

# ОБРАБОТКА ВОДЫ НА АЭС

**ЛЕКЦИЯ №3-4**

Тайлашева Татьяна Сергеевна  
Доцент НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ ТПУ

# ТЕМА 3. ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЧИСТКА

2

# ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

3

Содержание в природных водах примесей различной степени дисперсности вызывает необходимость очистки ее в несколько этапов.

I этап  
удаление коллоидных и  
грубодисперсных веществ



Предварительная очистка (предочистка)



**Методы осаждения**

- Коагуляция;
- Известкование;
- Содоизвесткование;
- и др.



**Отстаивание  
Фильтрование  
Флотация**

II этап  
удаление ионодисперсных  
веществ и растворенных газов



Доочистка/окончательная очистка



«См. следующую  
тему!»



# ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЧИСТКА ВОДЫ

4

КАЧЕСТВО ИСХОДНОЙ ВОДЫ	МЕТОД ОБРАБОТКИ	ПРИМЕРЫ ОСНОВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ
<p>Взвешенные вещества до 50 мг/дм<sup>3</sup>; окисляемость менее 15 мг/дм<sup>3</sup> O<sub>2</sub></p>	<p>Механическое отстаивание и фильтрация, объемная коагуляция, флотация</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Осветлительные фильтры (вертикальные или горизонтальные) с загрузкой антрацитом или кварцевым песком, высота слоя загрузки <math>H_{сл} \leq 1</math> м.</li> <li>Осветлители для коагуляции</li> </ul>
<p>Взвешенные вещества до 100 мг/дм<sup>3</sup>; окисляемость менее 15 мг/дм<sup>3</sup> O<sub>2</sub></p>	<p>Механическое отстаивание и фильтрация, объемная коагуляция, флотация</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Осветлительные фильтры с двухслойной загрузкой:                             <ol style="list-style-type: none"> <li>1) кварцевый песок - диаметр зерен <math>d = 0,5...1,2</math> мм; высота слоя загрузки <math>H_{сл} = 0,7...0,8</math> м;</li> <li>2) дробленый антрацит - диаметр зерен <math>d = 0,8...1,8</math> мм; высота слоя <math>H_{сл} = 0,4 ... 0,5</math> м.</li> </ol> </li> <li>Осветлители для коагуляции</li> </ul>
<p>Взвешенные вещества более 100 мг/дм<sup>3</sup>; окисляемость более 15 мг/дм<sup>3</sup> O<sub>2</sub>; Жк &gt;2 мг-экв/дм<sup>3</sup></p>	<p>Объемная коагуляция в осветлителе, фильтрование, обратный осмос, совмещение известкования с коагуляцией в осветлителе, фильтрование</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Осветлители для коагуляции с последующим фильтрованием на однослойных осветлительных фильтрах</li> <li>осветлители для известкования с последующим фильтрованием на однослойных осветлительных фильтрах</li> <li>обратноосмотические аппараты</li> </ul>

# ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЧИСТКА ВОДЫ

5

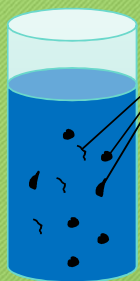
МАТЕРИАЛ ИЛИ ОРГАНИЗМ	ДИАМЕТР ЧАСТИЦЫ, ММ	ВРЕМЯ ОСАЖДЕНИЯ	МАТЕРИАЛ ИЛИ ОРГАНИЗМ	ДИАМЕТР ЧАСТИЦЫ, ММ	ВРЕМЯ ОСАЖДЕНИЯ
Гравий	10	1 с	Глина	0,01	2 часа
Песок	1	10 с	Бактерия	0,001	8 суток
Мелкий песок	0,1	2 мин	Частица коллоидного размера	0,0001	2 года

\* Время осаждения различных частиц в вертикальном столбе воды высотой 1 м.

# КОАГУЛЯЦИЯ ВОДЫ

6

ИСХОДНАЯ ВОДА



Органические  
(гуминовые кислоты, соли)  
и неорганические  
(кремниевая кислота)  
вещества

- ✓ Размер частиц твердой фазы = 1-100 нм;
- ✓ Агрегативная устойчивость\*;
- ✓ «Отрицательный»  $\zeta$ -потенциал.

