

Лекция 6. Гидросфера. Основные источники загрязнения. Методы очистки сбросов.

Химическое загрязнение – изменение естественных химических свойств воды за счёт увеличения содержания в ней вредных примесей, как неорганической (минеральные соли, кислоты, щелочи, глинистые частицы), так и органической природы (нефть и нефтепродукты, пестициды).

Источники: промышленность, с/х, коммунальное хозяйство.

Физическое загрязнение – изменение физических параметров водной среды (тепловые, механические, радиоактивные).

Источники: ТЭС, АЭС, сточные бытовые и пром. воды, отходы.

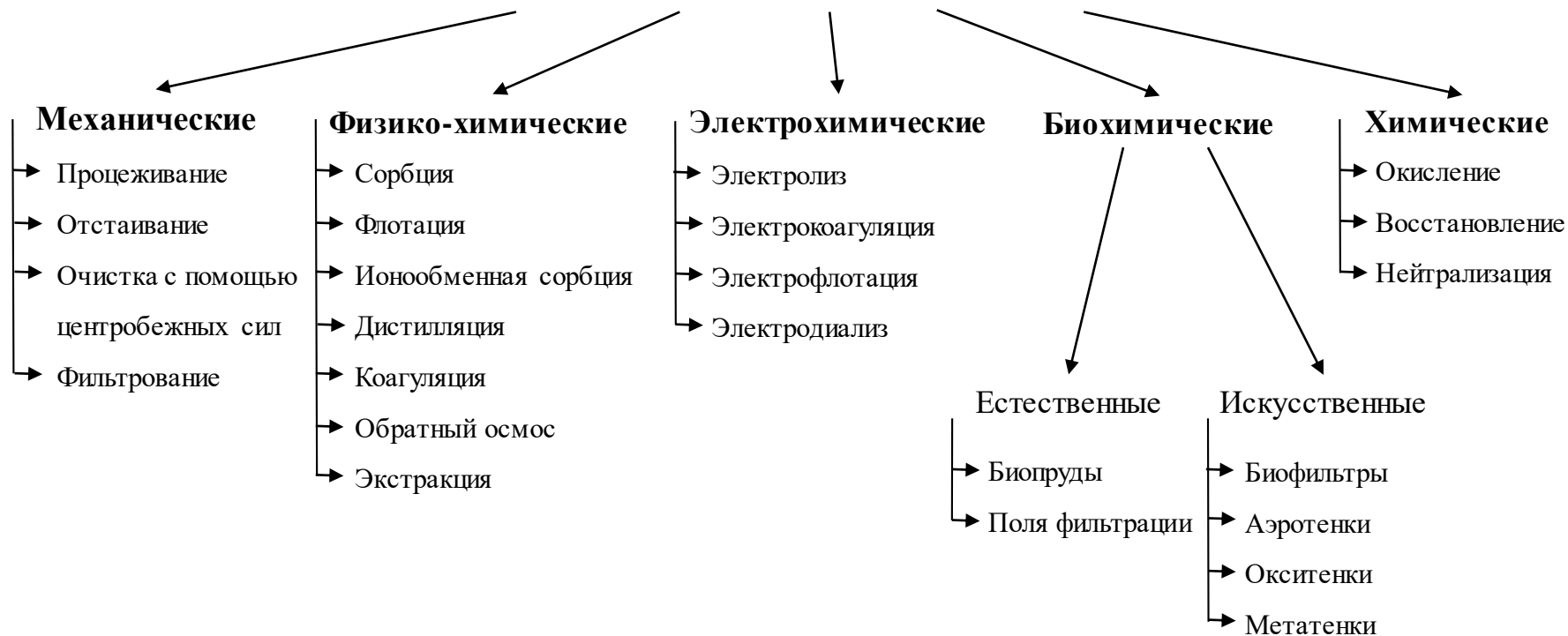
Биологическое загрязнение – изменение свойств водной среды в результате увеличения количества несвойственных ей видов микроорганизмов, растений, животных, привнесённых извне.

Источники: быт (кухни, туалеты, больницы) и промышленность.

Загрязняющие вещества:

- 1) **минеральные:** частицы песка, руды, шлака, минеральных солей, растворы кислот, щелочей и др.;
- 2) **органические:** остатки растений, растительного масла, остатки тканей животных и т.п.;
- 3) **бактериальные и биологические загрязнения** обычно присутствуют в бытовых стоках и сточных водах некоторых предприятий (например, микробиологической промышленности).

Классификация методов очистки сточных вод



Сточные вод: хозяйственно-бытовые, производственные, поверхностные

Основные задачи очистных установок на предприятиях:

- предупреждение загрязнения природных вод промышленными стоками
- сокращение потребляемой воды, так как возврат очищенной воды в производственный цикл позволяет организовать круговорот воды на предприятии



Деструктивные методы: разрушение загрязняющих веществ происходит путем их окисления или восстановления. Продукты распада удаляются из воды в виде осадков или газов, или остаются в ней в виде растворимых минеральных солей.

Регенеративные методы:

«+»: позволяют утилизировать извлеченные ценные вещества;

«-»: обычно необходима доочистка деструктивными методами.

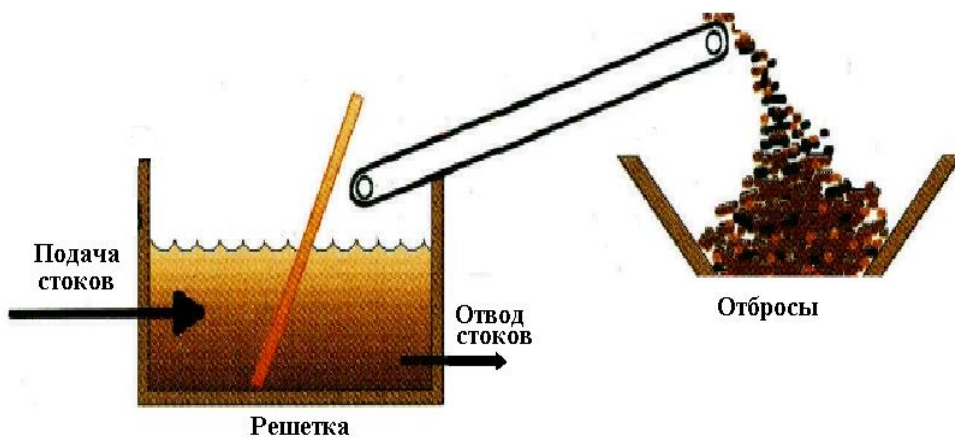
Стадии очистки сточных вод:

- 1) механическая очистка (удаление взвешенных и коллоидных частиц)
- 2) очистка с помощью физико-химических, химических, электрохимических, биологических методов или их комбинации

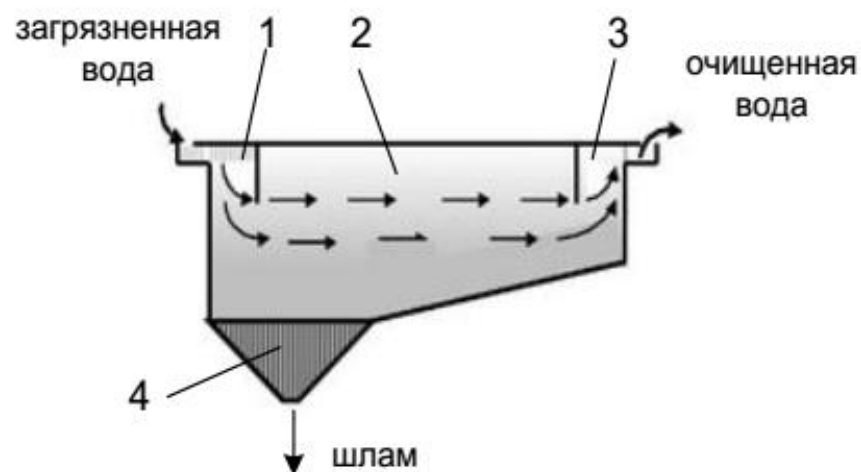
МЕХАНИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

1. **Процеживание** – первичная стадия обработки стоков, осуществляется пропусканием сточных вод через **решетки и волокнуловители**.
2. **Отстаивание** – метод очистки от механических примесей с помощью силы тяжести. Отстаивание может осуществляться в песколовках, отстойниках, жиро-, нефте-, смоло- и маслоуловителях.

Схема работы решеток

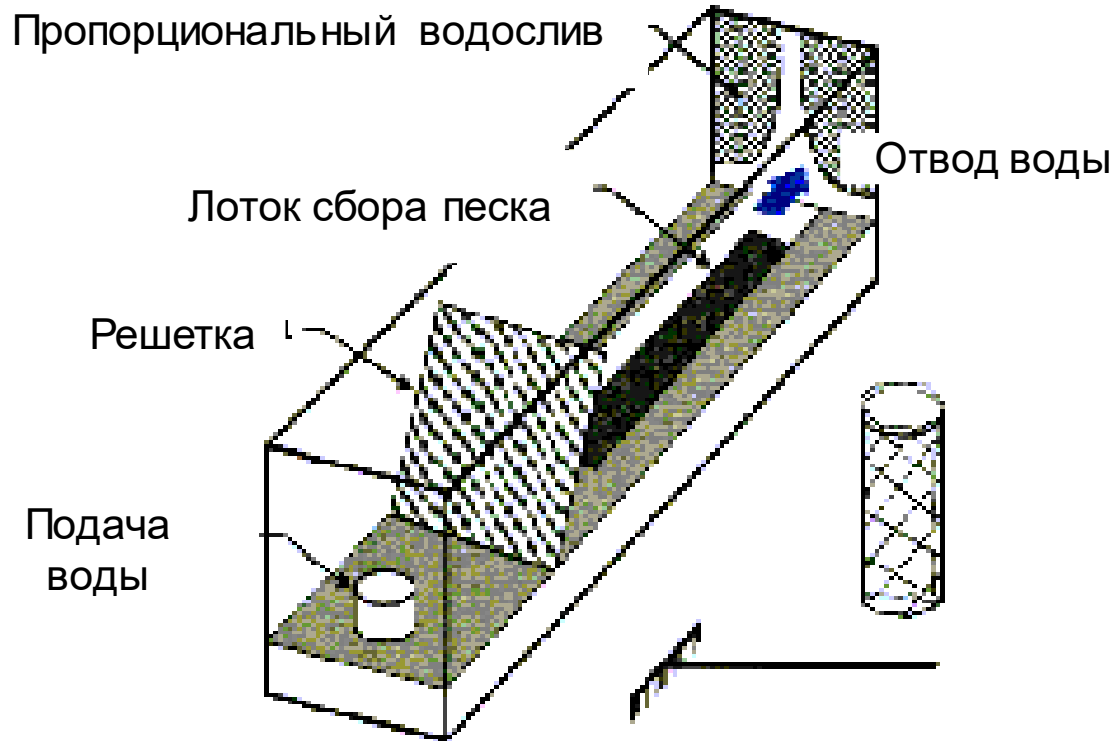


Горизонтальный отстойник



МЕХАНИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

Песколовки используют обычно для отделения от сточных вод минеральных частиц размером более 200 мкм при производительности очистных сооружений более 100 м³/сут.



