

**ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный  
университет им. П.А. Столыпина»**

**кафедра экологии, природопользования и биологии**

**Системы защиты среды обитания**

# **СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД**

**Королёв А.Н.,  
канд. биол. наук, доцент**



**Различают три категории сточных вод, поступающих в поверхностные сточные объекты:**

- нормативно (условно)-чистые;**
- нормативно-очищенные;**
- загрязненные (недостаточно очищенные и без очистки).**

**При характеристике уровня загрязнения воды сопоставляется фактическое содержание того или иного загрязнения с его предельно допустимой концентрацией (ПДК).**

В настоящее время разработано много способов очистки сточных вод, различающихся как природой процессов, которые положены в их основу, так и технологическими параметрами



**Современная классификация методов очистки сточных вод от загрязнений основывается на физико-химической природе и характере сил воздействия на примеси. Выбор метода и схемы очистки зависит от**

- состава,**
- концентрации и объема стоков,**
- медико-биологических и технологических требований к очищаемой воде,**
- требуемых материальных и энергетических ресурсов,**
- экономических показателей.**

**Модульный принцип построения технологической схемы очистки воды, позволяет оперативно и гибко изменять технологическую схему в зависимости от возникающих задач, за счет возможности подключения модулей.**

# Современные методы очистки сточных вод (по механизму воздействия)



## МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ СТОЧНЫХ ВОД

### БИОЛОГИЧЕСКИЕ:

отстаивание, процеживание, центрифугирование, фильтрация, микрофильтрация, очистка в гидроциклонах

### ФИЗИЧЕСКИЕ:

магнитная, ультразвуковая, электроимпульсная обработка, ионизирующее излучение

### ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ:

коагуляция, флотация, сорбция, ионный обмен, экстракция, дистилляция, вымораживание, электродиализ, гиперфильтрация, обратный осмос

### ХИМИЧЕСКИЕ:

окисление (хлорирование, озонирование, жидкофазное и парофазное окисление), восстановление, нейтрализация, осаждение, комплексообразование

## Методы обработки сточных вод

### Механические

Отстаивание
Очистка в гидроциклонах
Центрифугование
Фильтрация
Микрофильтрация

### Химические

Окисление
Восстановление
Нейтрализация
Осаждение
Комплексообразование

### Физико-химические

Флокуляция, коагуляция
Флотация, электрофлотация
Ионообмен, сорбция
Экстракция
Дистилляция, вымораживание
Электо-, гальванокоагуляция
Мембранный электролиз
Электролиз
Ультра-, нанофильтрация

### Физические

Магнитная обработка
Ультразвуковая обработка
Вибрация
Электромагнитная обработка
Ионизирующее облучение

### Биохимические

Поля фильтрации
Биологические пруды
Аэротенки
Биофильтры
Окислительные каналы

# Технологические схемы очистки

Разрабатываются в зависимости от:

- концентрации (количества) загрязнений,
- размера частиц (фазового состояния в растворе),
- скорости протекания процессов,
- механизма действия











[gelio-nsk.livejournal.com](http://gelio-nsk.livejournal.com) | [gelio@inbox.ru](mailto:gelio@inbox.ru)





[gelio-nsk.livejournal.com](http://gelio-nsk.livejournal.com) | [gelio@inbox.ru](mailto:gelio@inbox.ru)

# Механические методы

Удаляются механические примеси (грубодисперсные частицы), в зависимости от размеров:

- решетками, ситами, песколовками, септиками, навозоуловителями различных конструкций, а поверхностные загрязнения – нефтеловушками, бензо-маслоуловителями, отстойниками и др.
- позволяет выделять из бытовых сточных вод до 60-75% нерастворимых примесей, а из промышленных – до 95%

