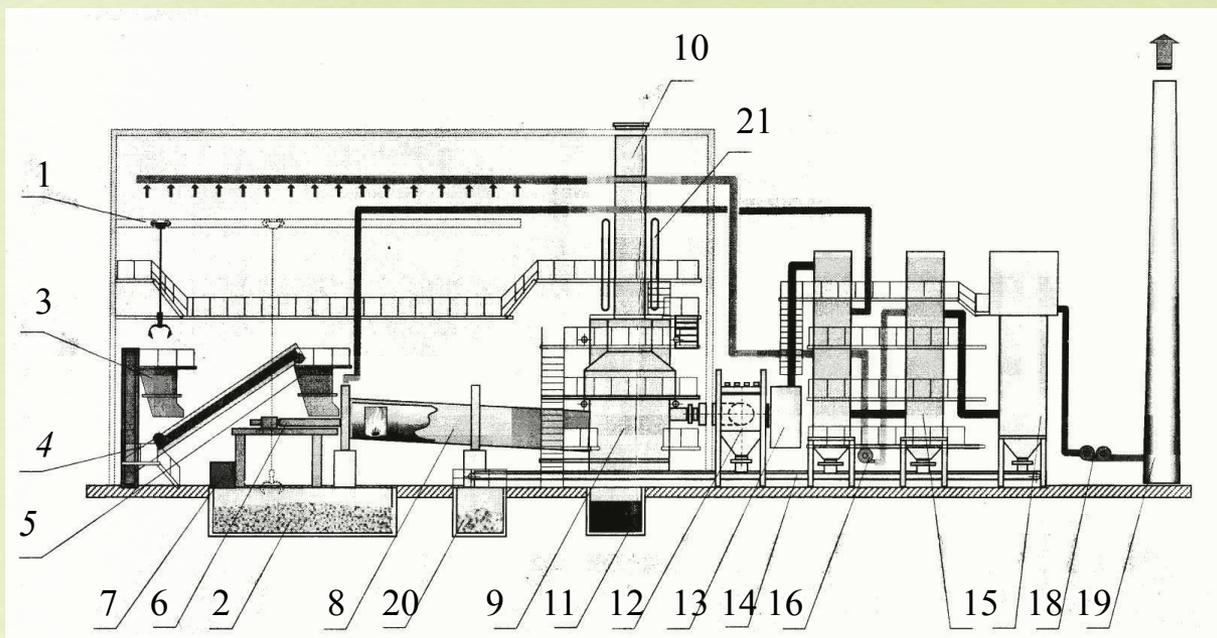
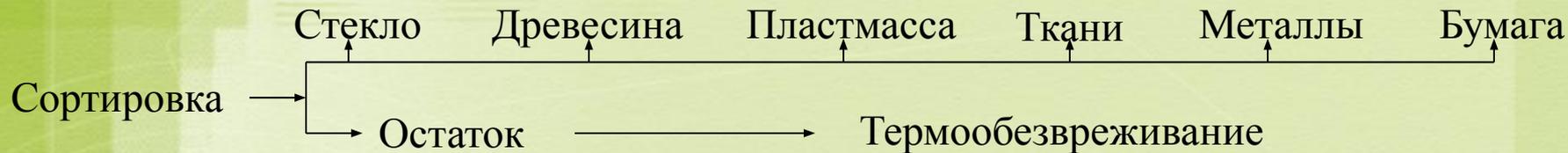
Круговорот загрязняющих веществ



Усредненный морфологический состав ТБО для различных климатических зон России, % по массе

Компоненты	Климатическая зона		
	Средняя	Южная	Северная
Бумага, картон	27	24	22
Пищевые отходы	34	40	32
Дерево	2	1	3
Металлы черные	3	2	4
Металлы цветные	0,2	0,2	0,2
Текстиль	5	5	6
Кости	0,8	1,8	2,8
Стекло	7	4	8
Кожа, резина	3	2	5
Камни	2	1	1
Пластмассы	4	2	3
Уличный смет	12	17	13

