

**Биологическая  
очистка  
сточных вод**

Биологическая очистка сточных вод выполняется для вод, содержащих высокие концентрации органических загрязнений, а также иные соединения, являющиеся биологически разлагаемыми.

Данный процесс основан на способности некоторых микроорганизмов использовать загрязняющие сточные воды вещества для питания в процессе своей жизнедеятельности.

Основной процесс, протекающий при биологической очистке сточных вод, — это биологическое окисление. Данный процесс осуществляется сообществом микроорганизмов (биоценозом), состоящим из множества различных бактерий, простейших водорослей, грибов и др., связанных между собой в единый комплекс сложными взаимоотношениями (метабиоза, симбиоза и антагонизма).

Главенствующая роль в этом сообществе принадлежит бактериям.

Очистку сточных вод рассматриваемым методом проводят в аэробных (т. е. в присутствии растворенного в воде кислорода) и в анаэробных (в отсутствие растворенного в воде кислорода) условиях.

## Рост биологической культуры происходит в 3 стадии:

1. Сорбция вещества на поверхности клетки активного ила, массопередача органического вещества и кислорода из жидкости к поверхности клетки

2. диффузия растворенного вещества через полупроницаемую мембрану

3. Метаболизм продуктов окисления, сопровождающийся приростом биомассы, выделением энергии,  $\text{CO}_2$

Интенсивность и эффект биологической очистки определяется скоростью размножения бактерий.

I - **лаг-фаза** (фаза адаптации к иловой среде): взвешенные и коллоидные вещества адсорбируются активным илом.

Окислительные процессы начинаются в очень слабой степени. Начинается прирост биомассы с увеличивающейся скоростью

II - **экспоненциальная фаза**: период самого быстрого развития микроорганизмов. Все питательные вещества присутствуют в избытке и развитие не тормозится продуктами обмена веществ. Преобладают процессы окисления загрязнений

III – **фаза созревания активного ила**

IV - **самоокисление**: начинается медленный, а затем все более быстрый распад клеток.

V – **гибель клеток**

Способность микроорганизмов окислять органические вещества определяется активностью их ферментов. Для переработки сложных производственных сточных вод биоценозу ила необходимо 80-1000 различных ферментов.

**Набор системы ферментов зависит от:**

1. концентрации и состава примесей сточных вод
2. скорости образования ферментов
3. Физиологической стадии развития микроорганизмов

## **Факторы, влияющие на процесс биологической очистки:**

1. температура
2. pH
3. наличие и концентрация токсичных веществ
4. доза и возраст ила
5. перемешивание
6. наличие биогенных элементов
7. концентрация кислорода
8. Регенерация активного ила

# Температура

Оптимальный диапазон 10-35 °С

Самая высокая степень окисления при 33-35 °С

При температуре свыше 40 °С наступает гибель порядка 20-40 % клеток активного ила.

При температуре ниже 10 °С физиологические процессы резко снижаются.

Кратковременное снижение или повышение температуры более чем на 10 °С приводит к гибели ила.

Изменение температуры изменяет концентрацию кислорода в воде.

# pH

Эффективная очистка происходит при pH 6,5- 8,5.

Для предприятий по производству хлебобулочных изделий, синтетических жирных кислот, спиртовых и ликероводочных заводов эффективный диапазон pH 6,5-9,5 в связи с развитием определенных видов дрожжей и грибов.

# Токсичные вещества

Многие вещества нарушают жизнедеятельность микроорганизмов.

При значительных концентрациях фенолов, формальдегида происходит денатурация белка протоплазмы, а эфиры и ацетон разрушают оболочку клетки.

Тяжелые Me при проникновении в клетку вступают в химические реакции и отравляют клетку изнутри.

# Доза ила

Средняя концентрация активного ила 2-4 г/л. Повышение дозы активного ила увеличивает скорость потребления загрязнений, но требует увеличения концентрации кислорода и вызывает сложность в эксплуатации вторичных отстойников

# Перемешивание

Влияет на процесс столкновения загрязнений с клетками активного ила, обеспечивает поддержание активного ила во взвешенном состоянии.

Процесс перемешивания осуществляют системой аэрации.

Слишком интенсивное перемешивание иловой смеси в аэротенке приводит к ухудшению процессов седиментации ила и разрушению хлопьев. Недостаточное перемешивание ведет к образованию залежей ила в аэротенках, его гниению, нарушению процессов метаболизма.