# Механическая очистка сточных вод

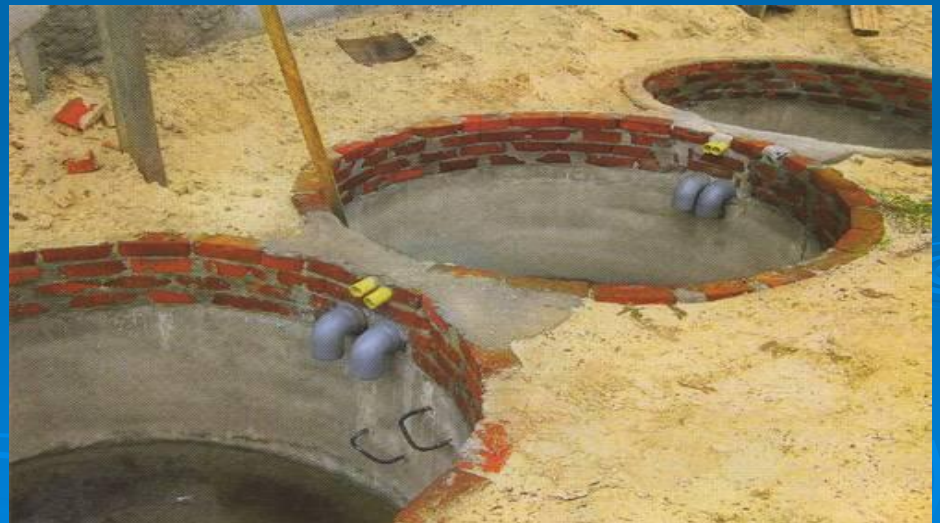


- **Фильтрование является наиболее распространенным методом очистки сточных вод от грубодисперсных примесей стоков через слой пористого материала или сетки с подходящим размером отверстий. Очистка стоков фильтрованием особенно актуальна в технологических процессах, использующих оборотную воду.**

□ Отстаивание предназначено для очистки сточных вод от крупнодисперсных примесей (песка и взвесей) и может быть организовано двумя способами: под действием силы тяжести (отстойники) или центробежной силы. Подобные установки водоочистки способны удалять из стоков песок с размером частиц не менее 0,15–0,20 мм. Часто для очистки сточных вод прибегают к организации многокаскадных отстойников, когда частично осветленная на первых стадиях отстаивания вода по напорным коллекторам подается на следующие стадии очистки.