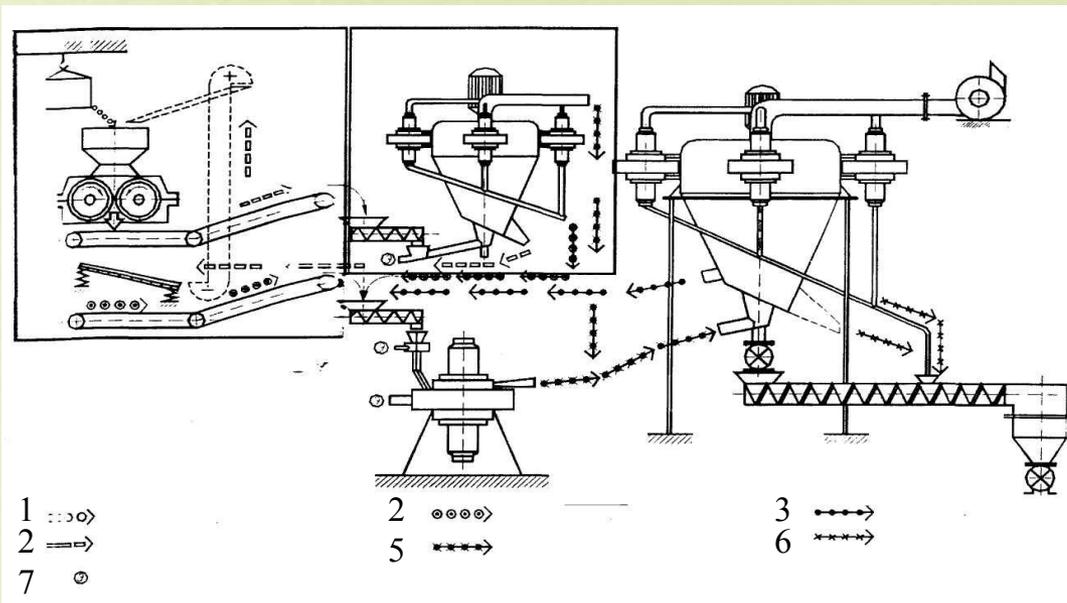
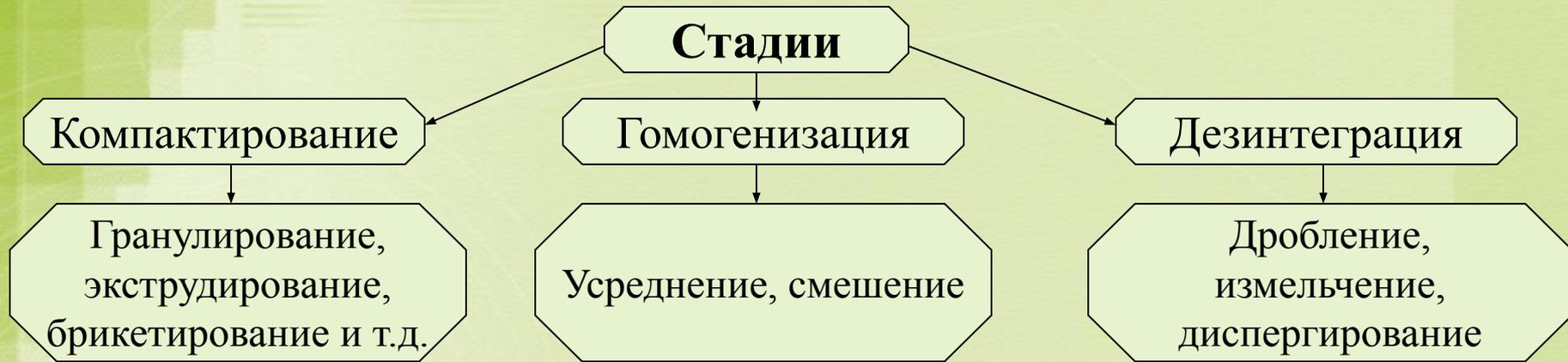
Переработка отходов



Устройство стационарной мусоросжигательной установки

- 1 – кран-балка с моторным грейфером; 2 – закроем для приема отходов; 3 – промежуточный бункер; 4 – ленточный конвейер; 5 – загрузочный бункер; 6 – загрузочное устройство; 7 – дробилка для отсортированных пластмассовых отходов; 8 – печь вращающаяся; 9 – камера дожигания; 10 – крышка у дымохода прямого сброса с пневмоприводом; 11 – ванна для приема шлака; 12 – инерционно-вихревой коаксиальный пылеуловитель; 13 – каталитический аппарат; 14 – скребковый конвейер; 15 – рекуператор; 16 – вентилятор высокого давления; 17 – фильтр рукавный; 18 – дымосос; 19 – дымовая труба; 20 – бункер для шлака; 21 – котел утилизатор