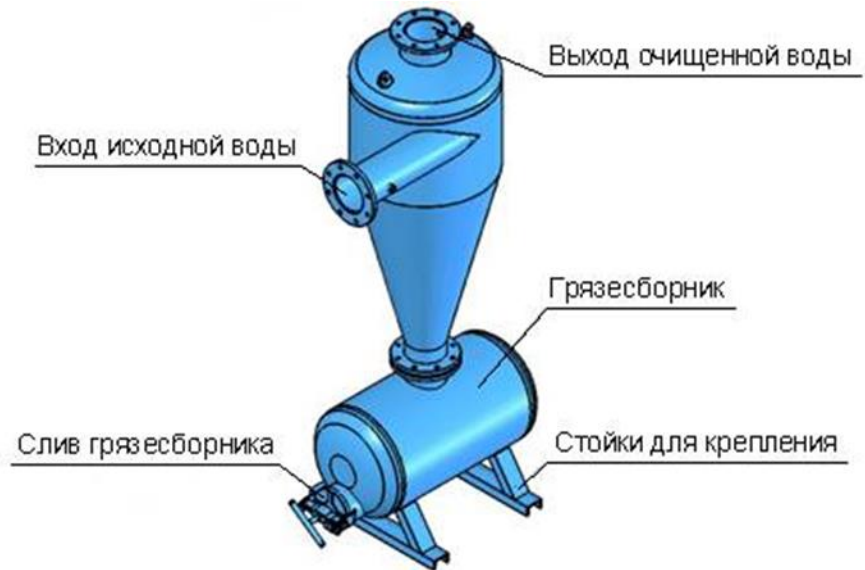
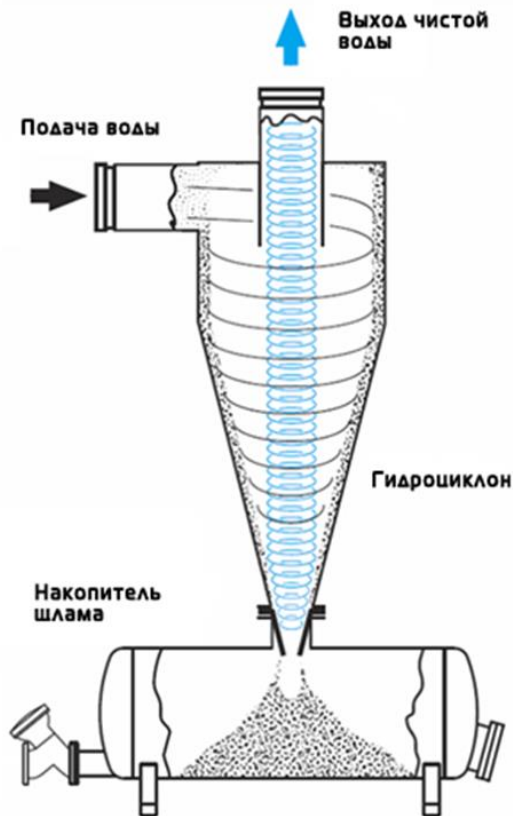
Горизонтальный отстойник



МЕХАНИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

3. Очистка от механических примесей с помощью центробежных сил

Для отделения механических примесей в поле действия центробежных сил используют гидроциклоны и центрифуги.





Производительность, м³/час	Габариты (ВхДхШ)	Цена, руб.
3,5-7,5	527x312x150	от 36 000
14-18	964x505x245	от 61 000
50-62	1550x790x362	от 177 000
230-370	2897x1363x809	от 491 000

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

4. Фильтрация

Фильтрация предназначена для очистки от тонкодисперсных механических загрязнений с небольшой концентрацией.

В зависимости от фильтрующего материала различают:

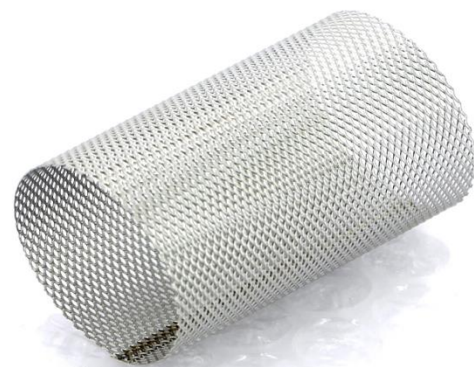
- **зернистые фильтры** (кварцевый песок, дробленый антрацит, керамзит, гравий, гранитный щебень, полимеры и др.)
- **сетчатые фильтры** (сетка с размером ячеек порядка 40 мкм)
- **тканевые** (хлопчатобумажные, льняные, суконные, капроновые ткани и др.)
- **намывные** (древесная мука, асбестовая крошка и другие материалы, намываемые в виде тонкого слоя на каркас из пористой керамики, металлической сетки или синтетической ткани).

Классификация по скорости очистки:

медленные (0,2-0,5 м/ч);

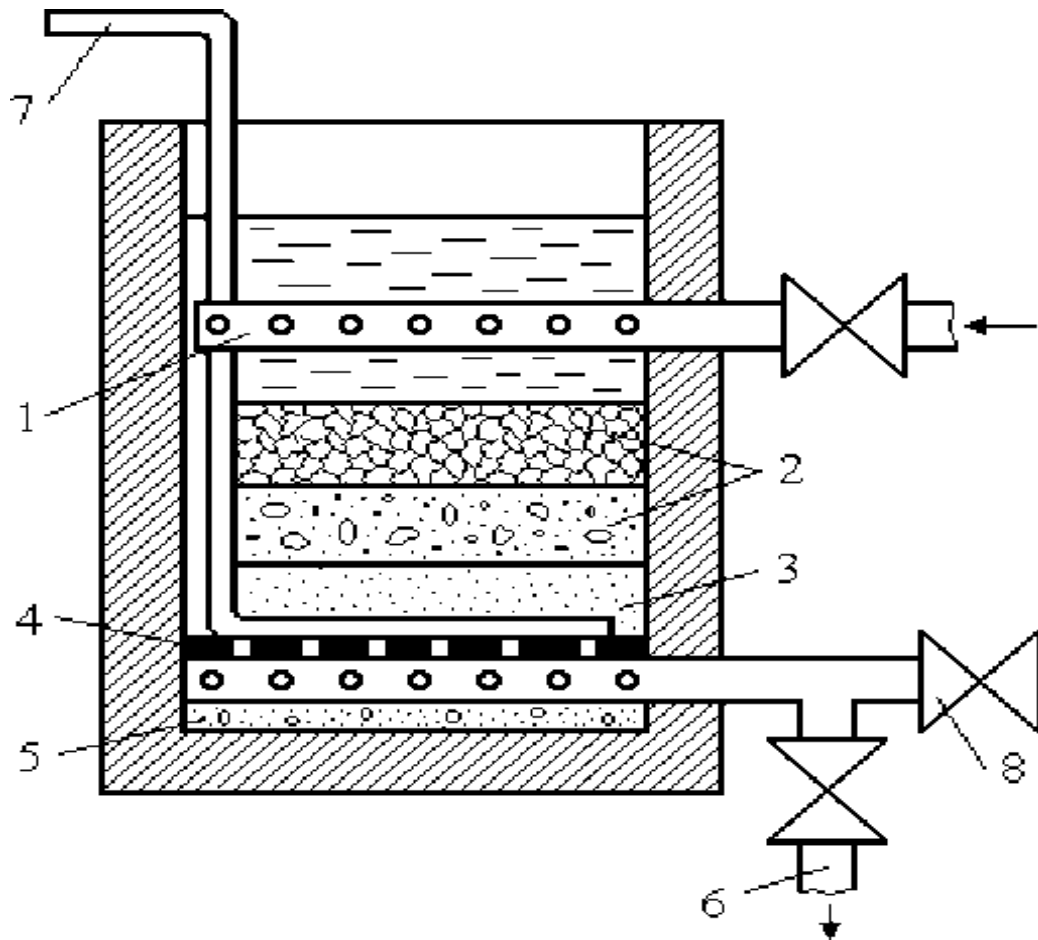
скоростные (2-15 м/ч);

сверхскоростные (около 25 м/ч).



МЕХАНИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

Схема многослойного зернистого каркасно-насыпного фильтра

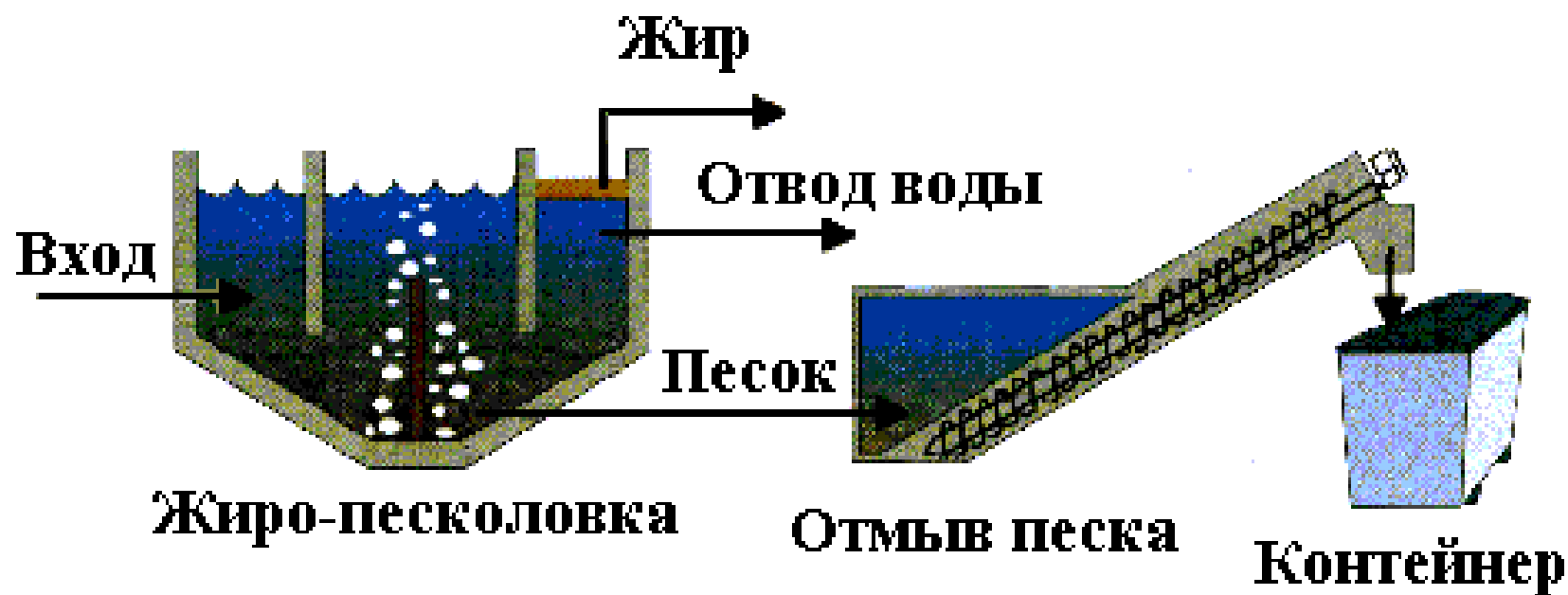


Сточная вода поступает по коллектору 1, через отверстия в нём равномерно распределяется по сечению фильтра. Она проходит через слои гравия 2 и песка 3, через перфорированное днище 4, установленное на слое гравия 5, и через трубопровод 6 отводится из фильтра. Регенерация (очистка) фильтра производится продувкой сжатого газа через трубопровод 7 с последующей обратной промывкой водой через вентиль 8.

Промышленные фильтры



Очистка сточных вод от нефтепродуктов (жиропесколовки)



ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

1. Восстановление.

Применяют для удаления из сточных вод соединений ртути, хрома и мышьяка.

Для восстановления неорганических соединений ртути до металлической ртути применяют сульфид железа FeS , боргидрид натрия NaBH_4 , гидросульфит натрия NaHSO_3 , гидразин N_2H_4 , железный порошок, сероводород, алюминиевую пудру. Восстановленную металлическую ртуть отделяют от воды путем отстаивания, фильтрования или флотации.

Для восстановления веществ, содержащих шестивалентный хром, чаще всего используют растворы гидросульфита натрия: $4\text{H}_2\text{CrO}_4 + 6\text{NaHSO}_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{Na}_2\text{SO}_4 + 10\text{H}_2\text{O}$ полученный трехвалентный хром осаждают с помощью щелочных реагентов $\text{Ca}(\text{OH})_2$, NaOH и др.:

$\text{Cr}^{3+} + 3\text{OH}^- = \text{Cr}(\text{OH})_3$ Также в качестве восстановителей может использоваться диоксид серы, сульфат железа, водород и др.

Наиболее распространенным способом удаления мышьяка из сточных вод является осаждение его в виде труднорастворимых соединений диоксидом серы.

ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

2. Окисление

В качестве окислителей обычно используются: хлор Cl , гипохлорит кальция $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ и натрия NaOCl , озон O_3 , перманганат калия KMnO_4 и др.

3. Нейтрализация

Проводится для сточных вод, содержащих кислоты и щелочи.

Существуют следующие способы нейтрализации:

- взаимная нейтрализация кислых и щелочных сточных вод смешиванием
- реагентная нейтрализация (растворы кислот, негашеная известь CaO , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, раствором аммиака и др.)
- фильтрование через нейтрализующие материалы (известь, известняк CaCO_3 , магнезит MgCO_3 , мел и др.).

Очистка воды окислением



ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

1. Коагуляция – это процесс укрупнения частиц загрязняющих веществ и объединения их в агрегаты (в качестве коагулянтов выступают соли железа, алюминия, глина, зола). Чаще всего коагуляция применяется для очистки от эмульсий и суспензий, в состав которых входят коллоидные частицы 0,001-0,1 мкм. Для очистки производственных сточных вод применяют различные минеральные коагулянты: соли алюминия, соли железа, соли магния, цинка, сернокислого кальция, известь и др.



ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

2. Экстракционный метод очистки сточных вод основан на растворении загрязнителя, находящегося в сточной воде, органическими растворителями – экстрагентами, при котором загрязняющее вещество распределяется в смеси двух взаимонерастворимых жидкостей соответственно его растворимости в них. В процессе экстракции из сточных вод извлекаются ценные вещества (например, фенолы, жирные кислоты). В качестве экстрагентов обычно применяют органические растворители, которые не смешиваются с водой: бензол, минеральные масла, четыреххлористый углерод и т.д.



ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

3. Дистилляция. В дистилляторах для ускорения естественного процесса испарения воды применяется нагревание воды до температуры кипения, что приводит к интенсивному образованию пара.

- Механические частицы, содержащиеся в воде (включая бактерии, вирусы, а также коллоиды и взвешенные частицы) оказываются слишком тяжелыми, чтобы быть подхваченными паром.
- Растворенные в воде химические вещества (включая соли железа, других тяжелых металлов, соли жесткости и т.д.) достигают предела своей растворимости и выпадают в осадок.
- Вместе с паром поднимаются только летучие органические соединения.

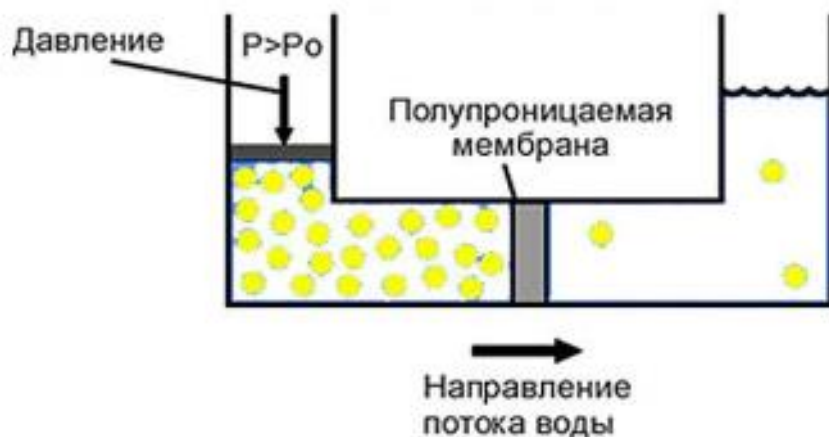


ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

4. Метод обратного осмоса заключается в фильтровании растворов под давлением через полупроницаемые мембраны, пропускающие растворитель и не пропускающие полностью или частично удаляемые молекулы или ионы растворенных веществ. В процессе обратного осмоса вода и растворенные в ней вещества разделяются на молекулярном уровне.

Осмоз – самопроизвольный переход растворителя через полупроницаемую перегородку в раствор.

Если по разные стороны полупроницаемой мембраны находятся солесодержащие растворы с разной концентрацией, молекулы воды будут перемещаться через мембрану из раствора с меньшей концентрацией солей в раствор с большей концентрацией, вызывая в последнем повышение уровня жидкости. Разница в высоте уровней этих двух растворов пропорциональна силе, под действием которой вода проходит через мембрану. Давление, при котором наступает равновесие, называется **осмотическим**.



ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

5. Очистка сточных вод сорбционными методами

При очистке сточных вод в основном используют адсорбционный процесс на развитой твердой поверхности сорбентов. Адсорбционный метод применяют для глубокой очистки сточных вод от растворенных органических веществ после биохимической очистки, а также в локальных установках, если концентрация этих веществ в воде невелика и они биологически не разлагаются или являются сильнотоксичными.

Достоинство метода - высокая эффективность при малых концентрациях загрязнений сточных вод, возможность очистки сточных вод, содержащих несколько веществ, а также рекуперации этих веществ.

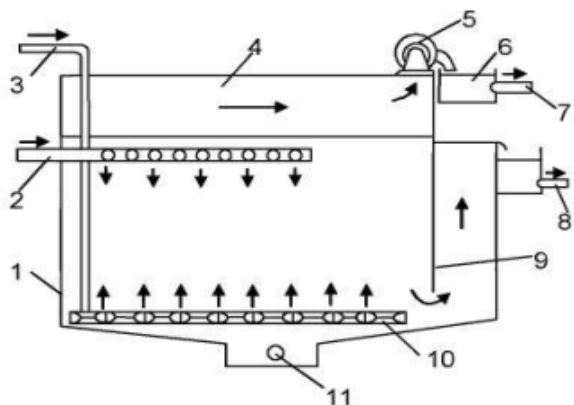
В качестве адсорбентов применяют различные искусственные и природные пористые материалы: торф, активные глины, золу, шлаки, опилки, коксовую мелочь, алюмогели и др.



ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

6. Флотация

Процесс очистки стоков методом **флотации** заключается в прилипании мелких пузырьков газа (обычно воздуха) к грубодисперсным загрязнителям и всплытием этого комплекса на поверхность. Флотация в зависимости от способа образования пузырьков воздуха может быть: напорная; вакуумная, пневматическая; химическая; биологическая; электрофлотация.



1 - флотационный резервуар; 2 - подача исходной воды; 3 - подача сжатого воздуха; 4 - перекрытие; 5 - центробежный вентилятор; 6 - пеносборник; 7 - отвод пенного продукта; 8 - отвод очищенной воды; 9 - перегородка; 10 - аэраторы; 11 - опорожнение флотационного резервуара