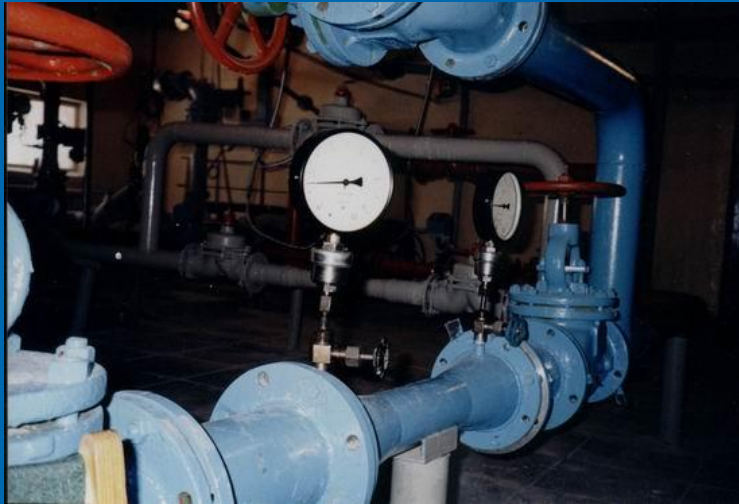
•Система отстаивания



•Колодцы отстойников



# Физическая и физико-химическая очистка СТОЧНЫХ ВОД



•Реактор для нейтрализации  
сточных вод



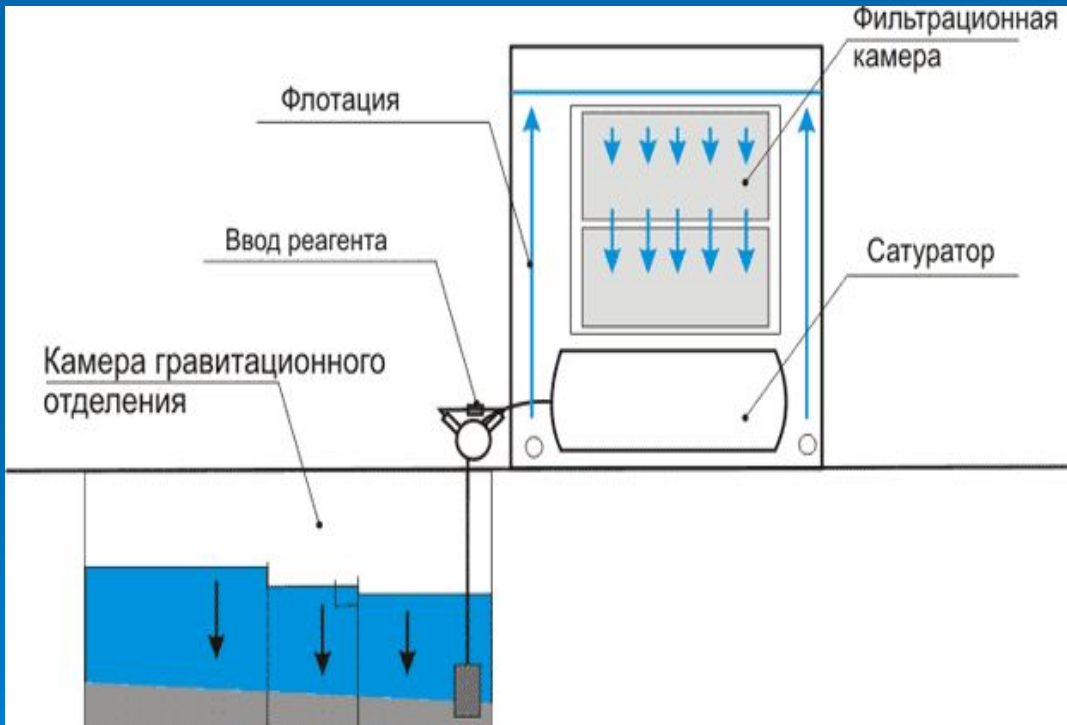
•Станция нейтрализации сточных вод

- Нейтрализация – процесс, основанный на реакции между кислотой и основанием. Как правило, нейтрализации подлежат кислые стоки. В качестве нейтрализующих агентов в данном случае применяют соду, аммиак, известь, мраморную крошку, щелочную золу, шлаки и другие щелочные реагенты

# Физико-химические методы

- удаляются тонкодисперсные и растворенные неорганические примеси
- разрушаются органические и плохо окисляемые вещества
- Применяются: электрокоагуляция, сорбция, экстракция, ионный обмен, электрофлотация, гальванокоагуляция

- **Флотация** - перенос загрязняющих сточные воды веществ на поверхность воды с помощью пузырьков воздуха. Затем всплывшие в виде пенных образований примеси удаляются специальными скребками. Воздушные пузырьки для организации флотации могут быть получены посредством механического дробления воздуха с помощью турбин, форсунок и пористых пластин; перенасыщением воды воздухом, а также ее электролизом (электрофлотация)



•Флотационная очистка сточных вод



•Флотационное оборудование очистки промышленных сточных вод

# Обратный осмос (гиперфльтрация)

- процесс разделения растворов фильтрованием через мембраны (поры диаметром около 1 нм пропускают молекулы воды, но непроницаемы или полупроницаемы, для гидратированных ионов солей или недиссоциированных молекул)
- Селективность мембран достигает 99% и обеспечивает получение чистой воды, которую можно вернуть в оборотную систему водоснабжения