# Концентрация кислорода

Для дыхания достаточно 0,5 мг/л. Однако при выделении продуктов метаболизма возможно отравление активного ила и его гибель. Поэтому в аэротенках поддерживают некоторый избыток растворенного кислорода для самоочищения ила от продуктов метаболизма.

Оптимальное количество кислорода – 2-3 мг/л.

Для проведения процессов нитрификации – 3-5 мг/л.

Концентрация свыше 5 мг/л экономически не обоснована и практически не влияет на качество очистки.

# Наличие биогенных элементов

БПК:N:P 100:5:1

Азот и фосфор являются необходимыми компонентами клеточного материала.

Азот - строительная основа

Фосфор участвует в процессах метаболизма как энергетическая составляющая.

В промышленных сточных водах при нарушении соотношения БПК:N:P биогенные элементы необходимо дозировать: сульфат и нитрат аммония, мочевины, ортофосфорная кислота. Вводимые вещества не должны образовывать нерастворимых осадков. Для разных производств соотношение БПК:N:P может меняться:

НПЗ - БПК:N:P 100:5:13

Завод пластмасс БПК:N:P 100:3,9:0,8

СЖК БПК:N:P 100:3:0,8

# Регенерация активного ила

Позволяет сократить общий объем аэротенков на 5-15% и улучшить осаждаемость ила. Для этого перед подачей ила в аэротенк его выдерживают в регенераторах (совместные или отдельные).

Регенерация активного ила обеспечивает протекание следующих процессов:

1. Частичное или полное окисление коллоидных и растворенных трудноокисляемых примесей, находящихся в возвратном иле
2. Ускорение процессов окисления, продуктов метаболизма вследствие более высокой концентрации активного ила в регенераторе (7 – 8 г/л)
3. Изменение видового состава микроорганизмов из-за аэрации и развития простейших, нитчатых
4. Увеличение физиологической активности бактерий, обусловленное усиленной аэрацией, размножением

Сооружения биологической очистки условно делят на 2 типа, в которых:

1. Процессы протекают близко к естественным;
2. Очистка происходит в искусственно созданных условиях.

**К первым относятся:**

- поля орошения;
- биологические пруды.