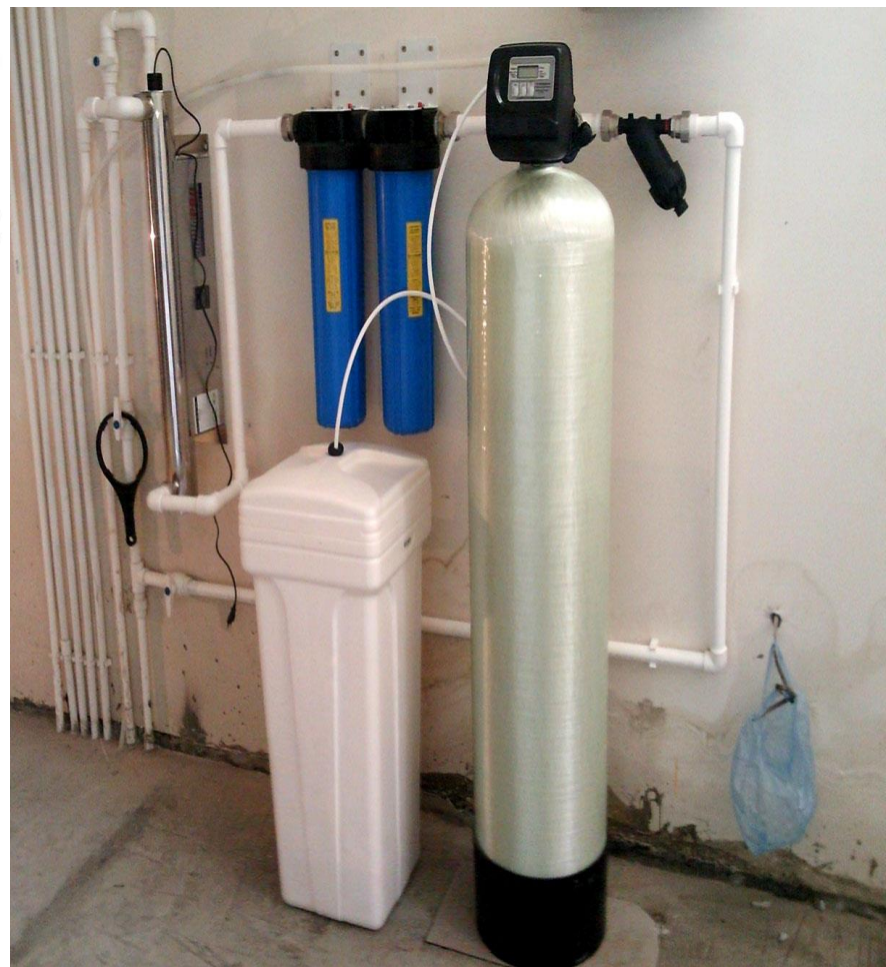
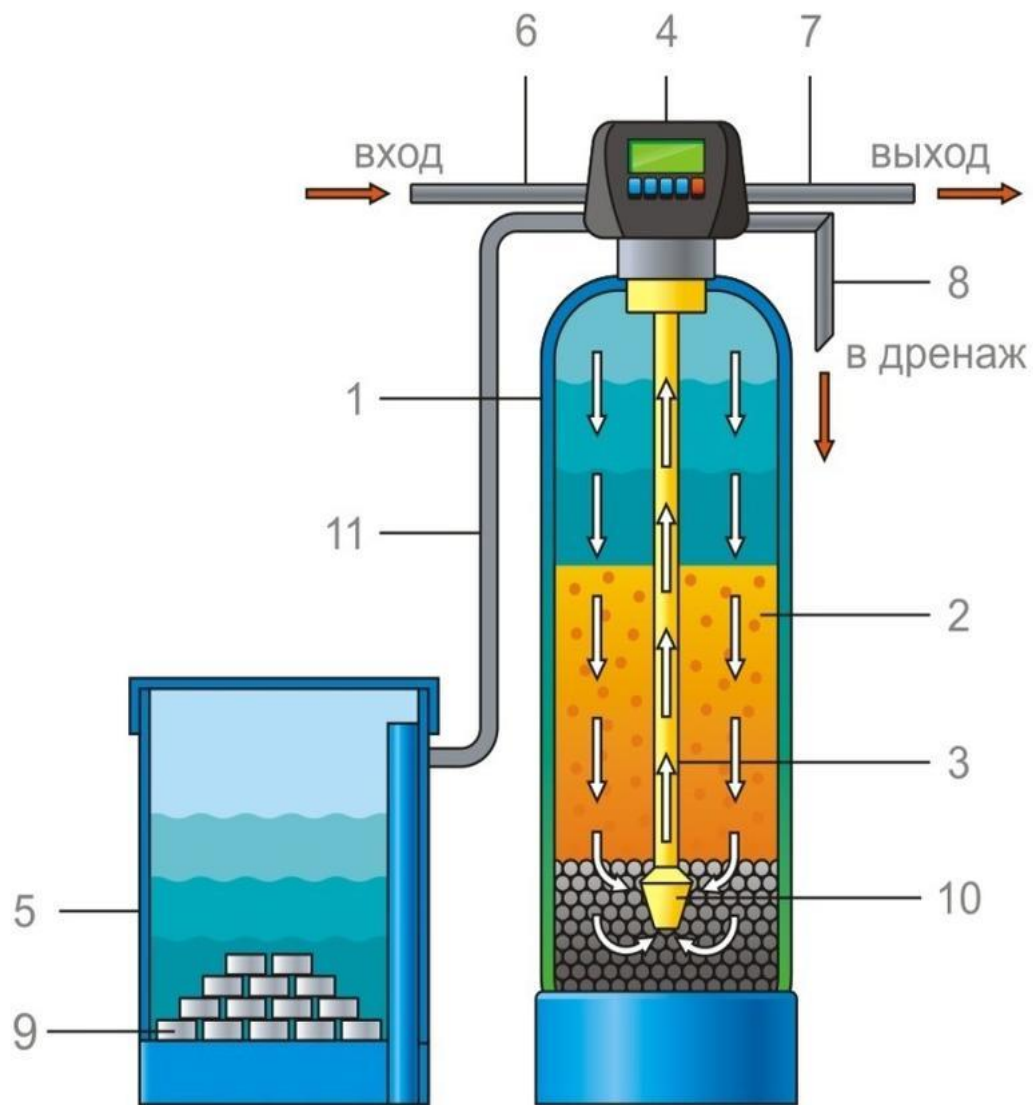
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

7. Ионообменная очистка – это процесс обмена между ионами, находящимися в растворе, и ионами, присутствующими на поверхности твердой фазы – ионита. Очистка производственных сточных вод данным методом позволяет извлекать и утилизировать ценные примеси тяжелых металлов (цинка, меди, хрома, никеля, свинца, ртути, кадмия, ванадия, марганца), а также соединений мышьяка, фосфора, цианистых соединений и радиоактивных веществ. При этом обеспечивается высокая эффективность очистки и получение выделенных из сточной воды металлов в виде относительно чистых и концентрированных солей.

Процессы ионообменной очистки воды включают чередующиеся стадии сорбции солей ионитами и регенерации последних.