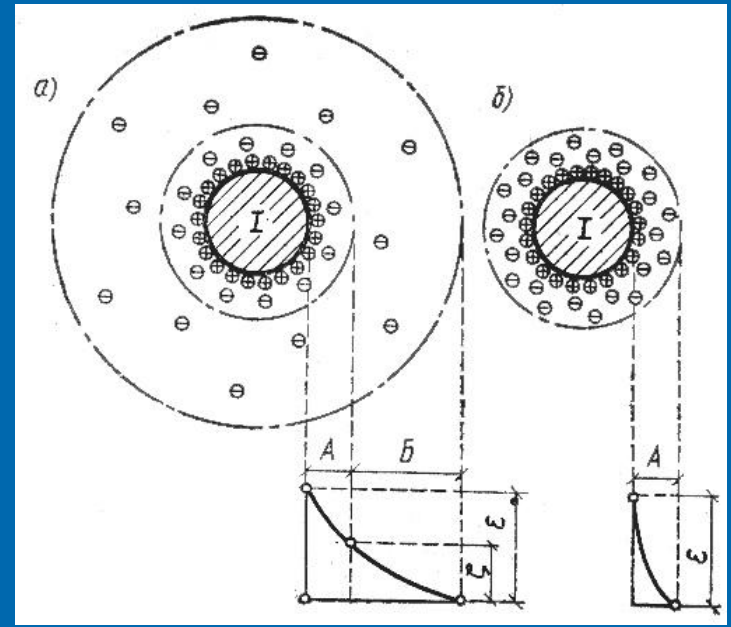
# Адсорбционный метод

- наиболее доступный и эффективный метод глубокой очистки (доочистки) от растворенных органических веществ.
- применяются **активные сорбенты:** мелкодисперсные вещества с развитой поверхностью – опилки, зола, торф, глина, коксовая мелочь, активированные угли.