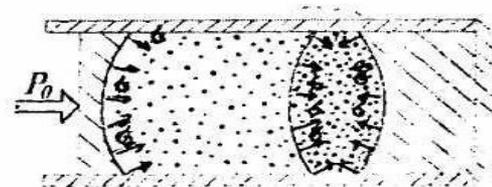
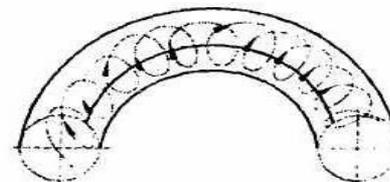
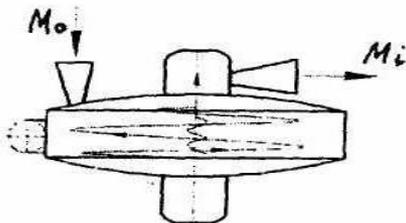
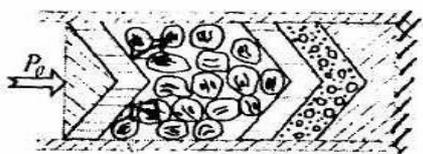
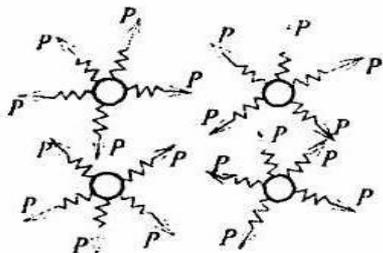
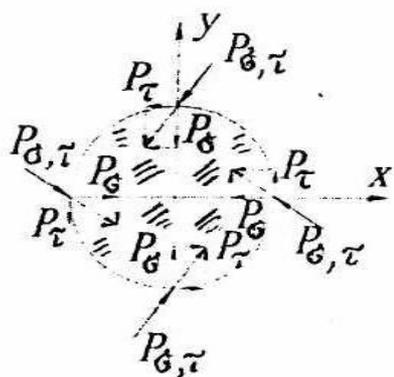
Подготовка отходов к переработке



Технологический комплекс для производства высокодисперсных смесей

1 – исходный материал; 2 – тонкоизмельченный продукт после предварительного измельчения; 3 – грубомолотый продукт; 4 – грубомолотый продукт после предварительного измельчения; 5 – продукт после диспергирования; 6 – готовый продукт; 7 – энергоноситель

Закономерности процессов подготовки ОТХОДОВ



Раздавливающее-сдвиговое деформирование хрупких тел (в том числе дезагломерация спрессованных частиц микродефектной структуры)

