

## Применяемые методы очистки сточных вод

### Применяемые методы очистки сточных вод

Имеется несколько путей уменьшения количества загрязненных сточных вод, среди них следующие:

1. разработка и внедрение безводных технологических процессов;
2. усовершенствование существующих процессов;
3. разработка и внедрение совершенного оборудования;
4. внедрение аппаратов воздушного охлаждения;
5. повторное использование очищенных сточных вод в оборотных и замкнутых системах.

Основным направлением уменьшения сброса сточных вод и загрязнения ими водоемов является создание замкнутых систем водного хозяйства.

Для создания замкнутых систем водоснабжения промышленные сточные воды подвергаются очистке механическими, химическими, физико-химическими, биологическими и термическими методами до необходимого качества, зависящего от вида производства. Классификация методов очистки приведена на **схеме**.

## Применяемые методы очистки сточных вод

Указанные методы очистки подразделяются на рекуперационные и деструктивные. Рекуперационные методы предусматривают извлечение из сточных вод и дальнейшую переработку всех ценных веществ. В деструктивных методах вещества, загрязняющие воды, подвергаются разрушению путем окисления или восстановления. Продукты разрушения удаляются из воды в виде газов или осадков. Выбор метода очистки и конструктивного оформления процесса производства выполняется с учетом **следующих факторов:**

1. санитарных и технологических требований, предъявляемых к качеству очищенных вод
2. количества образующихся сточных вод
3. наличия у предприятия необходимых для процесса очистки энергетических и материальных ресурсов (пар, топливо, сжатый воздух, электроэнергии, сорбенты, реагенты), а также необходимой площади для сооружения габаритных очистных установок
4. требуемая эффективность процесса обезвреживания.

### **Общая схема очистки сточных вод:**

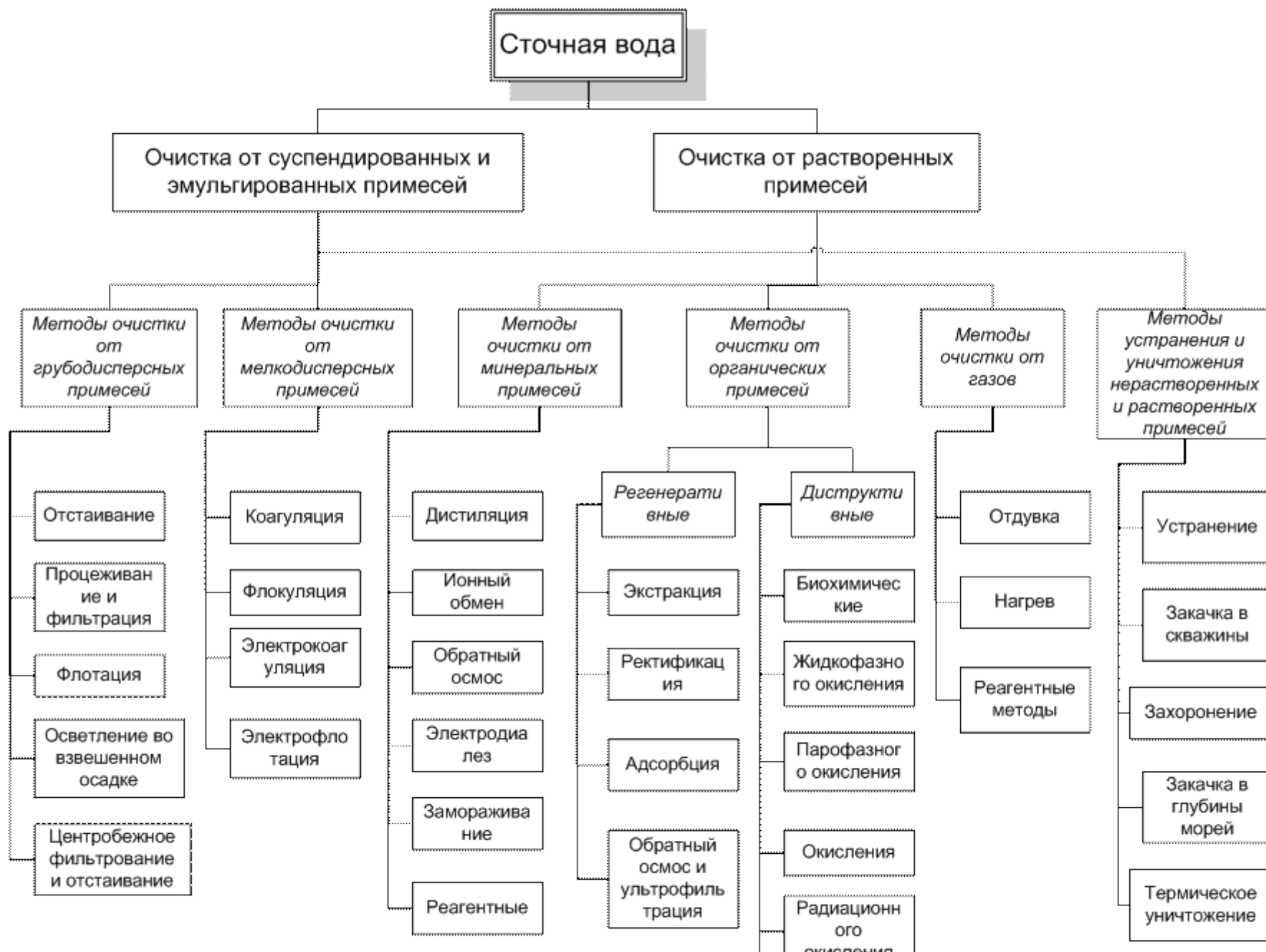
Первая стадия очистки – гравитационное отделение. Процесс осуществляется в обычных нефтеловушках или нефтеловушках с параллельными пластинами.