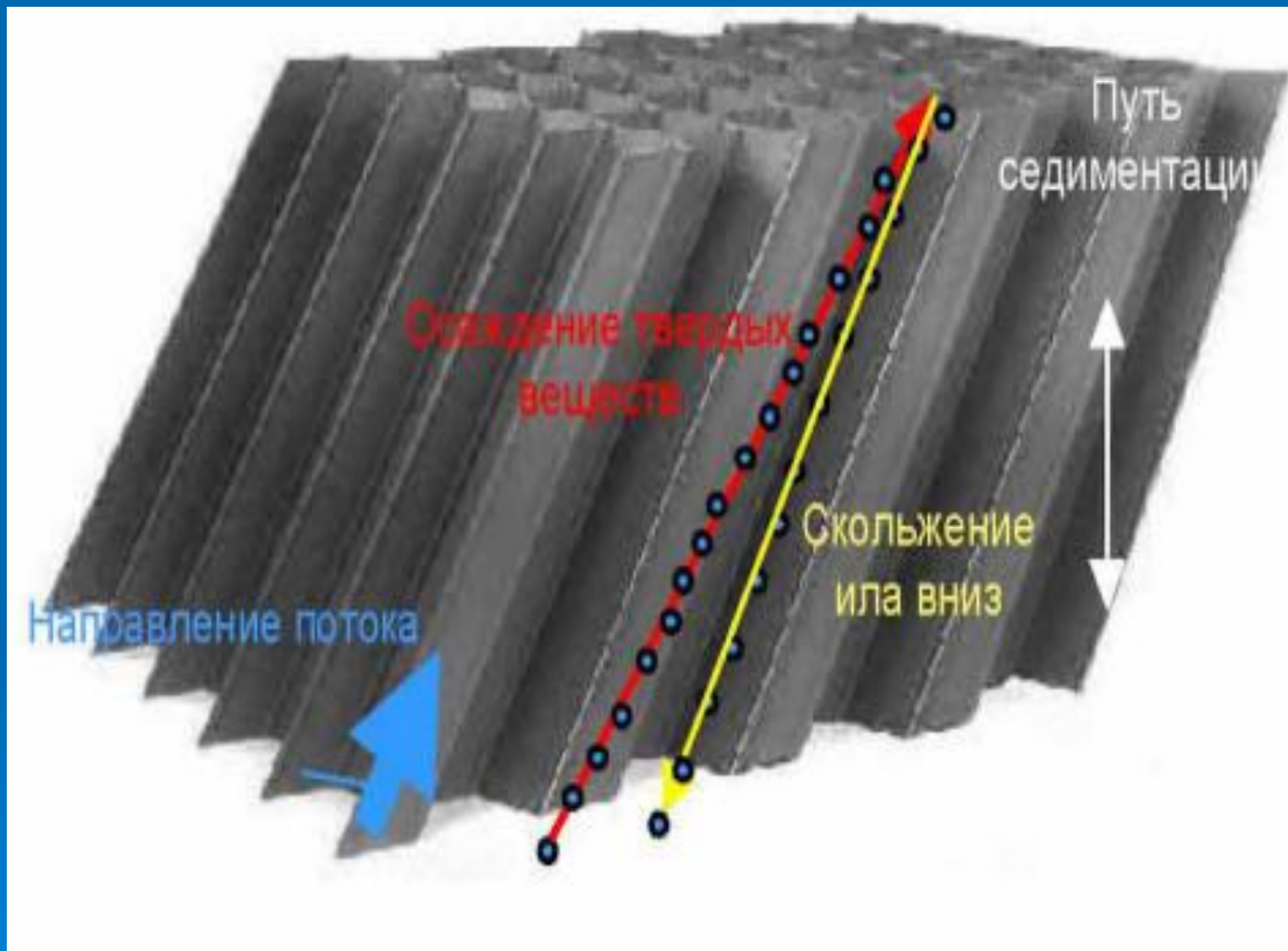
# Химические (реагентные) методы

**Цель** – осаждение в виде нерастворимых осадков:

- окисление, восстановление, нейтрализация
- достигается уменьшение нерастворимых примесей до 95% и растворимых до 25%



□ Коагуляция и флокуляция - взаимодействия загрязняющих стоки веществ (коллоидных и мелкодисперсных частиц) либо с минеральными соединениями (коагуляция), либо с высокомолекулярными веществами (флокуляция). В качестве коагулянтов используются в основном соли алюминия (III) и железа (III), которые в результате гидролиза переходят в малорастворимые формы в виде гидроксидов этих металлов



•Схема коагуляции



- **Ионообменный метод** - фильтрация очищаемых стоков через ионообменные смолы (иониты). Среди ионитов различают сильно- и слабокислотные катиониты и сильно- и слабоосновные аниониты, а также аниониты, содержащие специфические комплексообразующие группы. Проходя через ионит, загрязняющие стоки вещества, включающее катионную группу, вступает в реакцию обмена с катионитом и оседает на нем. И наоборот, загрязняющие сточные воды вещества, в составе которых есть специфические анионные группы, связывается с анионитами. Преимущество - позволяет целенаправленно выделить определенные вещества из стоков и провести регенерацию ионообменных смол.



•Ионообменные смолы для систем водоподготовки и очистки сточных вод

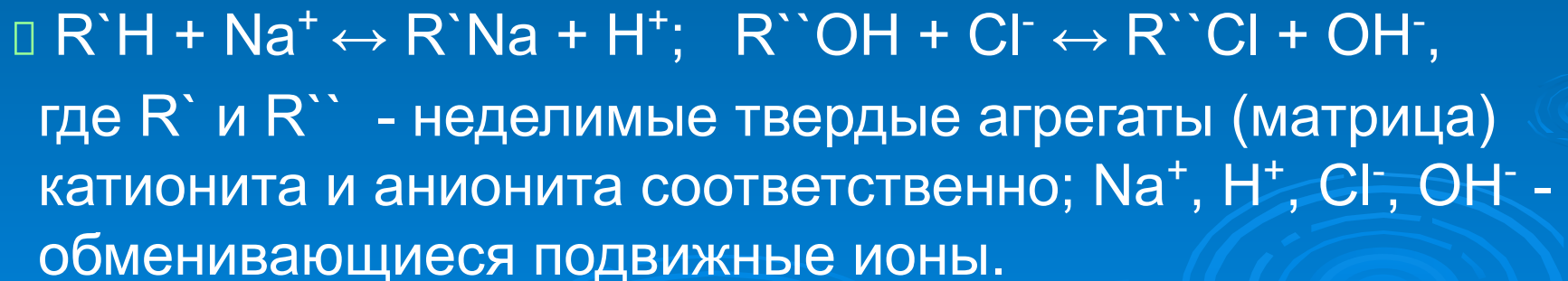


•Ионообменный фильтр для очистки сточных вод от ионов хрома

# Ионный обмен

**Применяется:** для глубокой доочистки производственных вод от ионов тяжелых металлов и для локальных систем регенерации металлов **позволяет** в ряде случаев осуществить возврат воды в технологический цикл