\*Способность сохранять постоянство размеров твердой фазы в результате возникновения электрокинетического потенциала ( $\zeta$ -потенциала) между движущимися коллоидными частицами и окружающим его раствором. Знак  $\zeta$ -потенциала зависит от природы вещества, образующих коллоидный раствор.



Коллоидный раствор с «положительным»  
 $\zeta$ -потенциалом



- ✓ Снижение величины  $\zeta$ -потенциала всей системы;
- ✓ Уменьшение силы отталкивания.

Объединение  
сталкивающихся  
коллоидных частиц в  
частицы больших размеров

Удаление частиц большого  
размера из воды  
отстаиванием или  
фильтрованием



КОАГУЛИРОВАННАЯ  
ВОДА

# КОАГУЛЯЦИЯ ВОДЫ

7

Процесс нарушения агрегативной устойчивости коллоидной системы, сопровождающийся укрупнением коллоидных частиц, носит название **коагуляции**, а вещества, вызывающие коагуляцию называют **коагулянтами**.

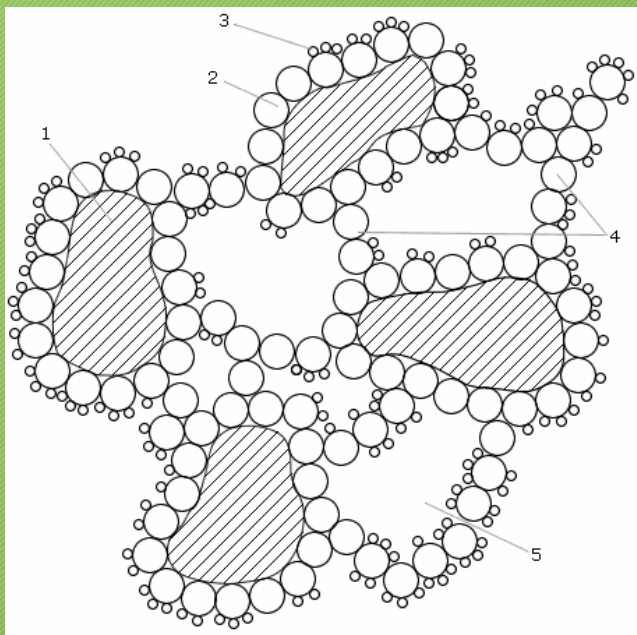


Схема образования коагуляционных хлопьев:

- 1 — частицы ГДП;
- 2 — частицы гидроксида;
- 3 — органические вещества;
- 4 — «клеевые» мостики;
- 5 — полости, заполненные водой

# КОАГУЛЯНТ - СОЛИ АЛЮМИНИЯ

8

Коагулянт	Формула	Содержание, вес. %		Примечание
		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	нерастворимых примесей	
Сульфат алюминия - неочищенный - очищенный	Al <sub>2</sub> (SO) <sub>4</sub> x18H <sub>2</sub> O	>9 >15	<23 <0,5	Наиболее распространенный коагулянт. При добавлении увеличивается содержание сульфат-ионов эквивалентно дозе коагулянта, в такой же степени уменьшается щелочность, возрастает содержание свободной угольной кислоты
Алюминат натрия	NaAlO <sub>2</sub>	45 - 55	6 - 8	Обычно используют в качестве добавки для интенсификации процесса коагуляции примесей воды сульфатом алюминия. при его введении не увеличивается в воде содержание сульфат - или хлорид - ионов. Эффективность его применения увеличивается для исходных вод с низкой щелочностью.
Оксихлорид алюминия	Al <sub>2</sub> (OH) <sub>n</sub> Cl <sub>(6-n)</sub>	40 - 44	-	Преимущество перед Al <sub>2</sub> (SO) <sub>4</sub> минимально увеличивает содержание в коагулированной воде анионов сильных кислот и эффективно работает в более широком диапазоне pH.
Окисульфат алюминия	Al <sub>2</sub> (OH) <sub>n</sub> SO <sub>4(3-n)</sub>	17- 18	< 1	Основные его преимущества перед сульфатом алюминия заключаются в следующем: он работает в более широком интервале значений pH обрабатываемой воды, требует меньшего щелочного резерва и обладает лучшей хлопьеобразующей способностью при низких температурах, его растворы менее агрессивны.