## Применяемые методы очистки сточных вод

Вторая стадия очистки – физико-химическая очистка сточных вод от сильно эмульгированных и коллоидных частиц нефтепродуктов посредством коагуляции или реагентной флотации.

Третья стадия очистки – ставит своей задачей очистку сточных вод от растворенных нефтепродуктов, фенолов и прочих органических и неорганических загрязнителей, оставшихся в воде после первых двух стадий очистки – биохимической или очистки на установках с активированным углем.

# Применяемые методы очистки сточных вод



## Применяемые методы очистки сточных вод

### **Классификация основных методов обезвреживания сточных вод химических производств.**

#### **Удаление всплывающих примесей.**

Процесс отстаивания используют и для очистки производственных сточных вод от нефти, масел, смол, жиров и др. Очистка от всплывающих примесей аналогична осаждению твердых веществ. Различие заключается в том, что плотность всплывающих частиц меньше, чем плотность воды. Конструкция маслоловушек аналогична горизонтальным песколовкам, отстойникам. При среднем времени пребывания сточных вод в маслоловушке  $\approx 2$  ч скорость горизонтального движения составляет 0,003-0,008 м/с. В результате отстаивания маслопродукты всплывают на поверхность, откуда удаляются сливом через специальные желоба или маслосборными устройствами.

Для улавливания частичек нефти используют нефтеловушки. Для улавливания жиров применяют жироловушки.

Схема горизонтальной прямоугольной нефтеловушки показана на рис 1. Всплывание нефти на поверхность воды происходит в отстойной камере. При помощи скребкового транспорта нефть подают к нефтесборным трубам, через которые она удаляется. Скорость движения воды в нефтеловушке изменяется в пределах 0,005—0,01 м/с. Для частичек

## Применяемые методы очистки СТОЧНЫХ ВОД

нефти диаметром 80 — 100 мкм скорость всплывания равна 1 — 4 мм/с. При этом всплывает 96 — 98% нефти.

Горизонтальные нефтеловушки имеют не менее двух секций. Ширина секций 2 — 3 м, глубина отстаиваемого слоя воды 1,2 — 1,5 м; продолжительность отстаивания не менее 2 ч.

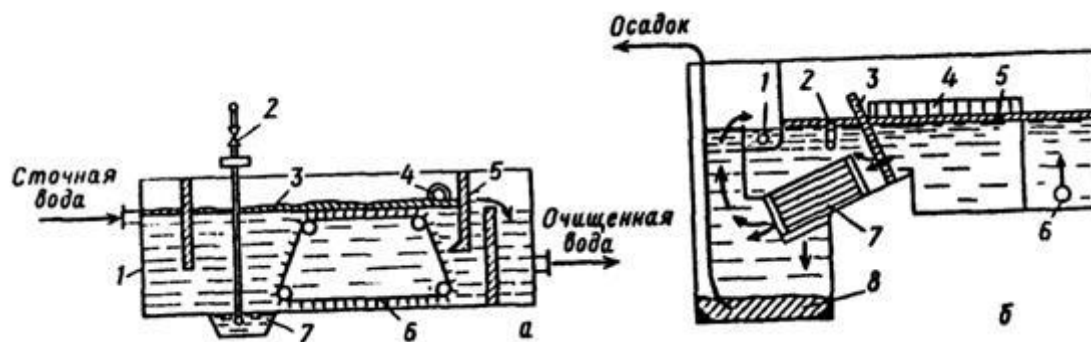


Рис 1. Нефтеловушки:

а – горизонтальная: 1 – корпус нефтеловушки; 2 – гидрозелеватор; 3 – слой нефти; 4 – нефтесборная трубка;

5 – нефтеудерживающая перегородка; 6 – скребковый транспортер; 7 – приямок для осадка;

б – тонкослойная: 1 – вывод очищенной воды; 2 – нефтесборная трубка; 3 – перегородка; 4 – плавающий пенопласт; 5 – слой нефти;

6 – ввод сточной воды; 7 – секция из гофрированных пластин; 8 – осадок

## Применяемые методы очистки сточных вод

Имеются также радиальные и полочные тонкослойные нефтеловушки, представляющие собой (рис 1. б) усовершенствованные конструкции горизонтальных нефтеловушек. Они имеют меньшие габариты и более экономичны. Расстояние между полками равняется 50 мм, угол наклона полок  $45^\circ$ , время пребывания сточных вод в зоне отстаивания 2 — 4 мин, толщина слоя всплывающих нефтепродуктов 0,1 м; остаточное содержание их в воде 100 мг/л.

Сточные воды маслозаводов, фабрик первичной обработки шерсти, мясокомбинатов, столовых содержат жиры. Для их улавливания используют жироловушки, которые устроены аналогично нефтеловушкам. Для увеличения эффективности удаления из вод жира применяют аэрированные жироловушки.