**Ионообменные материалы (иониты):** нерастворимые полиэлектролиты, способные вступать в реакции обмена с ионами раствора и обладающие ионной проводимостью:



# Биохимические методы

**основаны на использовании закономерностей биохимического и физиологического самоочищения водоемов – биологическом окислении органических и некоторых неорганических веществ в результате деятельности микроорганизмов, использующих примеси сточных вод как питательный субстрат**

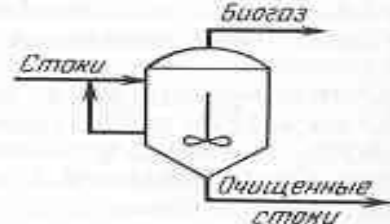
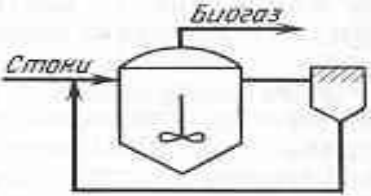
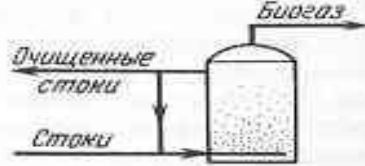
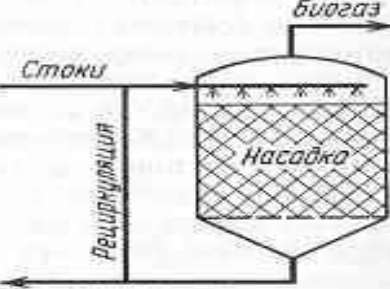

**Показатели очистки (скорость окисления, эффективность) зависят от:**

- температуры,
- интенсивности перемешивания,
- концентрации кислорода,
- содержания токсичных веществ и биогенных элементов (азот и фосфор),
- степени рециркуляции активного ила.

# Аэробные и анаэробные ступени очистки

- Современная стратегия очистки сточных вод: использование химических реагентов для очистки сточной воды свести к минимуму, а по возможности применять биологический метод с чередованием аэробных и анаэробных ступеней.
- В последние годы биологическая обработка сточных вод в анаэробных условиях (помимо аэробных), как дополнительная стадия очистки при глубоком удалении соединений азота и фосфора, широко применяется в мире и наблюдается тенденция расширения этой практики. Объясняется это не только тем, что получены положительные результаты при использовании данной технологии, но также тем, что анаэробная очистка сточных вод имеет ряд преимуществ перед аэробной.

# Аэробные и анаэробные системы очистки

Биореактор	Принцип действия и конструкция	Схема
Традиционный биореактор метанового брожения (метантенк)	Герметичные металлические или железобетонные емкости в виде вертикальных цилиндров. Медленное перемешивание газом или механически. Полная замена субстрата в течение 10—20 сут	
Контактный биореактор	Аппарат полного перемешивания, но имеет отстойник (сепаратор биомассы, которая возвращается в биореактор). Полная замена субстрата в течение 5—15 сут	
Биореактор «кипящего» слоя	Вертикальный цилиндр; стоки подаются снизу со скоростью, обеспечивающей образование кипящего слоя носителя (например, песка) с биомассой	
Анаэробный фильтр	Вертикальный цилиндр с насадкой твердого пористого носителя, к которому прикрепляется анаэробная микрофлора. Стоки подаются снизу или сверху и проходят через слой насадки	
Биореактор со слоем биомассы (активного ила)	Сточные воды равномерно распределяются по площади нижней части реактора и направляются вверх со скоростью, обеспечивающей образование гранул биомассы в виде рыхлого слоя, в верхней части имеется устройство для отделения твердой, жидкой и газообразной фаз	