Иониты – это высокомолекулярные органические соединения практически нерастворимые в воде и органических растворителях. В настоящий момент широко используются синтетические органические иониты (ионообменные смолы).

ИОНООБМЕННАЯ ОЧИСТКА



1 - корпус; 2 - ионообменная смола; 3 – водоподъемная труба; 4 – управляющий клапан; 5 – солевой бак ; 6,7,8 – патрубков; 9 – таблетированная соль; 10 – дренажно-распределительная система

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

Основные области применения ионитов:

- процессы опреснения, обессоливания воды и подготовки ее для технических целей;
- очистка промышленных сточных вод с целью извлечения и концентрирования ценных или вредных (токсичных) компонентов, а также обезвреживание этих вод;
- гидрометаллургия цветных, редких, рассеянных и радиоактивных элементов (очистка, разделение, концентрирование);
- химический анализ, препаративная химия;
- радиохимия, органический синтез, химия комплексных соединений, медицина, пищевая промышленность.

Ионный обмен является одним из широко используемых и перспективных физико-химических регенеративных методов.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

1. Электролиз – совокупность окислительно-восстановительных реакций, которые протекают на электродах в растворах электролитов при пропускании через них электрического тока (на аноде – процесс окисления, т.е. отдачи электронов, на катоде – процесс восстановления, т.е. присоединения электронов).

Эти процессы используются для очистки сточных вод от растворенных примесей (цианидов, аминов, спиртов, альдегидов, нитросоединений, сульфидов, меркаптанов). В процессах электрохимического окисления вещества, находящиеся в сточной воде, полностью распадаются с образованием CO_2 , NH_3 и воды или образуются более простые и нетоксичные вещества, которые можно удалять другими методами.

2. Электрофлотация

При пропускании постоянного электрического тока через сточную воду на катоде образуется водород, который флотирует загрязнения. Суть процесса - очистка сточных вод проходит при помощи пузырьков газа, образующихся при электролизе воды при пропускании через раствор постоянного тока. На аноде возникают пузырьки кислорода, а на катоде - водорода.

«+»: непрерывность процесса, широкий диапазон применения, небольшие затраты, простая аппаратура, большая скорость процесса.

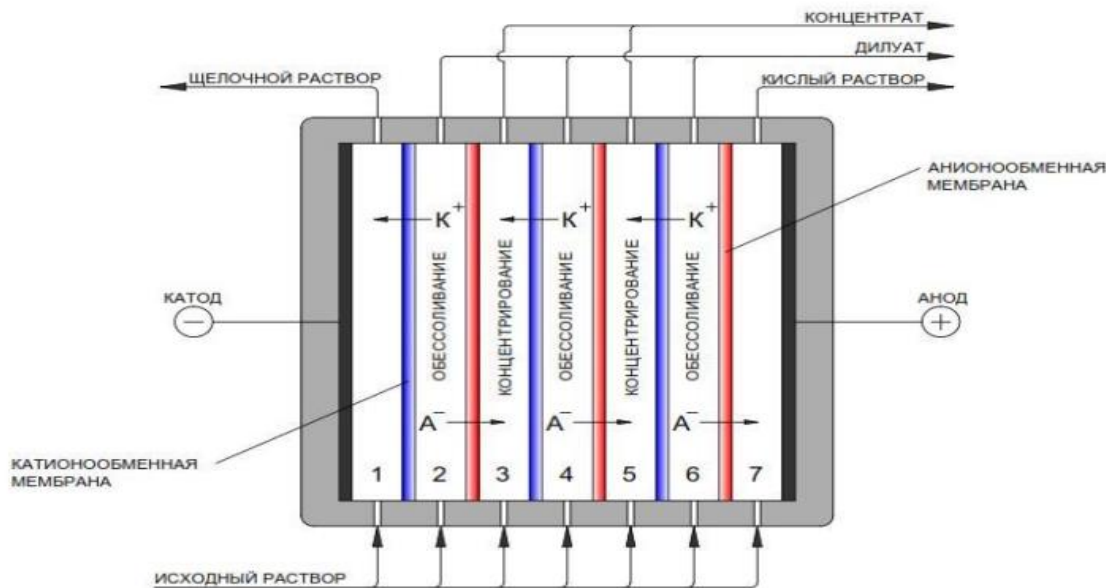
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

3. Электрокоагуляция

При электролизе сточных вод с использованием растворимых стальных или алюминиевых анодов вода обогащается соответствующими ионами, которые затем образуют гидроксиды этих металлов. Под их действием происходит процесс коагуляции содержащихся в воде высокодисперсных веществ, аналогичный процессу обработки воды соответствующими солями алюминия и железа.