**Скорость всплывания определяется:**

$$\omega_{\text{вспл}} = \frac{g \cdot d_{\text{ч}}^2}{18} \cdot \frac{\rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{жс}}}{\mu_{\text{жс}}}$$

Расчет маслоловушки в этом случае сводится к определению геометрических размеров емкости и времени отстаивания сточных вод. Для повышения эффективности очистки широко применяют предварительную обработку сточных вод

## Применяемые методы очистки СТОЧНЫХ ВОД

специальными реагентами, способствующими коагуляции примесей в эмульсии. В качестве реагентов преимущественно используются реагенты, представленные в **Табл.1**

**Таблица 1.**

### Реагенты, способствующие коагуляции примесей в эмульсии

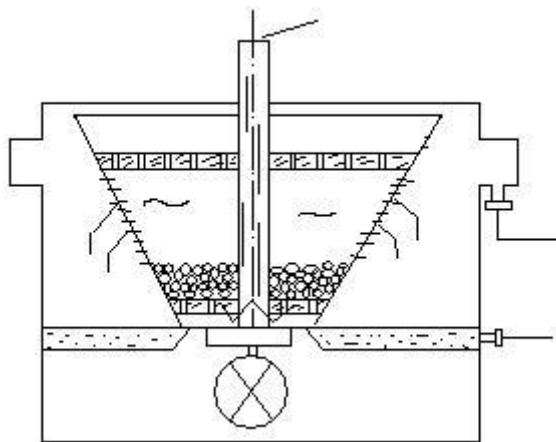
Реагенты	Расход реагента, кг/м <sup>3</sup>	Эффективность очистки, коэффициент
1. отстаивание без реагента	-	0.62
2. сернокислое железо $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	0.09-0.12	0.90
3. хлорное железо $\text{FeCl}_3$	0.03-0.05	0.90
4. сернокислый алюминий $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	0.36-0.42	0.92
5. сернокислый алюминий + известковое молоко (10%) $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2$	0.36-0.42	0.90
6. сернокислый алюминий + полиакриламид (0.1%) $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{RCONH}_2$	0.24-0.36	0.90



## Применяемые методы очистки сточных вод

### Фильтрация эмульгированных веществ

Для удаления нефтепродуктов и масел могут быть использованы фильтры с загрузкой из пенополиуретана. Высота слоя материала 2—2,5 м, размер кусков пенополиуретана 5-10 мм. Скорость фильтрования до 25 м/м. Такие фильтры могут быть использованы при концентрации масел в исходной сточной воде до 1000 мг/л.



**Рис 2. Схема устройства для очистки сточных вод с пенополиуретаном:**

## Применяемые методы очистки СТОЧНЫХ ВОД

Сточная вода, содержащая маслопримеси, подается по патрубку 5 под перфорированное днище ротора 2, проходит через отверстие перфорации, через фильтрующий слой пенополиуретановых гранул и через перфорацию в роторе переливается в водосборный карман 6 (кольцевой). При концентрации маслопримесей и твердых частиц до  $0,1 \text{ кг/м}^3$  эффективность очистки составляет 0,92-0,98 в зависимости от времени выдержки в фильтре, которое равно 16-24 часа. Достоинством аппарата является простота конструкции и высокая эффективность регенерации, для чего используется вращение ротора с помощью привода от электрического двигателя 7. При вращении ротора частицы пенополиуретана под действием центробежных сил отбрасываются к внутренним стенкам ротора, деформируются с последующим выжиманием маслопримесей. Отжатые маслопримеси поступают в специальный желоб 3 и сливаются в патрубок для дальнейшей переработки. Время полной регенерации фильтра 0,1 часа.

### Удаление взвешенных частиц под действием центробежных сил

Осаждение взвешенных частиц под действием центробежной силы проводят в гидроциклонах и центрифугах.

**Гидроциклоны.** Для очистки сточных вод используют напорные и открытые (низконапорные) гидроциклоны. Напорные гидроциклоны применяют для осаждения твердых примесей, а открытые - для удаления осаждающих и всплывающих примесей.

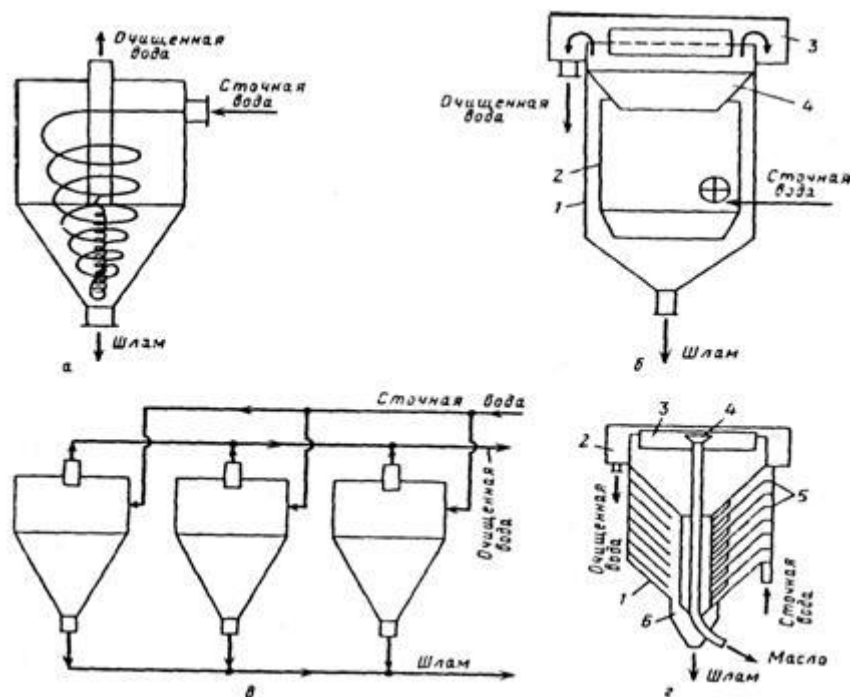
Отделение твердых примесей в гидроциклонах осуществляется за счет действия центробежных сил в открытых или напорных гидроциклонах. Открытые гидроциклоны применяются для выделения из сточных вод крупных твердых