# Методы биологической очистки бытовых сточных вод

## МИКРООРГАНИЗМЫ

Анаэробное окисление

Бактерии

Аэробное окисление

Простейшие

## ОЧИСТНЫЕ УСТРОЙСТВА

Активный ил

Аэротэнки, метатенки

Биопленка

биотэнки, погружные биофильты

Биофильтры

## СОСТАВ И СВОЙСТВА

**Активный ил:**  
коллоидная система,  
рН=4 – 9;  
отрицательный заряд

**Биоценоз:** бактерии, черви, плесневые грибы, дрожжи, водоросли - всего 12 видов; твердый субстрат

**Биопленка:**  
слизистые обрастания, толщина 1-3 мм

**Биоценоз:** бактерии, грибы, дрожжи

Химический состав ила:  $C_{54}H_{212}O_{82}N_8S_7$

## Характеристика аэробов и аэробных процессов :

### «+»

- в аэробном процессе удаляется органический азот и обеспечивается нитрификация, а для удаления фосфора необходимо сочетание анаэробной и аэробной стадии очистки сточных вод
- высокие скорости протекания процессов

### «-»

- при шоковом токсическом воздействии восстановление анаэробного ила происходит за недели и месяцы
- при аэробном процессе биоценоз плохо выдерживает прекращение подачи питания, аэробы чувствительны к голоданию и неравномерному притоку сточных вод
- присутствие восстановителей в больших концентрациях подавляет аэробный процесс
- аэробный процесс всегда лимитирован количеством кислорода. Кислородный дефицит не позволяет обеспечить удовлетворительное окисление трудноокисляемых ксенобиотиков и высококонцентрированных по органическим и биогенным веществам сточных вод

□ В аэротенках и биофильтрах разложение микроорганизмами проходит в искусственных сооружениях. Здесь удастся подобрать и поддерживать в течение длительных промежутков времени оптимальные условия для жизнедеятельности МО, активизируя процесс минерализации. Очистка на биофильтрах имитирует почвенные условия, а очистка в аэротенках – условия водоемов. Аэротенки представляют собой достаточно глубокие (от 3 до 6 м) резервуары, снабженные устройствами для аэрации. Здесь обитают колонии МО (на хлопьевидных структурах активного ила), расщепляющие органические вещества.



•Аэротенк для очистки сточных вод на Сестрорецких очистных сооружениях



## Характеристика анаэробов и анаэробных процессов:

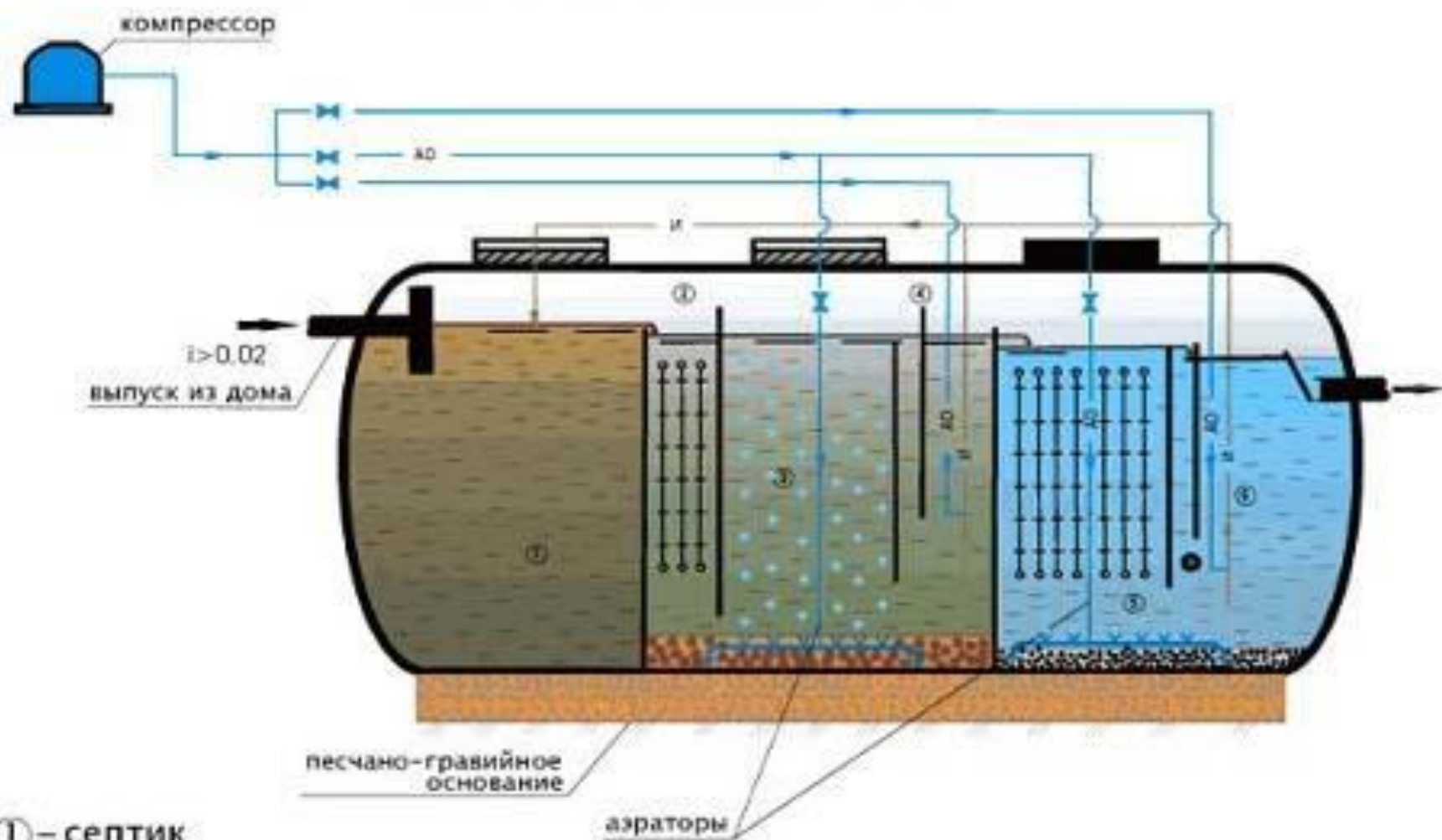
«+»