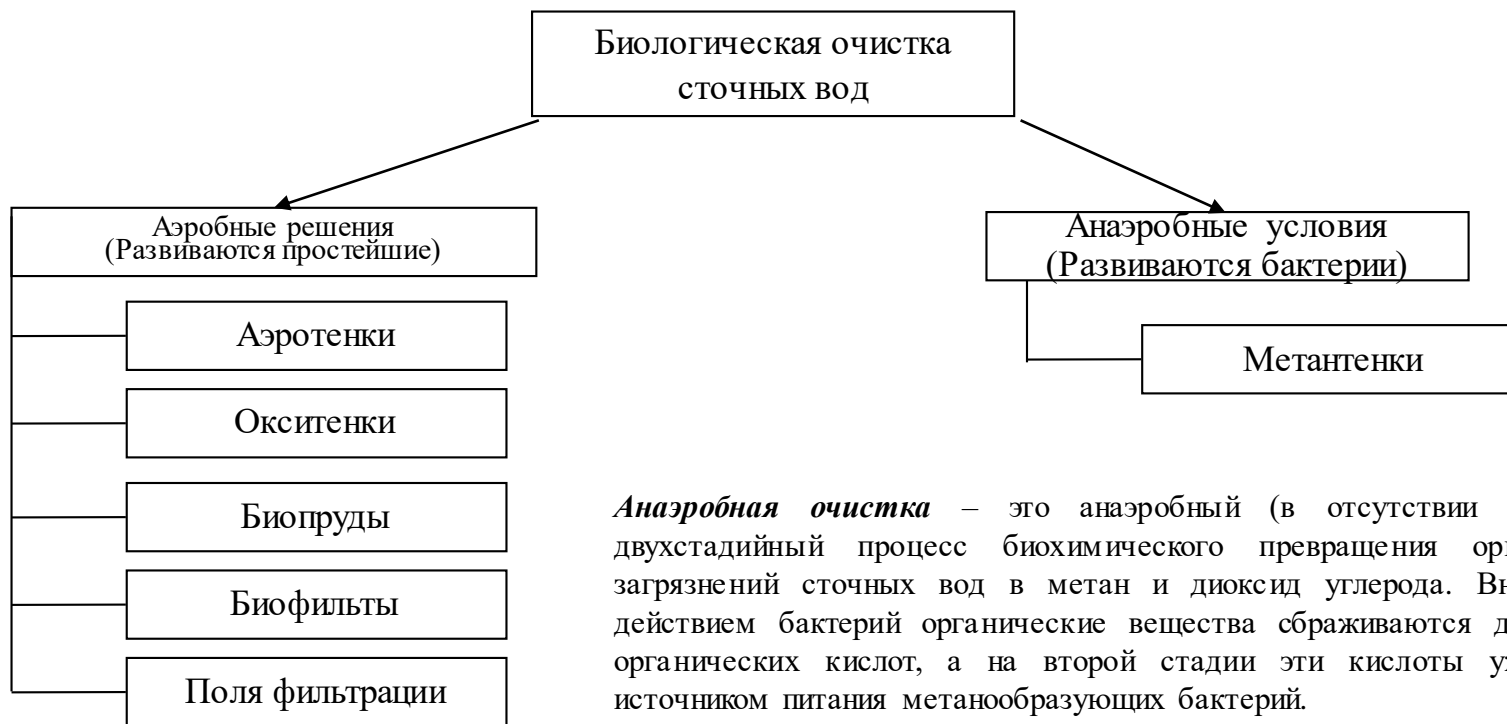
«+»: компактность установок, простота управления, отсутствие потребности в реагентах, слабая чувствительность к изменениям условий проведения процесса очистки, получение шлама с хорошими структурно-механическими свойствами

«-»: повышенный расход электроэнергии и листового железа и алюминия.

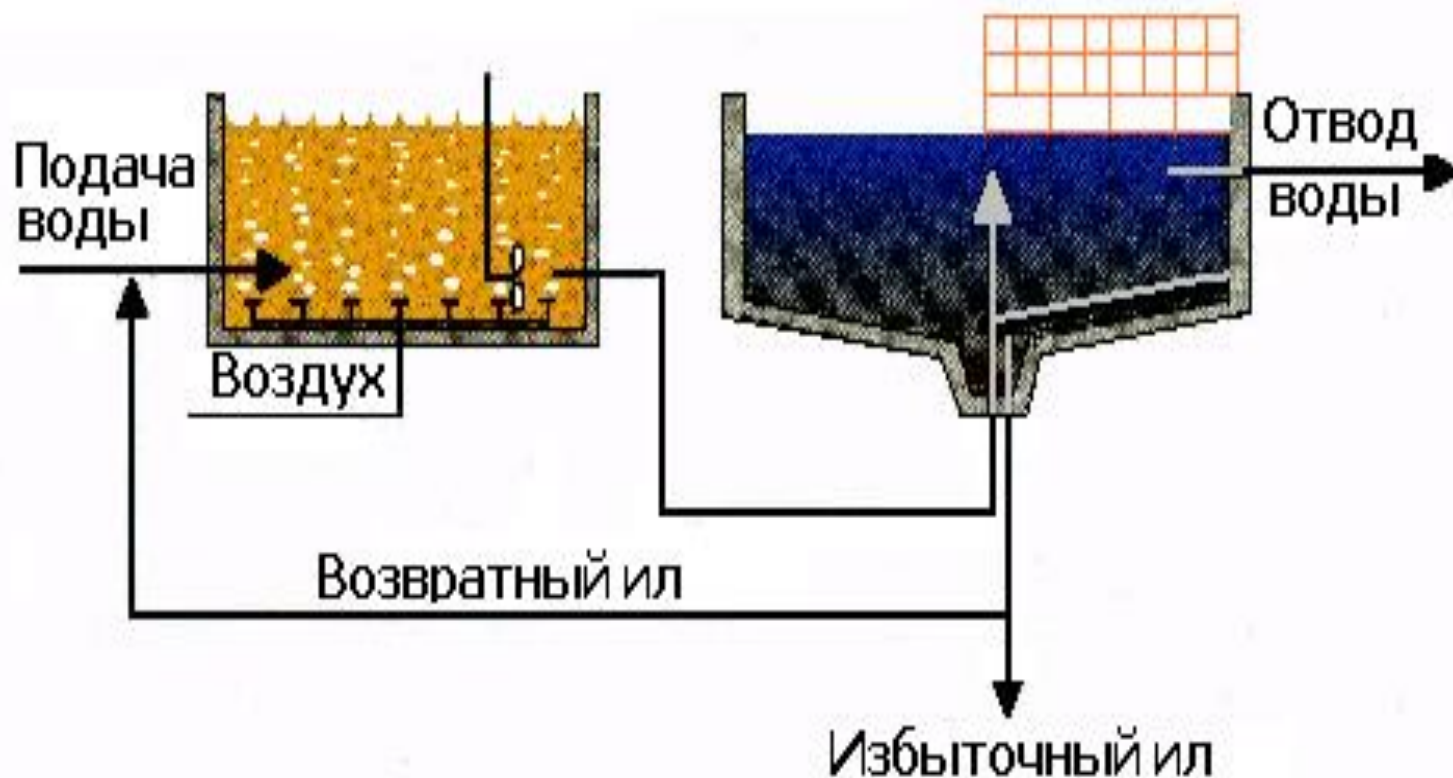


БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

Основной процесс протекающий при биологической очистке сточных вод – это биологическое окисление. Данный метод является деструктивным, так как приводит к полному или частичному разрушению загрязнителей, изменению их состояния в водных растворах. При этом часть органических веществ превращается в воду, диоксид углерода, часть идет на образование биомассы. Бактерии могут окислять клетчатку, гуминовые вещества, углеводороды. Некоторые из них получают энергию, окисляя восстановленные минеральные соединения. На биоматериале могут также сорбироваться ионы тяжелых металлов и некоторые токсичные соединения, например бенз(а)пирен.



Типичная схема сооружений биологической очистки



Биологическая очистка сточных вод