## Применяемые методы очистки сточных вод

частиц со скоростью осаждения более 0,002 м/с. Преимуществом открытого гидроциклона перед напорными является большая производительность и малые потери напора, не превышающие 0,5 кПа. Эффективность очистки сточных вод зависит от характеристик и параметров примесей твердых частиц, их размеров, формы, плотности и др, а также от конструкции и геометрических характеристик самого циклона.

При вращении жидкости в гидроциклонах на частицы действуют центробежные силы, отбрасывающие тяжелые частицы к периферии потока, силы сопротивления движущегося потока, гравитационные силы и силы инерции. Силы инерции незначительны и ими можно пренебречь. При высоких скоростях вращения центробежные силы значительно больше сил тяжести.

## Применяемые методы очистки сточных вод



**Рис 3. Гидроциклоны:**

а – напорные; б – с внутренним цилиндром и конической диафрагмой: 1 – корпус; 2 – внутренний цилиндр; 3 – кольцевой лоток; 4 – диафрагма; в – блок напорных гидроциклонов; г – многоярусный гидроциклон с наклонным патрубком для отвода сточной воды: 1 – конические диафрагмы; 2 – лоток; 3 – водослив; 4 – маслосборная воронка; 5 – распределительные лотки; 6 – шламоотводящая щель

**Напорные гидроциклоны.** В них возможна очистка сточных вод от маслопродуктов. Из напорных гидроциклонов наибольшее распространение получил аппарат конической формы (рис 3.).

## Применяемые методы очистки СТОЧНЫХ ВОД

Сточную воду тангенциально подают внутрь гидроциклона. При вращении жидкости под действием центробежной силы внутри гидроциклона образуется ряд потоков. Жидкость, войдя в цилиндрическую, часть, приобретает вращательное движение и движется около стенок по винтовой спирали вниз к сливу. Часть ее с крупными частицами удаляется из гидроциклона. Другая часть, (осветленная) поворачивает и движется вверх около оси гидроциклона. Кроме того, возникают радиальные и замкнутые циркуляционные токи. В центре образуется воздушный столб, давление которого меньше атмосферного. Он оказывает влияние на эффективность гидроциклонов.

**Открытые (безнапорные) гидроциклоны.** Их применяют для очистки сточных вод от крупных примесей (гидравлической крупностью 5 мм/с). От напорных гидроциклонов они отличаются большей производительностью и меньшим гидравлическим сопротивлением. Схема одного из гидроциклонов — с внутренним цилиндром и конической диафрагмой показана на рис.

Сточную воду тангенциально подают в пространство, ограниченное внутренним цилиндром. Поток по спирали движется вверх. Дойдя до верха цилиндра, он разделяется на два потока. Один из них (осветленная вода) движется к центральному отверстию диафрагмы и пройдя ее, попадает в лоток. Другой поток со взвешенными частицами направляется в пространство между стенками цилиндра и гидроцилиндра и поступает в коническую его часть.

## Применяемые методы очистки сточных вод

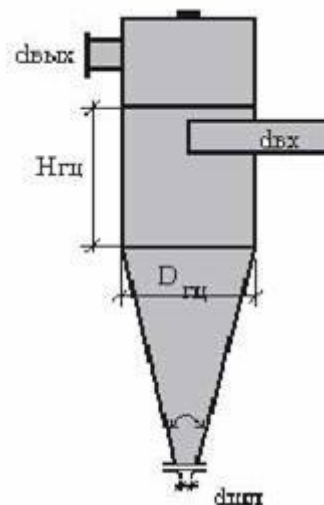


Рис 4. Напорный гидроциклоны

Напорные гидроциклоны предназначены:

- для эффективного выделения грубодисперсных загрязнений крупностью более 20 мкм при  $\rho > 2 \text{ кг/см}^2$
- для отмывки песка от нефтепродуктов и органики; • для сгущения минерального осадка перед его обезвоживанием;
- для регенерации зернистых загрузок фильтров.

## Применяемые методы очистки сточных вод

**Таблица 2**

**Габаритные размеры напорных гидроциклонов из нержавеющей стали**

<b>Дгц, мм</b>	40	75	100	150	200
<b>Нгц, мм</b>	40-150	75-200	100-300	150-400	200-500

## Применяемые методы очистки сточных вод

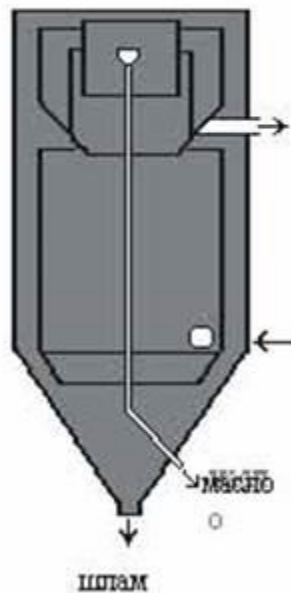


Рис 5. Безнапорные гидроциклоны

Безнапорные гидроциклоны предназначены:

- для выделения грубодисперсных загрязнений, в том числе, масел и нефтепродуктов
- для выделения коагулированной смеси.
- для повышения эффективности очистки аппарат может быть совмещён с флотатором или с фильтром.