- анаэробы обладают высокой устойчивостью к токсикантам
- разлагают сложные ксенобиотики, хлорорганические соединения, алифатические гидрокарбонаты, лигнин, фенол, серосодержащие соединения и пр.
- при шоковом токсическом воздействии восстановление анаэробного ила занимает от нескольких часов до нескольких суток
- при анаэробном процессе биоценоз выдерживает прекращение подачи питания в течение месяца и удовлетворительно функционирует в условиях неравномерного притока сточных вод
- анаэробный процесс устойчив к высокому содержанию органики
- анаэробный способ извлечения энергии характеризуется тем, что свободный кислород в нем не принимает участия, а органические субстраты окисляются только за счет отщепления водорода. Освободившийся водород либо присоединяется к продуктам распада того же самого органического вещества, либо выделяется в газообразном состоянии

«-»

- применение анаэробного процесса для очистки сточных вод самостоятельно (без сочетания с аэробной стадией) недостаточно эффективно, т.к. степень очистки по БПК<sub>5</sub> невысокая (60-75 %)
- в самостоятельном анаэробном процессе не удаляется азот- и фосфоросодержащая органика

# Схема устройства трёхуровневой очистительной установки



- ① – септик
- ② – биореактор
- ③ – аэротенк 1 ступени
- ④ – вторичный отстойник
- ⑤ – аэротенк 2 ступени
- ⑥ – третичный отстойник



- Аэробное окисление в биологических прудах - процесс минерализации органических веществ под действием МО, обитающих в воде. Строительство биологических прудов целесообразно как для доочистки сточных вод, так и для очистки воды рек, впадающих в водохранилища.

# Химическая и биохимическая очистка СТОЧНЫХ ВОД



□ Поля фильтрации - представляют собой специализированные земельные участки, выделенные для сброса на них загрязненных сточных вод и населенные почвенными аэробными МО. Попадая в почву, вредные органические вещества подвергаются окислительному действию МО, в результате чего образуется  $CO_2$  и  $H_2O$  (здесь же могут проходить и процессы нитрификации). При этом, параллельно с окислением органического вещества, происходит синтез биомассы микроорганизмов.