# КОАГУЛЯНТ - СОЛИ ЖЕЛЕЗА

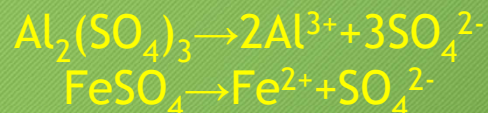
9

Коагулянт	Формула	Содержание, вес %		Примечание
		Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	нерастворимых примесей	
Железный купорос (сернокислое железо)	FeSO <sub>4</sub> x 7H <sub>2</sub> O	>47	<1	Железный купорос - коагулянт наиболее распространенный на стадии предварительной очистки поверхностных вод при одновременной декарбонизации путем известкования. Для самостоятельного применения коагулянта необходимо хлорировать раствор реагента с целью ускорения процессов окисления двухвалентного железа до трехвалентного.
Хлорное железо	FeCl <sub>3</sub> x 6H <sub>2</sub> O	>95	-	Соли трехвалентного железа (сернокислое окисное и хлорное) - пригодны для коагуляции без известкования, так как они легко гидролизуются при взаимодействии с бикарбонатами исходной воды.
Сернокислая окись железа	Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> x 2H <sub>2</sub> O	68-76	<40	

# КООГУЛЯЦИЯ ВОДЫ

10

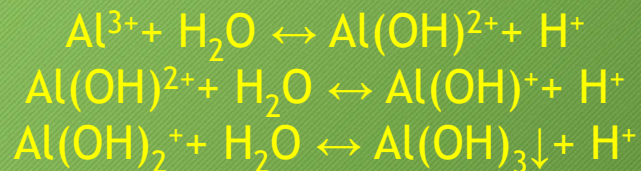
- ❖ Использование сульфат алюминия  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  или сульфат двухвалентного железа  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  в качестве коагулянтов основывается на их способности диссоциировать в воде:



- ❖ Вода всегда частично диссоциирована:



- ❖ Одновременное наличие в растворе ионов  $OH^-$  и  $Al^{3+}$  ведет их к взаимному притяжению, которое может происходить по нескольким ступеням с образованием труднорастворимых гидроксидов:



- ❖ Ионы  $Al(OH)^{2+}$  и  $Al(OH)_2^+$  образуют с сульфат-ионами, присутствующими в воде, основные соли:  $Al(OH)SO_4$  и  $[Al(OH)_2]_2SO_4$  также труднорастворимые.

# КООГУЛЯЦИЯ ВОДЫ

11

- Таким образом, процесс гидролиза ионов  $Al^{3+}$  приводит к образованию труднорастворимых электролитов, которые и образуют коллоидный раствор с положительным  $\zeta$  -потенциалом, т.е. образуется новая дисперсная система со знаком заряда частиц, противоположным знаку коллоидов природных вод.
- Реакции гидролиза могут протекать при условии отвода ионов  $H^+$ . В природной воде связывание этих ионов происходит:



- Наличие  $HCO_3^-$  необходимо для успешного протекания процесса. При **недостатке** щелочности воду следует **подщелачивать**.
- При применении  $Al_2(SO_4)_3$  **pH** обрабатываемой воды должно быть от **5,5 - 7,5**.
- При применении двухвалентного железа необходимо его окисление в трехвалентное растворенным в воде кислородом:



- Образование  $Fe(OH)_3$  происходит быстро и полно при **pH > 8**, для чего необходимо дозировать в воду совместно с коагулянтом **щелочь**.

# КОАГУЛЯЦИЯ ВОДЫ

12



- Видимым эффектом коагуляции является образование осадка в виде рыхлых студнеобразных хлопьев. Если этого не наблюдается, коагуляция отсутствует.

Для ускорения процесса коагуляции применяют **флокулянт полиакриламид (ПАА)**. Доза ПАА=0,5-2 мг/дм<sup>3</sup>, вводится через 1-3 мин после введения коагулянта. ПАА применяют в периоды ухудшенного хлопьеобразования, а также для повышения нагрузки осветлителей.



# ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ТЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССА КОАГУЛЯЦИИ

13

- **Качество исходной воды** (высокое солесодержание исходной воды благоприятно для коагуляции коллоидных примесей вследствие большего сжатия диффузного слоя коллоидных частиц);
- **Температура обрабатываемой воды** ( $30-40^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ );
- **Величина pH среды;**
- **Величина дозы коагулянта** (0,3 - 1,5 мг-экв/л, определяется экспериментально, уточняется при эксплуатации);
- **Условия перемешивания воды с коагулянтом** (интенсивность перемешивания должна быть достаточна для быстрого и равномерного распределения коагулянта в воде, но не слишком большой во избежание разрушения хлопьев);
- **Применение вспомогательных средств** (растворы кислот или щелочных реагентов для коррекции оптимальной величины pH, флокулянты для увеличения производительности отдельных установок);
- **Порядок ввода реагентов в обрабатываемую воду** (реагенты для коррекции pH-среды вводятся в обрабатываемую воду до коагулянта. Раствор коагулянта предпочтительнее вводить в зону контактной среды, а флокулянт через 1 - 3 минуты после ввода коагулянта).

# ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДОЗЫ КОАГУЛЯНТА

14

Дозу коагулянта следует принимать по результатам пробной коагуляции воды или по данным эксплуатации водоподготовительных установок, использующих ту же исходную воду.

При отсутствии экспериментальных данных можно использовать ориентировочную формулу:

$$D_k = 0,07 * O_2 \text{ (мг-экв/л) ,}$$

где  $O_2$  - перманганатная окисляемость исходной воды в  $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$ .

ИСХОДНАЯ ВОДА		ДОЗА КОАГУЛЯНТА, МГ-ЭКВ/ДМ <sup>3</sup>
Щелочность, мг-экв/дм <sup>3</sup>	Окисляемость, мг/л	
При $\text{Щ}_o \geq 2$	$O_k \leq 5$	$D_k = 0,5$
При $\text{Щ}_o \geq 1,5$	$O_k \leq 10$	$D_k = 0,75$
При $\text{Щ}_o < 1,5$	$O_k > 10$	$D_k = 1$

# ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ВОДЫ

15

1. Общая жесткость не меняется;
2. Щелочность остаточная:  $\text{Щ}_o^{\text{коаг}} = \text{Щ}_o^{\text{исх}} - D_k$ . При  $\text{Щ}_o^{\text{исх}} < D_k$  производят подщелачивание воды NaOH перед коагуляцией.
3. Концентрация  $\text{SO}_4^{2-}$ , мг/дм<sup>3</sup> увеличивается на дозу коагулянта:  
$$C_{\text{SO}_4}^{\text{коаг}} = C_{\text{SO}_4}^{\text{исх}} + 48,03 D_k$$
4. Концентрация хлор-иона остается равной исходной.
5. Кремнийсодержание уменьшается и становится равным (0,4-0,5)  $C_{\text{SiO}_2}^{\text{исх}}$ .
6. Перманганатная окисляемость снижается на 50-60% от исходной.
7. Содержание ГДП не превышает 10 мг/дм<sup>3</sup>.
8. Увеличивается прозрачность воды, происходит обесцвечивание воды, снижение окисляемости.

# ИЗВЕСТКОВАНИЕ ВОДЫ

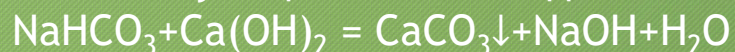
16

Известкование воды, как и коагуляция, является реагентным осадительным методом предварительной обработки воды. При известковании в воду вводят в виде раствора загашенную предварительно известь  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , которая связывает свободный углекислый газ и катионы, подлежащие удалению из воды, в труднорастворимые соединения, осаждаемые в виде шлама. Шлам удаляется из обработанной воды путем фильтрования.