**Ко вторым относятся:**

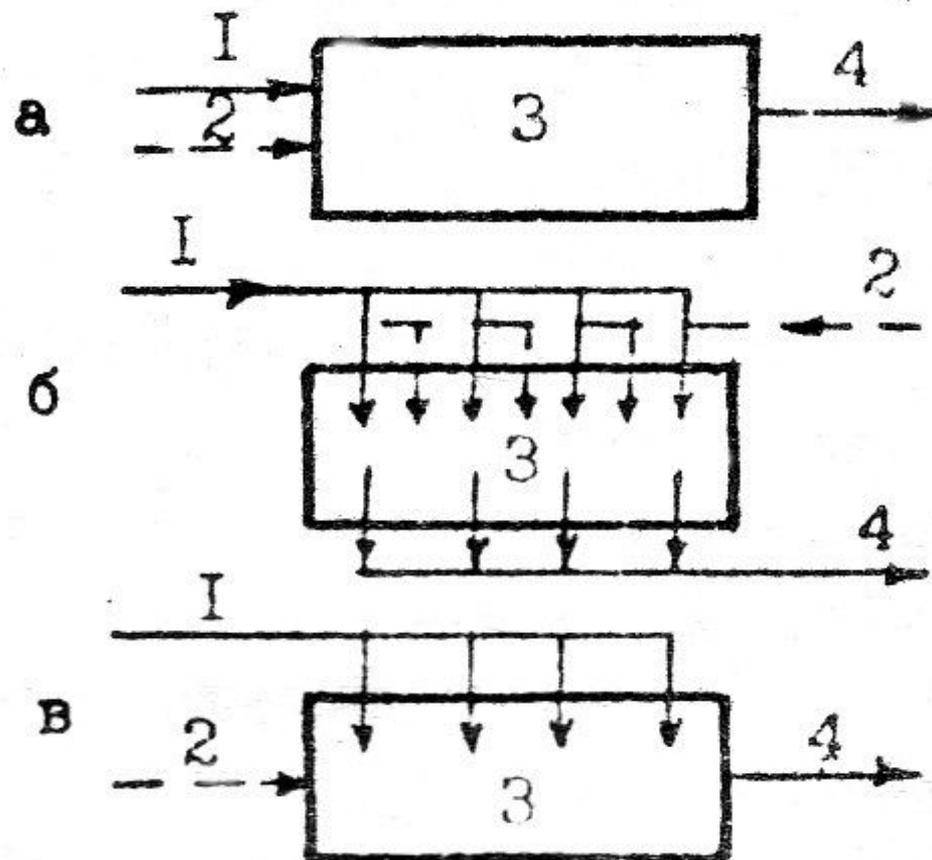
- биофильтры;
- аэротенки

# Аэротенки

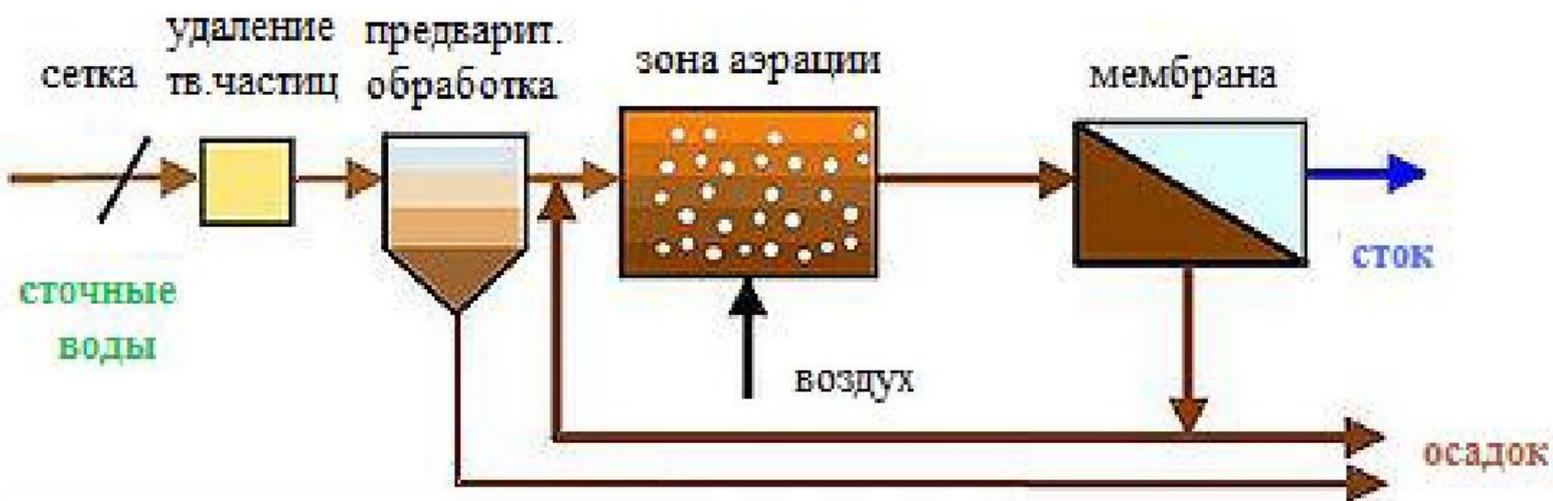
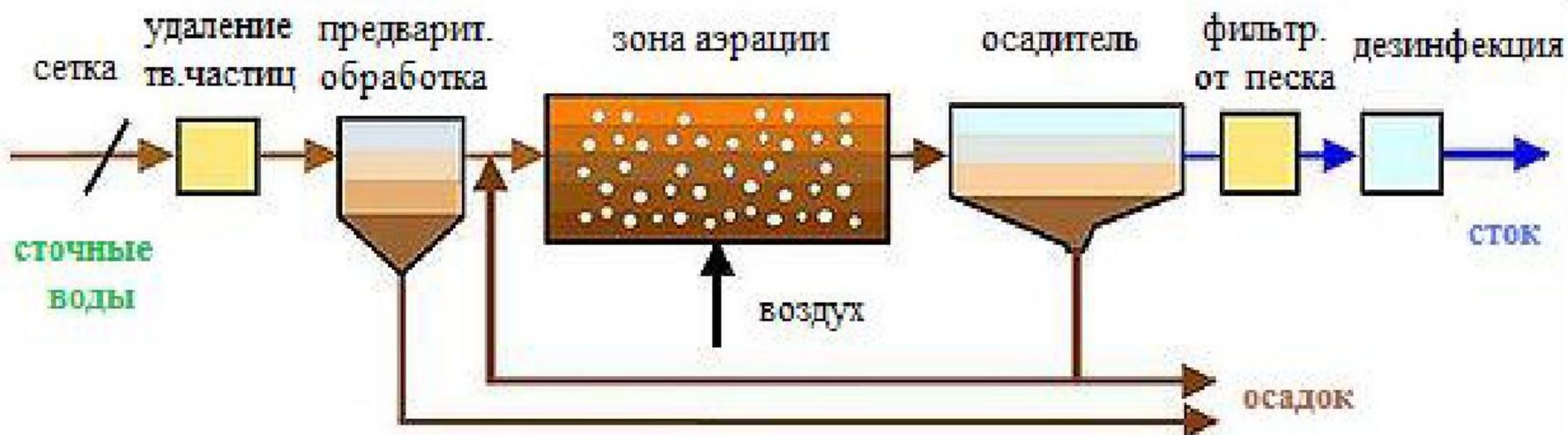
Аэротенки можно классифицировать по следующим признакам:

❖ **по структуре потока:**

1. аэротенки-вытеснители
2. аэротенки-смесители
3. аэротенки с рассредоточенным впуском сточной жидкости (промежуточного типа)



- а — аэротенк-вытеснитель; б — аэрэтенк-смеситель; в — аэротенк промежуточного типа;
- 1 — сточная вода; 2- возвратный активный ил; 3- аэротенк; 4 — иловая смесь.





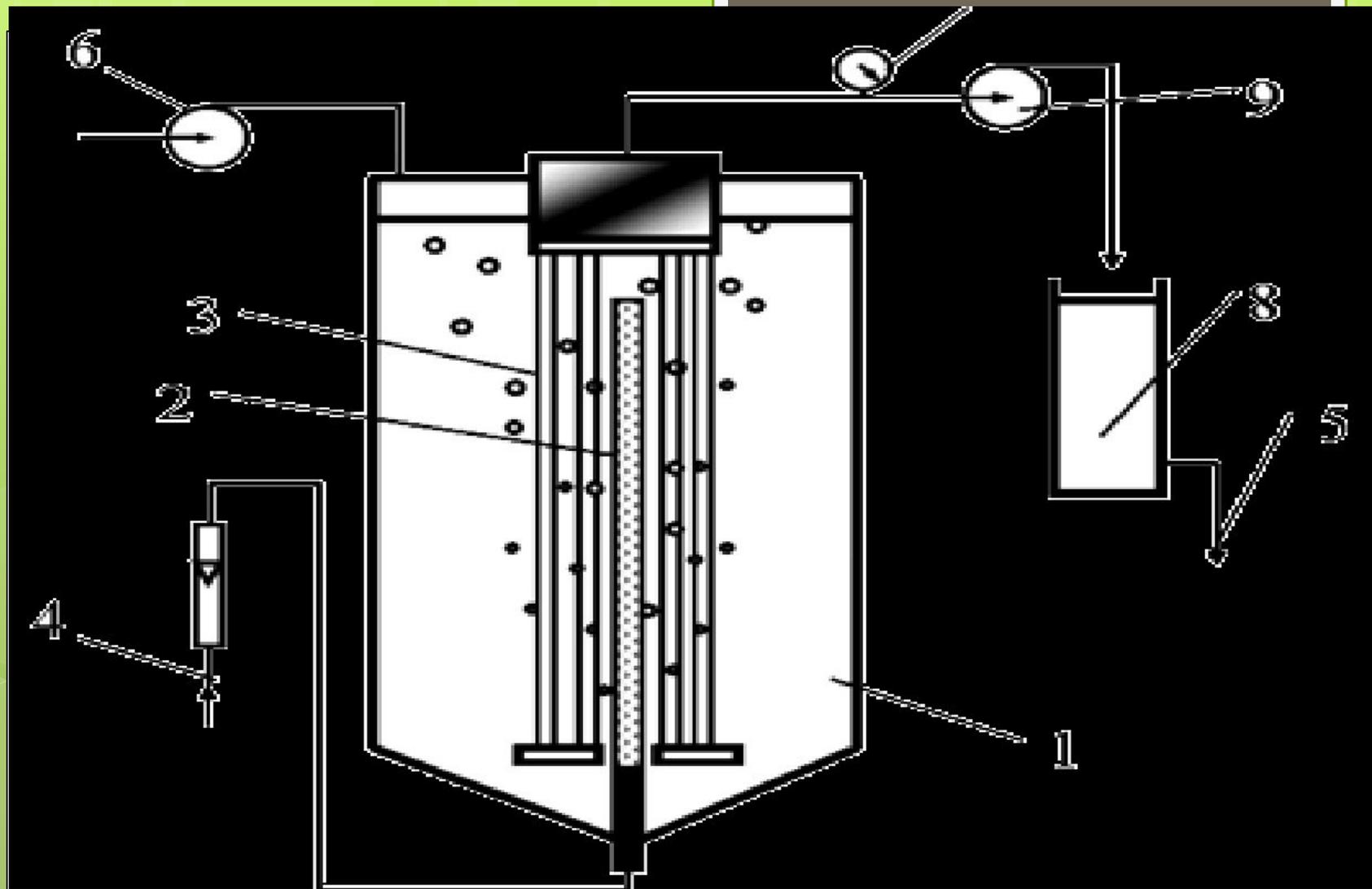


Схема мембранного биореактора: 1 - реактор, 2 - аэратор, 3 - полуволоконные мембраны, 4 - воздух, 5 - очищенная вода, 6, 9 - насосы, 7 - манометр, 8 - фильтрат.

# SBR-технология

Биологическая очистка сточных вод SBR технологии, или биологическая очистка сточных вод в периодическом режиме.

**Целесообразность применения технологии биологической очистки периодического действия вызвано рядом представленных условий:**

- высокая эффективность очистки стоков;
- ✓ -минимальная площадь очистных сооружений;
- ✓ невысокая стоимость очистных сооружений;
- ✓ закрытое исполнение очистных сооружений;
- ✓ полная автоматизация работы очистных сооружений.

## Технологические особенности биологической очистки в периодическом режиме.

Основная особенность технологии периодической биологической очистки состоит в том, что все биохимические процессы (полного окисления органики, нитрификации аммоний-ионов, денитрификации нитрит- и нитрат-анионов, биологического и химического удаления фосфора), а также вспомогательные процессы загрузки, отстаивания, выгрузки (декантации) очищенной воды осуществляются в одном резервуаре.

Эта технология позволяет принимать стоки с высоким коэффициентом неравномерности поступления и практически не зависит от качества поступающей воды.

Применение технологии SBR позволяет легко регулировать и при необходимости быстро изменять время пребывания очищаемой воды в биореакторе, концентрацию активного ила, нагрузку на ил, его возраст, концентрацию растворенного кислорода, время отстаивания, загрузки и выгрузки.

Все технологические операции в биореакторе осуществляются по заданной временной программе и контролируется по показаниям датчика концентрации кислорода, т.е. по потреблению кислорода.