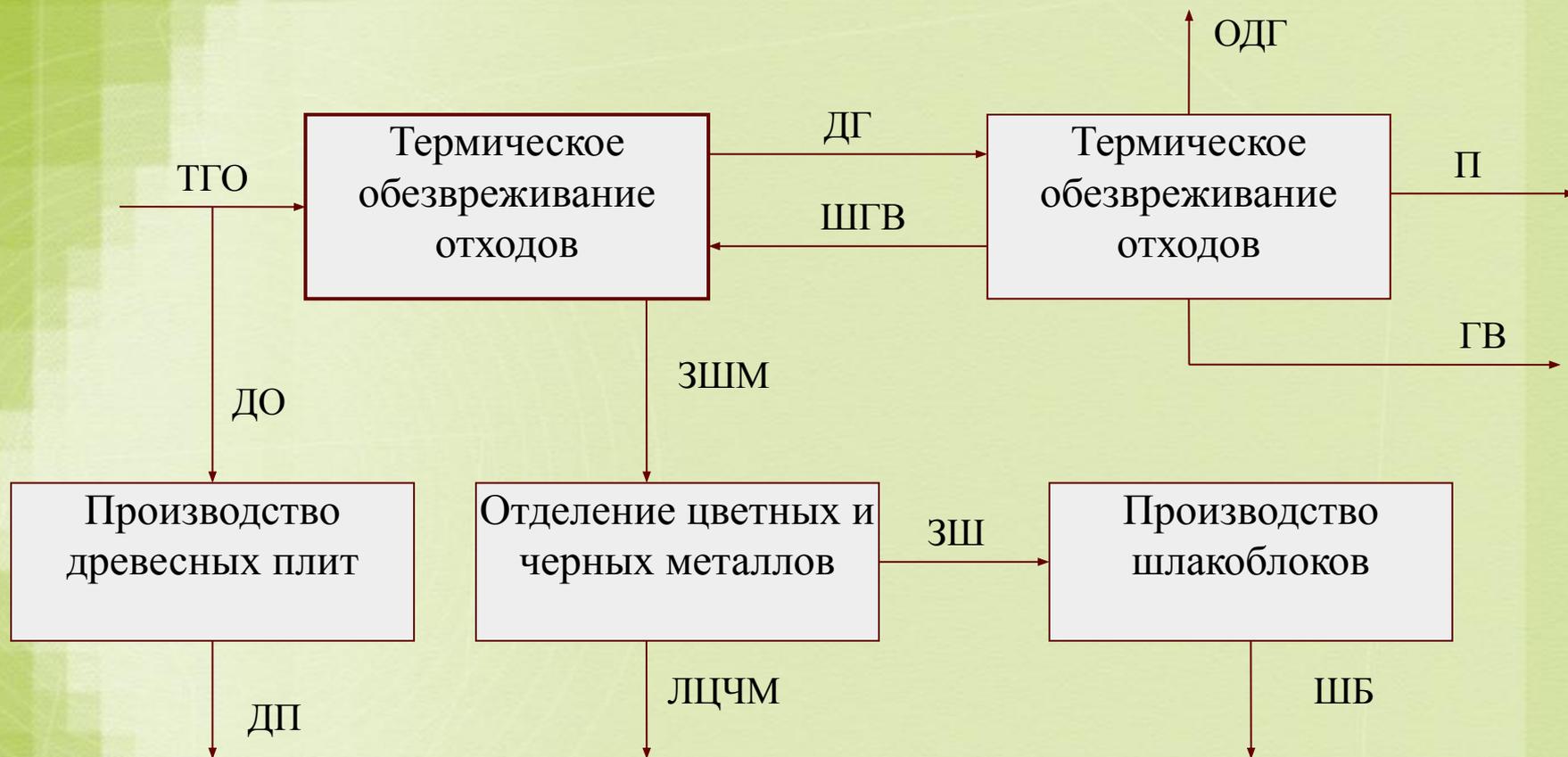
Вихреакустическое диспергирование деформированных частиц с последующей сепарацией и аспирацией

Гомогенизация поликомпонентной смеси (в сухом или увлажненном состоянии)

Компактирование увлажненной смеси. Предварительное уплотнение. Формование

Закономерности процессов измельчения, гомогенизации, компактирования материалов и способы их технологической реализации

Мусороперерабатывающий завод



Блок-схема мусороперерабатывающего завода (г. Бердск):

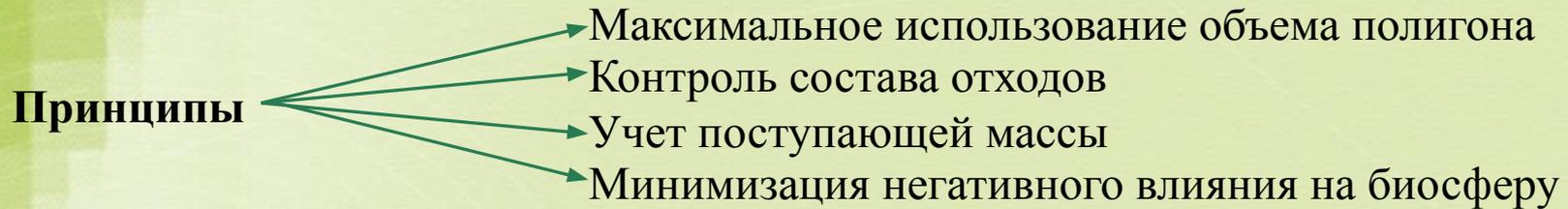
ТГО – твердые городские отходы; ДО – древесные отходы; ДГ – дымовые газы;

ОДГ – очищенные дымовые газы; П – пар; ГВ – горячая вода;

ЗШМ – зола, шлак, металлы; ЛЦЧМ – лом цветного и черного металла;