**В результате обработки воды происходят следующие процессы:**

1. Связывание свободного углекислого газа (декарбонизация):  $\text{CO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$
2. Снижение карбонатной жесткости и щелочности (умягчение):  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = 2\text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$
3. Обезжелезивание:  $4\text{FeSO}_4 + 4\text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 = 4\text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow + 4\text{CaSO}_4$

При известковании не меняется карбонатная жесткость, магниевая некарбонатная жесткость переходит в кальциевую по реакции  $\text{MgCl}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow + \text{CaCl}_2$ , а также известкование нельзя снизить избыточную щелочность воды в соответствии с уравнениями

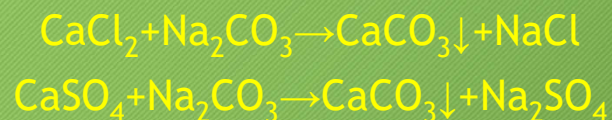




# СОДОИЗВЕСТКОВАНИЕ

17

Дополнительная обработка воды кальцинированной содой  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  для повышения эффекта осаждения ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ . При этом методе магний удаляется полностью и устраняется некарбонатная жесткость:



Процесс содоизвесткования зависит от:

- *состава исходной воды;*
- *температуры;*
- *дозы реагента;*
- *значения pH.*

Контроль за процессом реагентного умягчения осуществляют по величине гидратной щелочности. При осаждении  $\text{Ca}^{2+}$   $\text{Щ}_r=0,1-0,2$  мг-экв/дм<sup>3</sup> и при осаждении  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$   $\text{Щ}_r=0,3-0,5$  мг-экв/дм<sup>3</sup>. Содоизвестковый метод эффективен при повышенной температуре. В результате применения этого способа получают воду с остаточной жесткостью от 0,1 до 0,3 мг-экв/дм<sup>3</sup>, содержание кремниевой кислоты уменьшается до 2 мг/л.

# МАГНЕЗИАЛЬНОЕ ОБЕСКРЕМНИВАНИЕ

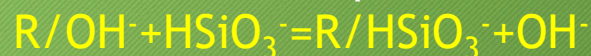
18

Кремнекислые соединения удаляются в результате сорбции их гидроокисью магния  $Mg(OH)_2$ .

Частичное удаление кремнекислых соединений достигается уже при известковании воды, но выделяющегося при этом количества  $Mg(OH)_2$  недостаточно для достижения эффекта обескремнивания, поэтому содержание гидроокиси магния в обрабатываемой воде приходится искусственно повышать. Для этого в воду вводят оксид магния  $MgO$ , который, гидролизуясь, дает гидроокись магния по реакции



Молекула  $Mg(OH)_2$  частично диссоциирует, образуя радикал  $R$  и перешедшие в раствор ионы  $OH^-$ , способные к ионному обмену с анионитами кремниевой кислоты:



Процесс обескремнивания наиболее эффективен в диапазоне значений **pH=10,1-10,3** и поэтому его сочетают с известкованием.