## Применяемые методы очистки сточных вод

Безнапорные гидроциклоны обеспечивают:

- возможность самотёчной подачи очищенной воды и выделенных загрязнений на последующие сооружения;
- высокие гидравлические нагрузки (в 1,5 -3 раза выше, чем на обычных отстойниках).

Таблица 3

Габаритные размеры безнапорных гидроциклонов

Догц, мм	1000	1500	2000	2500	3000
Н огц, мм	1000	1500	2000	2500	3000

### 8.1.5. Флокуляция

**Флокуляция** - это процесс агрегации (увеличение размеров и массы) взвешенных частиц за счет добавления в сточные воды высоко молекулярных соединений, называемых флокулянтами. Флокуляцию проводят, в основном, для интенсификации процесса коагуляции (например, после обработки гидроксидом железа) с целью увеличения скорости осаждения. Флокулянты бывают синтетические и природные. К природным относятся крахмал, декстрин, эфиры, целлюлоза. Наиболее распространенными флокулянтами являются полиакриламиды  $[\text{CH}_2\text{-CH-COONH}_2]_n$ . Полиакриламиды бывают технические (ПАА) и гидрализированные (ГППА).

## Применяемые методы очистки сточных вод

Технология флокуляционной очистки промышленных сточных вод предприятий различных отраслей промышленности (текстильных фабрик, камвольных комбинатов, морских и речных перевалочных баз, нефтеперерабатывающих, машиностроительных, камнеобрабатывающих, фарфоровых, картонно-рубероидных заводов, картонно-бумажных и мясокомбинатов) предусматривает использование порошкообразных высокомолекулярных и экологически безопасных катионных, анионных и неионных флокулянтов с содержанием основного вещества не менее 90 масс. %.

Технология обеспечивает низкий расход флокулянта, простоту и надежность эксплуатации и высокую эффективность осветления сточных вод на стадиях механической, биологической и глубокой очистки, высокую степень обезвоживания образующегося осадка на ленточных фильтр-прессах и центрифугах.

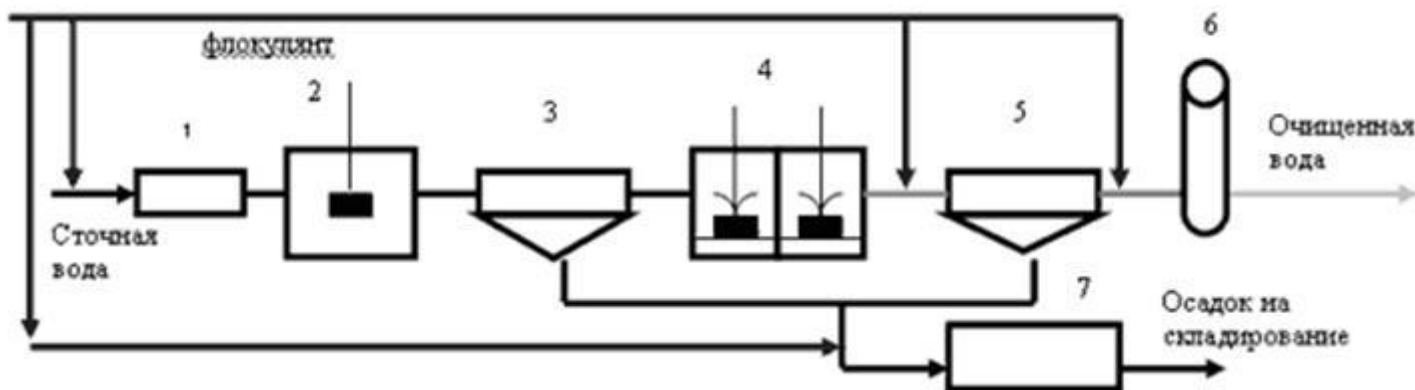


Рис 5. Принципиальная схема флокуляционной очистки промышленных сточных вод

## Применяемые методы очистки сточных вод

Сооружения: 1, 2-смешения и флокуляции, 3- механической очистки, 4, 5-биологической очистки, 6-глубокой очистки, 7-обезвоживания осадка.

Технология внедрена на ряде промышленных предприятий: Московском НПЗ, Дулёвском фарфоровом заводе, Московской обойной фабрике.

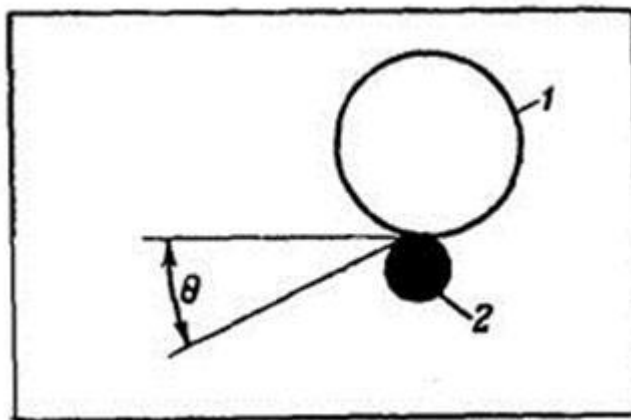
Внедрение технологии очистки промышленных сточных вод порошковым катионным флокулянтom Праестол на очистных сооружениях Московского НПЗ позволило сократить расход реагента с 600 -900 т/г до 14-21т/г, уменьшить сброс загрязняющих веществ на 485 т/г, в т. ч. взвешенных веществ - на 77 т/г, нефтепродуктов - на 29т/г, сульфатов - на 379 т/г, исключить коррозионный износ трубопроводов и оборудования, снизить эксплуатационные затраты на 0,5 млн. руб. в год