**Вторая особенность технологии SBR** – сохранение осевшего активного ила в биореакторе после завершения периода очистки сточных вод. Объем осевшего ила составляет от 35 до 45% полного объема биореактора, его концентрация по беззольному веществу биомассы (БВБ) от 12 до 15 кг/м<sup>3</sup>. Путем отбора или удержания в биореакторе избыточного ила осуществляется коррекция концентрации активного ила при каждой новой порции очищаемого стока. Таким образом, регулируется рабочая концентрация активного ила, его возраст и нагрузка на ил в необходимых пределах, соответствующих изменению состава или концентрации загрязняющих веществ в сточной воде.

**Третья особенность технологии SBR** – автономная система аэрации иловой смеси в биореакторе. Аэрация осуществляется механическими турбоаэраторами на плавающей платформе. Благодаря приводу с частотными преобразователями частота вращения мешалок может изменяться в широких пределах.

**В биореакторе размещено следующее оборудование:**

- турбоаэратор механический  
поверхностный.
- декантер;
- мешалка механическая ;
- насосы откачивания избыточного  
активного ила.

**Турбоаэратор** **механический**  
**поверхностный** предназначен для насыщения кислородом смеси активного ила и обрабатываемой сточной воды. На поверхности воды турбоаэратор держится благодаря плавающим платформам, которые закреплены на трёх жестких металлических рычагах. Рычаги разнесены друг относительно друга на 1200 и шарнирно закреплены к стенкам SBR – реактора. Режим работы турбоаэратора автоматический от датчика кислорода.

**Декантер** , предназначен для откачивания биологически очищенной, осветлённой сточной воды.

Декантер оборудован грузоподъёмным механизмом (лебёдкой), который автоматически позволяет опускать приёмную часть декантера на расчётную глубину, с которой производится забор отстоянной биологически очищенной воды.

**Мешалка механическая** предназначена для перемешивания смеси активного ила и сточной воды на аноксидно/анаэробных стадиях обработки. Процесс перемешивания производится в автоматическом режиме.

Насосы откачивания избыточного активного ила предназначены для откачивания из реакторов избыточного активного ила в илоуплотнители .