# ОБОРУДОВАНИЕ ПРЕДОЧИСТКИ С ОСВЕТИТЕЛЯМИ И ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИЯ

19

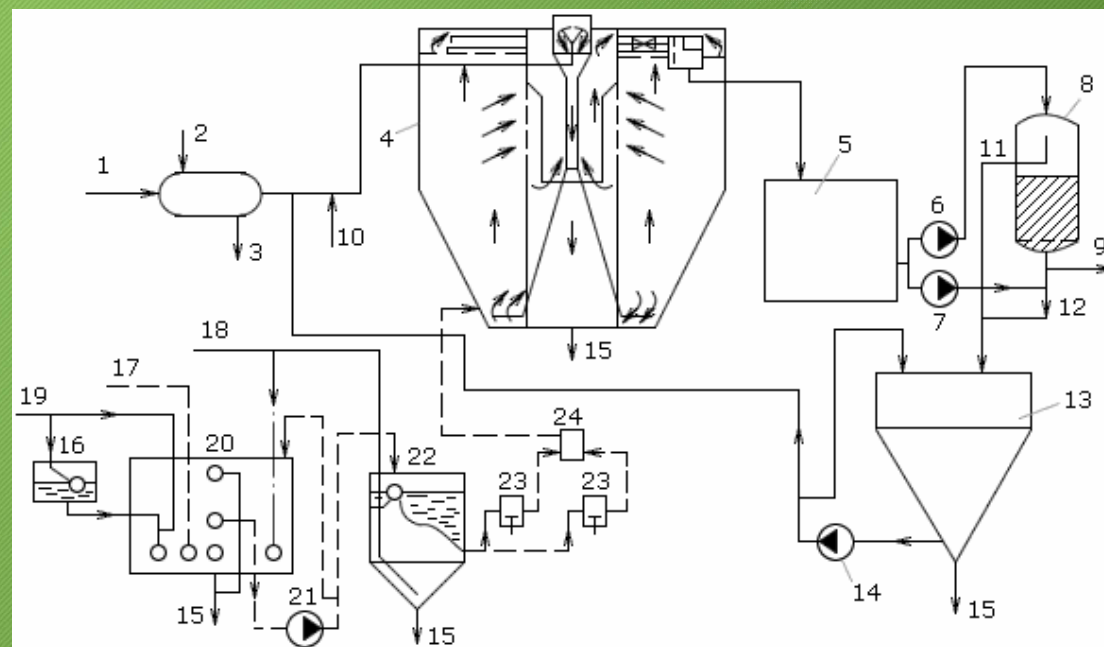
- **Осветлитель** является аппаратом, в котором одновременно протекают химические реакции, связанные с вводом реагентов, а также физические процессы формирования образовавшихся осадков (шлама) в объеме воды осветлителя и фильтрования обрабатываемой воды через их слой.
- **Контактная среда** в осветлителе - шламовый фильтр, формируется из ранее образовавшихся и вновь образующихся частиц шлама, находящихся во взвешенном состоянии за счет действия восходящего потока воды.
- Прошедшая через шламовый фильтр вода **освобождается** от грубодисперсных частиц, содержащихся в исходной воде и сформировавшихся в результате химических реакций в осветлителе.
- Их **остаточная концентрация** находится в пределах 5 - 10 мг/дм<sup>3</sup>.
- Осветлители используются для реализации осаждения при обработке воды коагулянтами, гашеной известью, содой, магнезитом.

# ОБОРУДОВАНИЕ ПРЕДОЧИСТКИ С ОСВЕТИТЕЛЯМИ И ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИЯ

20

## Схема коагуляционной установки:

1 - греющий исходная вода; 2 - пар; 3 - конденсат; 4 - осветлитель; 5 - бак коагулированной воды; 6 - насос коагулированной воды; 7 - насос взрыхляющей промывки механических (осветлительных) фильтров; 8 - механический (осветлительный) фильтр; 9 - осветленная вода; 10 - ввод реагента (щелочь); 11 - для создания требуемого значения pH; 12 - сброс взрыхляющей воды; 13 - сброс первого фильтрата; 14 - бак сбора вод взрыхления; 15 - насос перекачки вод взрыхления в осветлитель; 15 - продувка (дренаж); 16 - бачок постоянного уровня; 17...19 - техническая вода; 20 - ячейка мокрого хранения коагулянта; 21 - насос раствора коагулянта; 22 - расходный бак (мерник) коагулянта; 23 - насос-дозатор коагулянта; 24 -воздушный колпак



# СХЕМЫ ОСВЕТИТЕЛЕЙ

21

На различных ВПУ используются осветлители 2-х типов:

1. Для реализации процессов коагуляции
2. Для известкования или известкования с коагуляцией.

Конструкция осветлителей этих 2-х типов не имеют принципиальных различий, но скорости движения воды в различных зонах осветлителей выбраны разными. Это связано с характеристиками образующегося в осветлителях шлама: при коагуляции он более легкий, поэтому скорости подъемного движения воды должны быть более низкими, чем при известковании, так как скорость восходящего движения воды в осветлителе не должна превышать скорость осаждения частиц во избежание уноса их потоком воды из осветлителя.