### **Флотация**

Флотацию применяют для удаления из сточных вод нерастворимых диспергированных примесей, которые самопроизвольно плохо отстаиваются. В некоторых случаях флотацию используют и для удаления растворенных веществ, например: ПАВ. Такой процесс называют пенной сепарацией или пенным концентрированием. Флотацию применяют для очистки сточных вод многих производств: нефтеперерабатывающих, искусственного волокна,

## Применяемые методы очистки сточных вод

целлюлозно-бумажных, кожевенных, машиностроительных, пищевых, химических. Ее используют также для выделения активного ила после биохимической очистки.



**Рис 6. Элементарный акт флотации:**

1 – пузырек газа; 2 – твердая частица

Достоинством флотации является непрерывность процесса, широкий диапазон применения, невысокие капитальные затраты, высокая степень очистки (95-98%), возможность дальнейшей рекуперации удаляемых веществ. Флотация

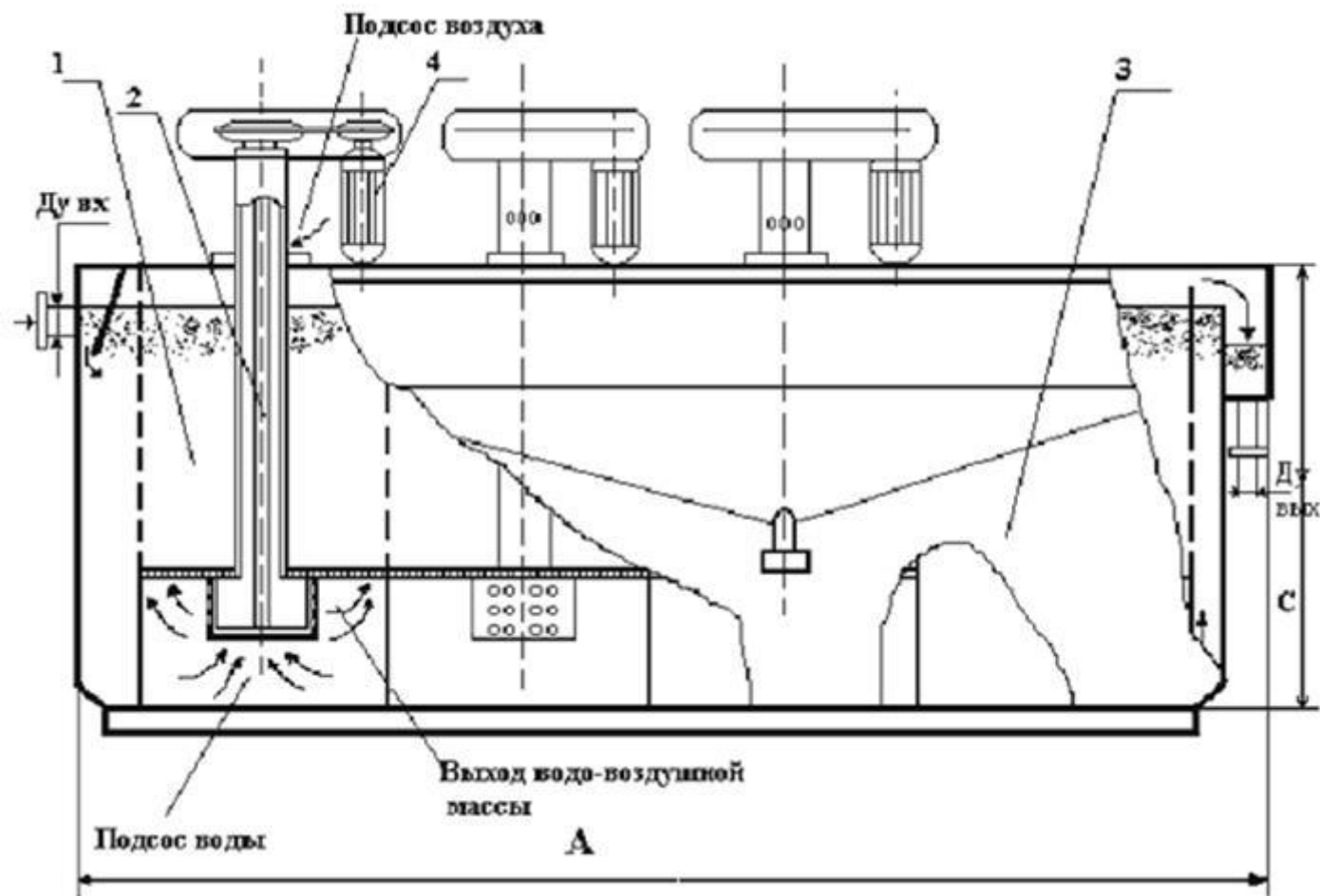
## Применяемые методы очистки СТОЧНЫХ ВОД

сопровождается аэрацией сточной воды, пониженной концентрацией ПАВ, легкоокисляемых веществ, бактерий, микроорганизмов. Все это способствует успешному проведению последующих стадий очистки сточных вод.