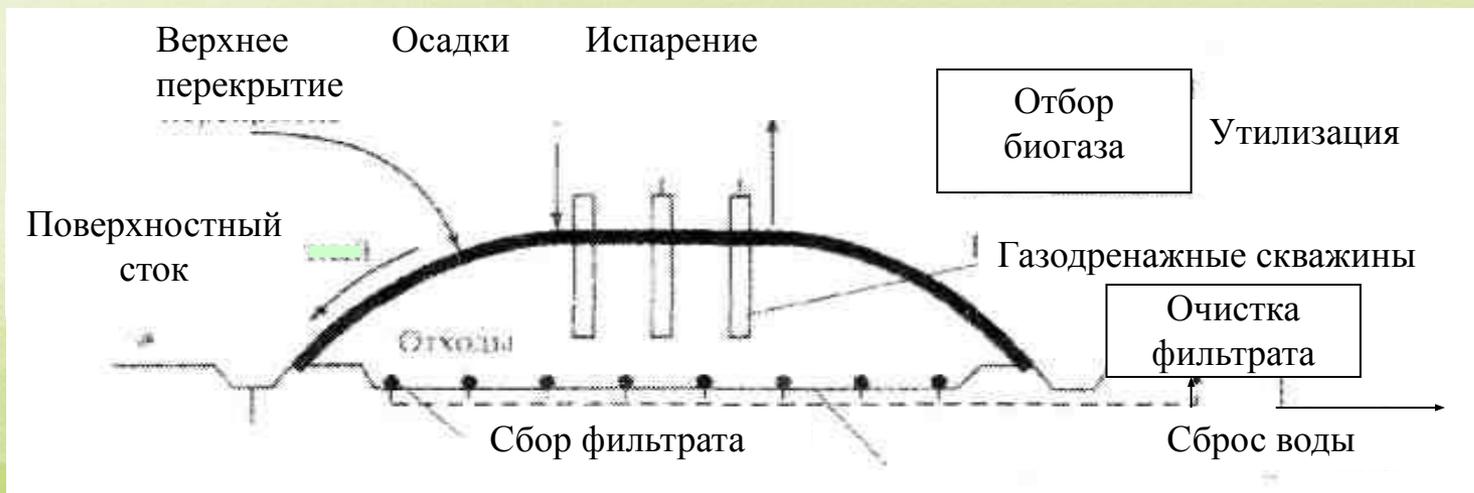
ДП – древесные плиты; ЗШ – зола, шлак; ШБ – шлакоблоки

Санитарное захоронение отходов



Санитарное захоронение → Обезвреживание нецелесообразно или технически затруднено