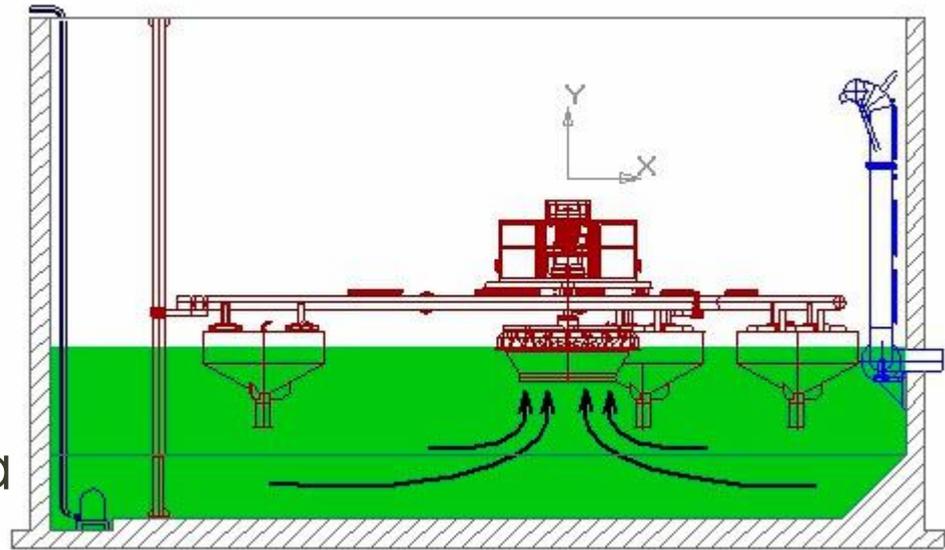
Предусмотрена стационарная, погружная установка насосов. Насосы крепятся к напорным трубопроводам при помощи автоматических муфт, к которым опускаются по направляющим.

На напорном трубопроводе, после каждого насоса устанавливается электрифицированная задвижка.

Работа каждого биореактора состоит из последовательных фаз: наполнение, аэрация, отстаивание и декантация.

### **Начальная фаза.**

В данной фазе биореактор готов к работе. Приблизительно половина объёма биореактора занята активный ил.



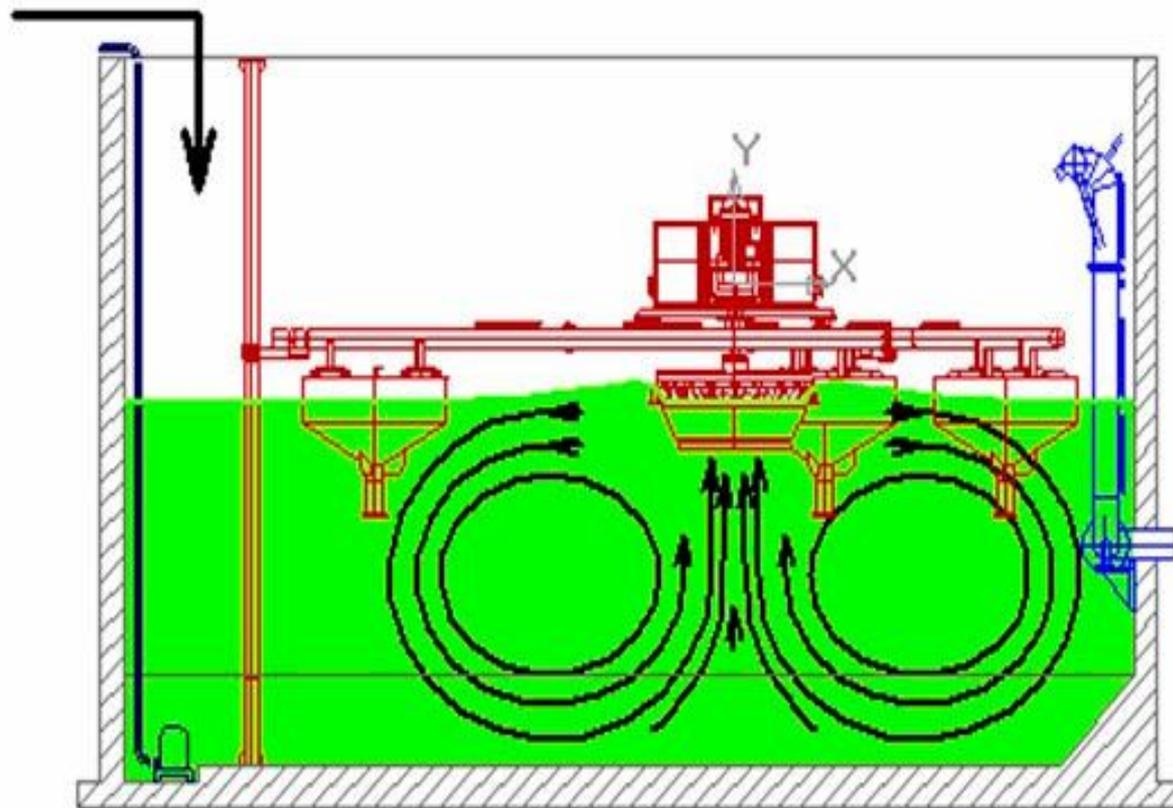
Первая фаза.