Элементарный акт флотации заключается в следующем: при сближении поднимающегося вверх пузырька воздуха с твердой гидрофобной частицей, разделяющая их прослойка воды при некоторой критической величине прорывается и происходит слияние пузырька с частицей. Затем комплекс пузырек-частица поднимается на поверхность воды, где пузырьки собираются, образуя пенный слой с более высокой концентрацией частиц в исходной сточной воде. При закреплении пузырька на поверхности твердой частицы образуется как бы трехфазная периметр линия, ограничивающая площадь прилипания пузырька и являющаяся границей трех фаз: твердой, жидкой, газообразной.

Различают следующие способы флотационной обработки сточных вод- с выделением воздуха из растворов; с механическим дисперпфованием воздуха; с подачей воздуха через пористые материалы, электрофлотацию и химическую флотацию.

## Применяемые методы очистки сточных вод



**Рис 7. Импеллерный флотатор:**

1-флотационная камера; 2-импеллерный диспергатор;  
3-камера отстаивания; 4-привод импеллерного диспергатора.

## Применяемые методы очистки сточных вод

Импеллерные флотаторы предназначены:

для очистки масло- и нефтесодержащих сточных вод (СВ), а так же (СВ), загрязнённых гидрофобными (плохо смачиваемыми) смесями.

**Обеспечивают:**

- повышение эффективности очистки воды без применения реагентов на 60 % за счёт увеличения степени дисперсности пузырьков воздуха, что определяет более эффективное выделение загрязнений;
- оптимальное использование объёма сооружения.

**Выгодно отличаются** простотой конструкции, монтажа и эксплуатации

Флотаторы бывают любой производительности в диапазоне расходов сточных вод от 5 до 150 м<sup>3</sup>/ч.

### Адсорбция

Адсорбционные методы широко 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.

## Применяемые методы очистки сточных вод

Адсорбцию используют для обезвреживания сточных вод от фенолов, гербицидов, пестицидов, ароматических нитросоединений, ПАВ, красителей и др. Достоинством метода является высокая эффективность, возможность очистки сточных вод, содержащих несколько веществ, а также рекуперации этих веществ.

Адсорбционная очистка вод может быть регенеративном, т. е. с извлечением вещества из адсорбента и его утилизацией, и деструктивной, при которой извлеченные из сточных вод вещества уничтожаются вместе с адсорбентом.

Эффективность адсорбционной очистки достигает 80—95% и зависит от химической природы адсорбента, величины адсорбционной поверхности его доступности, от химического строения вещества и его состояния в растворе.

**Адсорбенты.** В качестве сорбентов используют активные угли, синтетические сорбенты и некоторые отходы производства (золу, шлаки, опилки и др.). Минеральные сорбенты — глины, силикагели, алюмогели и гидроксиды металлов для адсорбции различных веществ из сточных вод используют мало, так как энергия взаимодействия их с молекулами воды велика — иногда превышает энергию адсорбции. Наиболее универсальными из адсорбентов являются активные угли, однако они должны обладать определенными свойствами.

**Активные угли** должны слабо взаимодействовать с молекулами воды и хорошо с органическими веществами, быть относительно крупнопористыми (с эффективным радиусом адсорбционных пор в пределах 0,8—5,0 нм, или 8 – 50 Å), чтобы их поверхность была доступна для больших и сложных органических молекул. При малом времени контакта с водой они должны иметь высокую адсорбционную емкость, высокую селективность и малую удерживающую способность при регенерации. Угли должны быть прочными, быстро смачиваться водой, иметь определенный



## Применяемые методы очистки СТОЧНЫХ ВОД

гранулометрический состав. В процессе очистки используют мелкозернистые адсорбенты с частицами размером 0,25—0,5 мм и высокодисперсные угли с частицами размером менее 40 мкм.

### **Очистка ливневых стоков от нефтепродуктов до ПДК -0,05 мг/л**

Оборудование для очистки обеспечивает очистку оборотной воды до требований норм СанПиН 2.1.5.980-00

Гигиенические требования к охране поверхностных вод, ВСН 01-89, ОНТП 01-91.

**Таблица 4**

### **Содержание загрязнений в очищенной воде**

	на выходе	нормативные требования
нефтепродукты, мг/л	3,0-10,0	15,0
взвешенные вещества, мг/л	10,0-15,0	40,0
БПК полн, мг/л	60,0	80,0
Ph	6,5- 8,5	6,5- 8,5

## Применяемые методы очистки сточных вод

### Базовая технология очистки

- объёмная и ламинарная седиментация взвешенных веществ и выделение свободновсплывающих нефтепродуктов;
- обработка водоочистным реагентом; • двойная глубокая фильтрационная доочистка от тонкодиспергированных взвешенных частиц;
- адсорбционная доочистка от эмульгированных и растворённых нефтепродуктов.

## Применяемые методы очистки сточных вод



**Рис 8. Общий вид установки**

Главные особенности установок:

- компактность, максимальная степень заводской готовности;
- оптимальная степень автоматизации, защита автомоечного оборудования;
- короткие сроки ввода в эксплуатацию.