Полигон ТБО



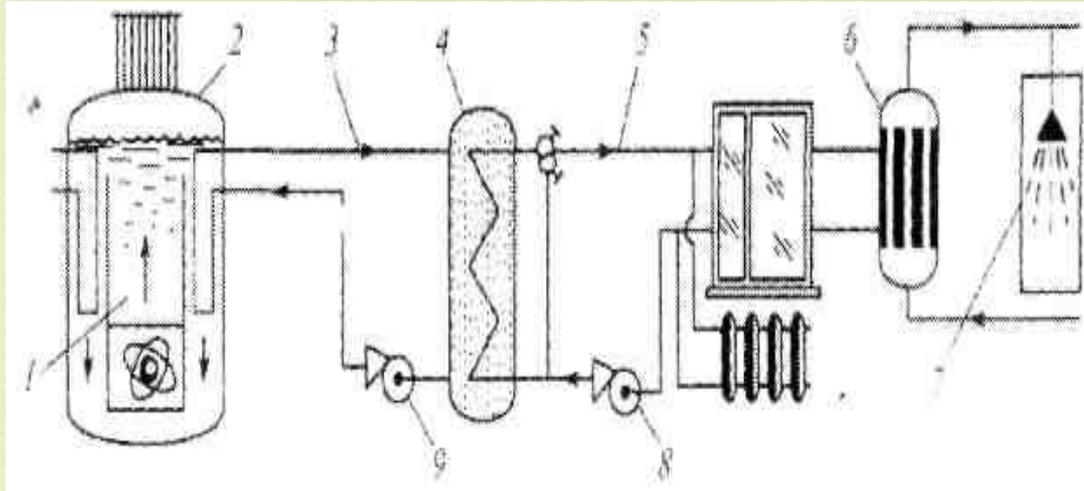
Можно: IV, V класс опасности

Нельзя: I-III классы опасности, радиоактивные отходы

Экологическая безопасность в ядерной энергетике

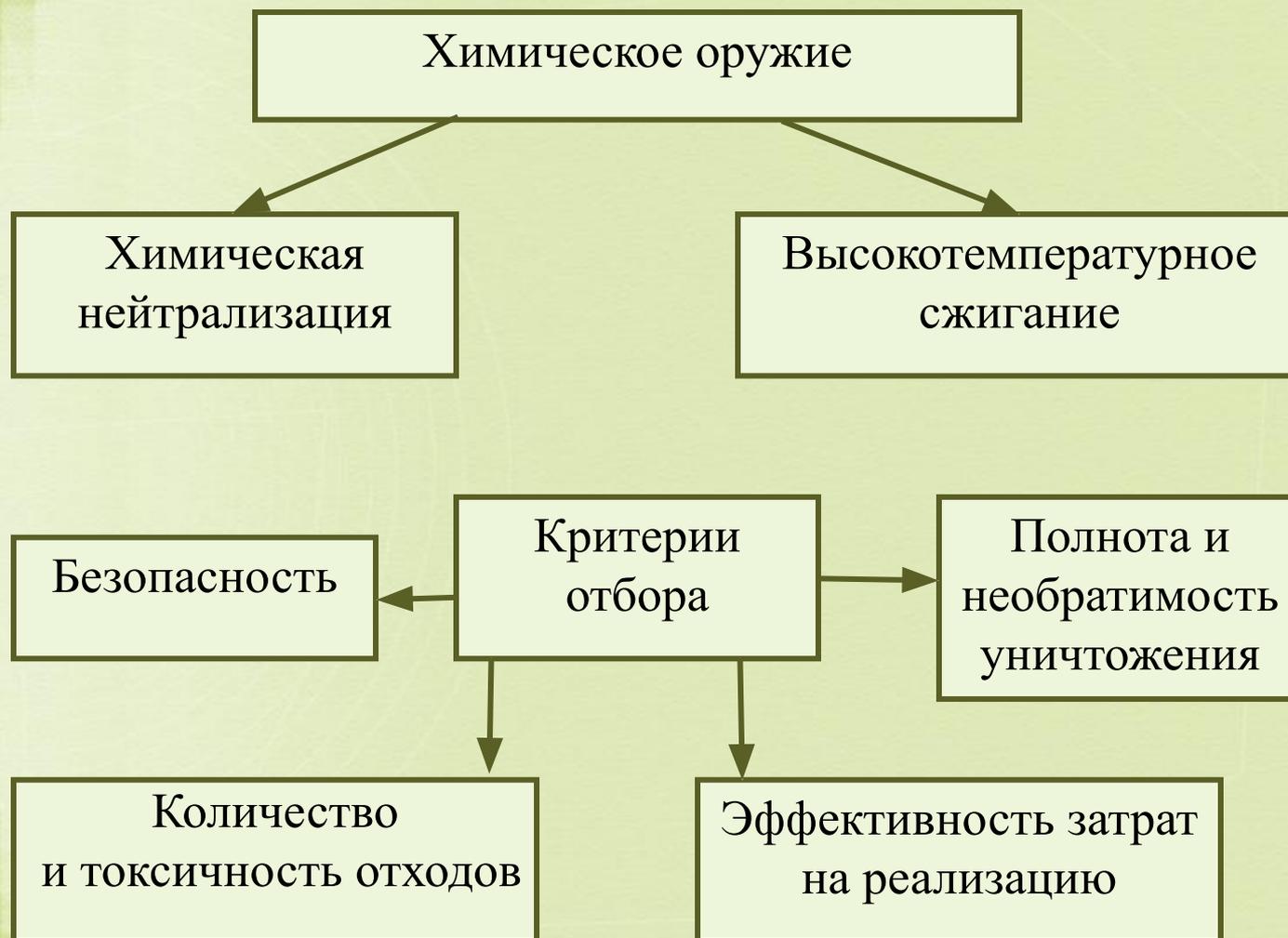


Принципиальная схема установки экологически безопасной АЭС



1 – первый контур ($P_1 = 20$ атм., $t_1 = 208^\circ\text{C}$); 2 – реактор; 3 – второй контур ($P_2 = 12$ атм., $t_2 = 160^\circ\text{C}$); 4 – сетевой теплообменник; 5 – сетевой насос; 6 – дополнительный теплообменник для горячего водоснабжения; 7 – потребители тепла; 8 – сетевой насос; 9 – насос второго контура

Переработка химического оружия



Термическое уничтожение химического оружия