Наполнение и перемешивание.

Насосами насосной станции сточная вода по трубопроводам подаётся в SBR-реактор и перемешиваются с активным илом в анаэробных условиях. Эта фаза очень существенна для систем с большим содержанием органических загрязнений.

Поступление сточных вод продолжается в условиях перемешивания и периодической аэрации, до наполнения биореактора до расчётного (заданного) объёма. Чередование аэробных или анаэробных условий ведет к созданию процессов нитрификации и денитрификации. Изменение скорости производится автоматически в зависимости от сигнала датчика кислорода.

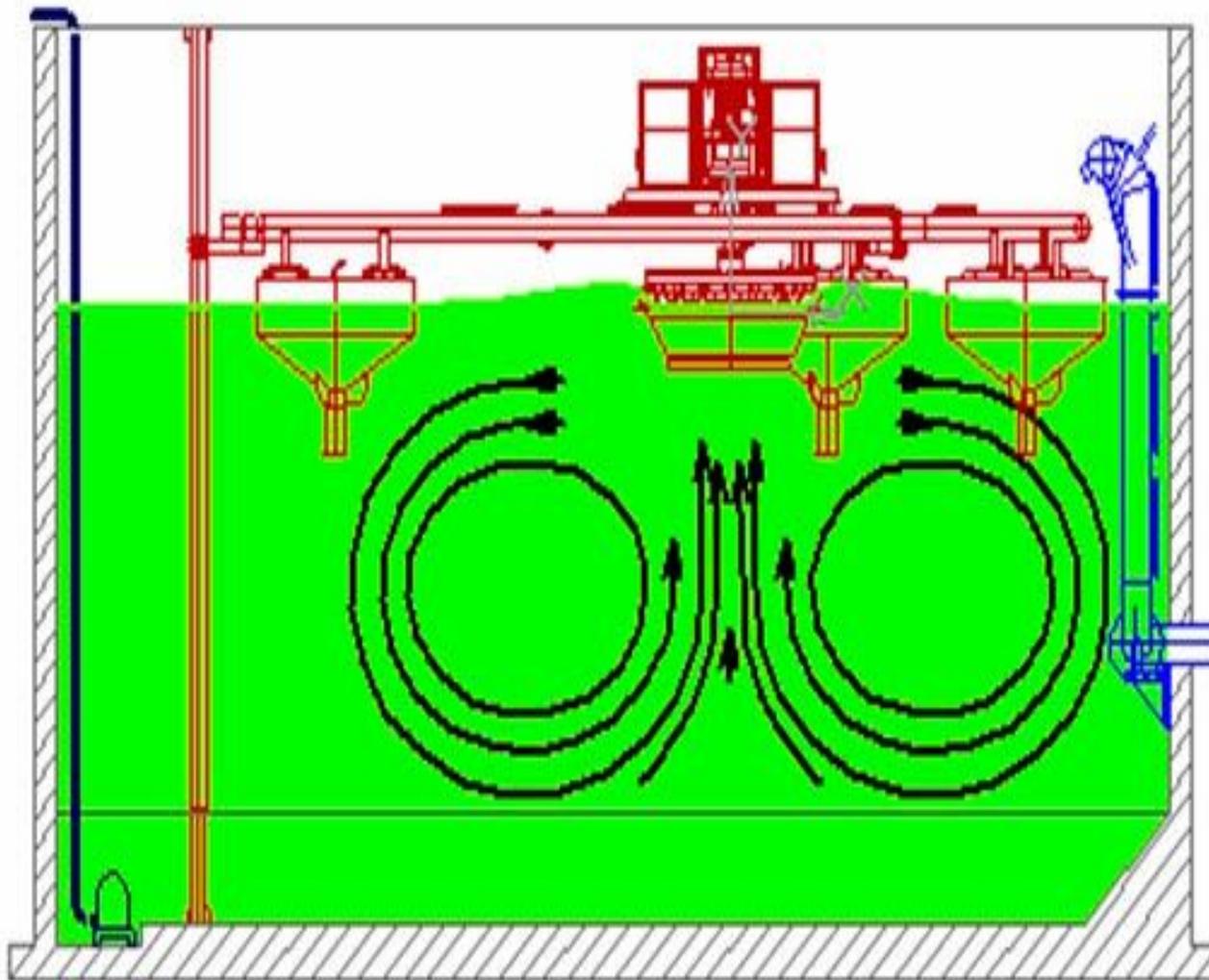
*Сточная вода*



## **Вторая фаза.**

### **Аэрация.**

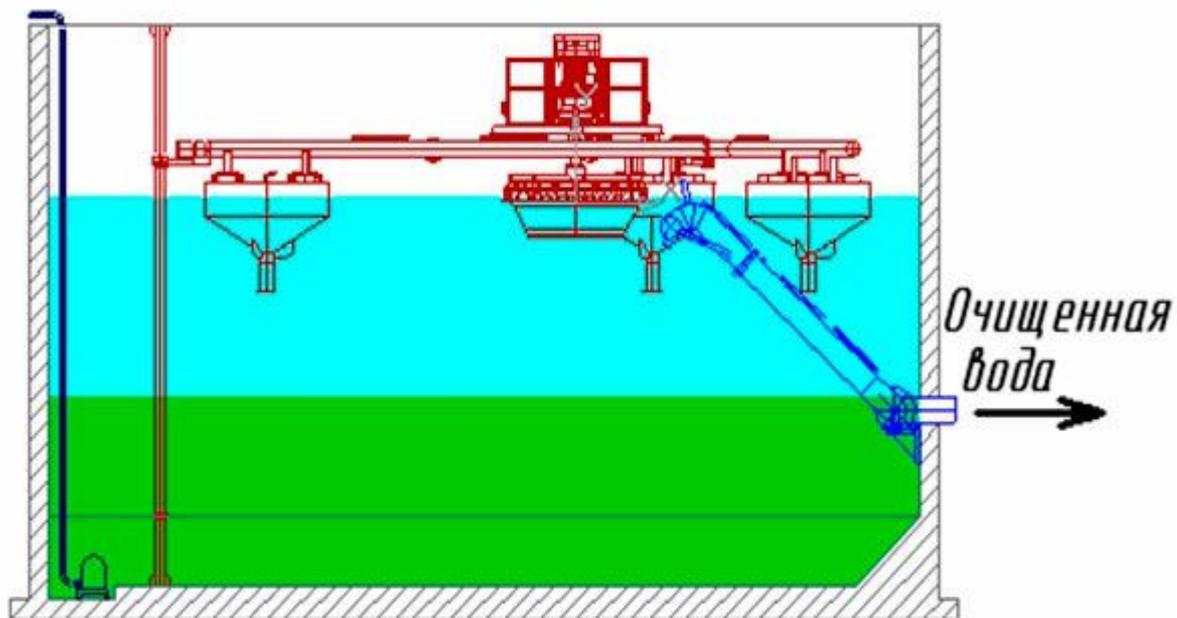
Когда биореактор наполнился, подача воды прекращается. Вновь поступающая вода подаётся в следующий биореактор находящийся в «Начальной фазе». Циклы перемешивание и аэрация продолжают до полного прекращения потребления кислорода илом. Это означает что ил окислил все органические загрязнения поступившие в биореактор. Прерывистая работа турбоаэратора приводит к значительной экономии энергии.



**Третья фаза.**

**Отстаивание.**

В этой фазе перемешивание и аэрация прекращаются. Отстаивание ила происходит в идеальных условиях.



## **Четвёртая фаза.**

### **Декантация.**

В этой фазе происходит откачивание биологически очищенной воды при помощи деканторов. Декантор забирает чистую воду из верхнего слоя отстоянной воды и водит её из биореактора.

Отвод биологически очищенной воды производится в насосную станцию перекачивания сточных вод в резервуар-усреднитель .

## **Пятая фаза.**

### **Отбор избыточного ила.**

Избыточный активный ил откачивается насосами и подаётся в илоуплотнители, после удаления из системы избыточного количества ила SBR-биореактор возвращается в начальную фазу и готов к приёму следующей порции сточной воды.

Общее время протекания всех фаз составляет 12 часов.

*Избыточный ил*