## Применяемые методы очистки СТОЧНЫХ ВОД

**Таблица 5**

### Технические параметры установок

Марка	Производительность, м3/ч	Установленная мощность, КВТ	Габариты, мм	Масса, кг	
				без воды	с водой
A-0,6	0,6	1,0	820*800*1600	95	325
A-1,0	1,0-1,2	1,3	1050*900*1600	165	465
A-2.0	1,8-2,0	1,5	1200*950*1650	250	750
A-3.0	2,4-3.0	1,8	1350*1100*1870	320	990
A-4.0	4.0	2,5	1500*1200*2100	380	1625
A-5.0	5,0-5,5	3,2	1800*1500*2100	490	2260

**Таблица 6**

## Применяемые методы очистки СТОЧНЫХ ВОД

### Технико-экономические показатели установок

Расход/стоимость электроэнергии кВтч/руб	Затраты на реагенты и фильтровальные материалы, руб	Расход/стоимость водопроводной воды, м3/ руб	Объём/стоимость сброса избыточной воды, м3/ руб	Суммарные затраты, руб.
0,03-0,1/0,03-0,1	0,08-0,15	0,006/0,08-0,09	0,005/0,07-0,08	0,26-0,42

#### Установка очистки оборотных вод мойки автомобилей "Свод-гео"

Установка предназначена:

для физико-механической очистки оборотных вод автомоек отстаиванием, контактной коагуляцией на песчаных фильтрах и сорбцией на угольном фильтре.

Установка обеспечивает:

- качество очищенной воды, соответствующее требованиям **ОНТП 01.91** и **ВСН 01.89** и **СанПиН 2.1.5. 980-00**
- срок службы -не менее 10 лет при безусловной надёжности эксплуатации;

## Применяемые методы очистки сточных вод

- исключение негативного влияния на окружающую среду;
- утилизацию оборотной воды.

### Технология очистки

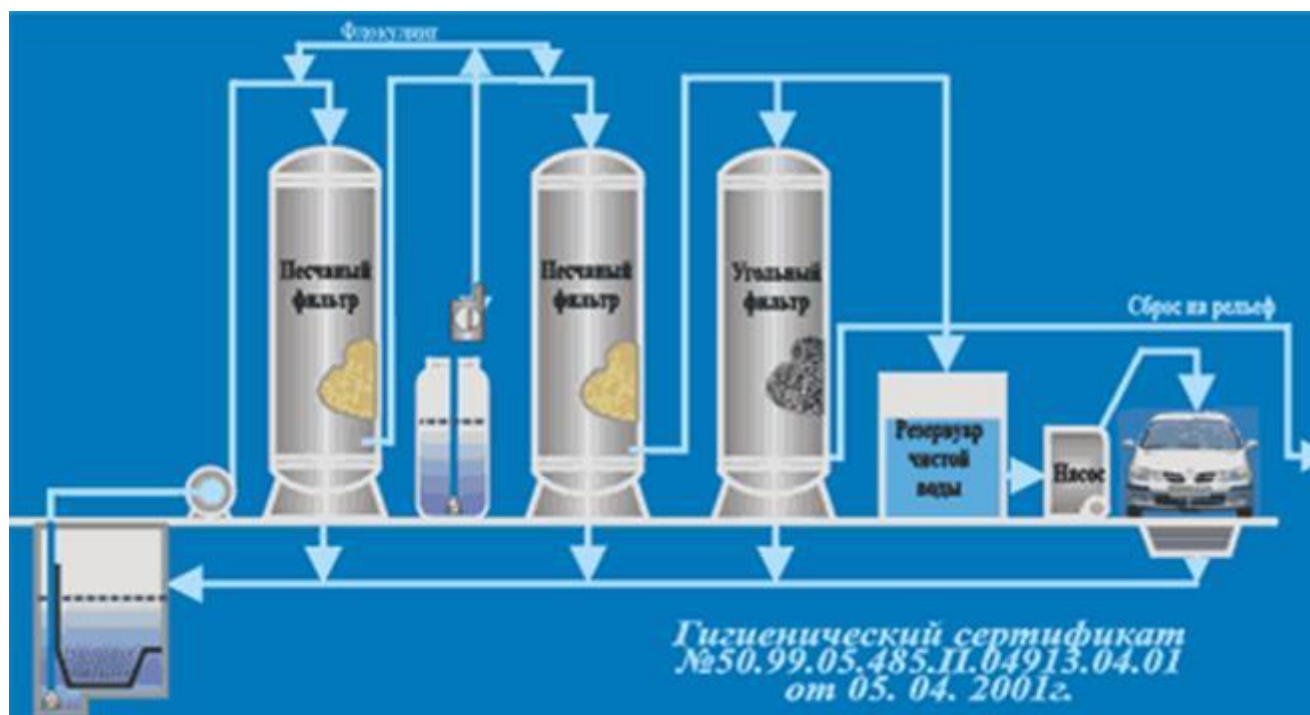


Рис 9. Схема очистки оборотных вод установкой "Свод-гео"

## Применяемые методы очистки сточных вод

Преимущества очистки:

- соответствие мировым стандартам;
- минимальные габариты;
- минимальны затраты электроэнергии;
- комплектно-блочная поставка;
- оперативность проектирования и поставок ;
- доступные цены;
- гарантийное и постгарантийное обслуживание.

**Система КИП и А в базовой комплектации обеспечивает:**

- включение/выключение установки;
- защиту насосов от сухого хода;
- световую индикацию работы насосного оборудования
- световую индикацию заполнения ёмкостного оборудования;
- звуковую и световую сигнализацию нештатных режимов.