Основные параметры осветлителей для коагуляции

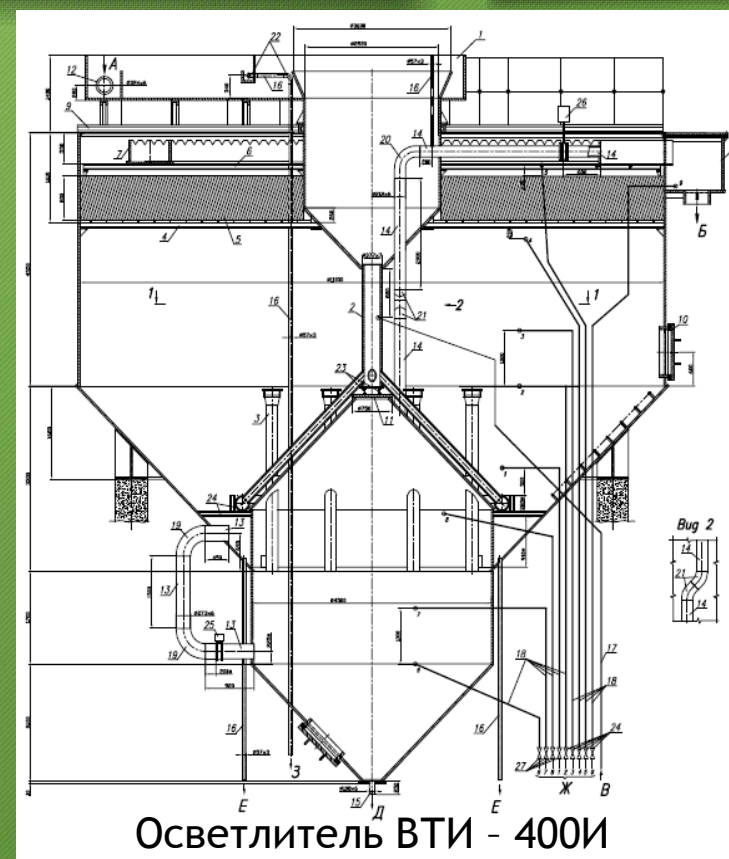
Марка осветлителя	Производительность (м <sup>3</sup> /ч)	Диаметр (мм)	Высота осветлителя (мм)	Масса конструкции (кг)
МоТЭП	100	7000	9900	22647
ЦНИИ-3	150	7300	6965	21890
ЦНИИ-3	230	9000	7650	38256
ЦНИИ-3	450	12500	8650	57863
ХоТЭП-ВТИ	350	12000	11600	75000

Возможно использование для коагуляции осветлителей конструкции СКБ ВТИ (ВТИ-63И, ВТИ-100И, ВТИ-160И, ВТИ-250И, ВТИ-400И, ВТИ-630И, ВТИ-1000И). Эти осветлители разработаны для известкования воды. При применении этих аппаратов для коагуляции их максимальная производительность составляет 60-70% от номинальной.

# РАБОТА ОСВЕТИТЕЛЯ

22

Подогретая исходная вода подается в воздухоотделитель, расположенный в центральной верхней части осветителя. Освобожденная от пузырьков воздуха вода вводится по распределительной системе труб в нижнюю часть осветителя через тангенциально расположенные сопла. Туда же несколько выше горизонтальной оси сопел вводится раствор коагулянта и, при надобности, несколько выше, чем раствор коагулянта - раствор флокулянта. Возможен также ввод коагулянта перед воздухоотделителем. Раствор щелочи (при подщелачивании воды) вводится в общий трубопровод исходной воды. вода и коагулянт перемешиваются при вращательном движении потока, при этом происходит реакция гидролиза коагулянта и образование хлопьев осадка - шлама, включающего гидроксид алюминия, а также коллоидно- и грубодисперсные вещества, удаляемые из обрабатываемой воды. Образующийся шлам используется в качестве контактной среды, через которую снизу вверх проходит вода. Из верхней части контактной среды шлам отводится в шламоуплотнитель, а коагулированная вода проходит защитную зону осветления (над зоной контактной среды), верхнюю (дренажную) решетку и по сборному желобу сливается в распределительное устройство, откуда по трубопроводу сливается в бак коагулированной воды. В нижней части осветителя расположены горизонтальная решетка и несколько вертикальных, радиально установленных перегородок для выравнивания потока жидкости и преобразования его движения из вращательного в поступательное. Часть потока жидкости отводится через шламоприемные окна по шламоприемным трубам в шламоуплотнитель. Поступившая со шламом вода осветляется в шламоуплотнителе и отводится в измерительный отсек распределительного устройства и далее соединяется с общим потоком коагулированной воды. Шлам уплотняется под давлением собственного веса и непрерывно выводится из шламоуплотнителя при его продувке.





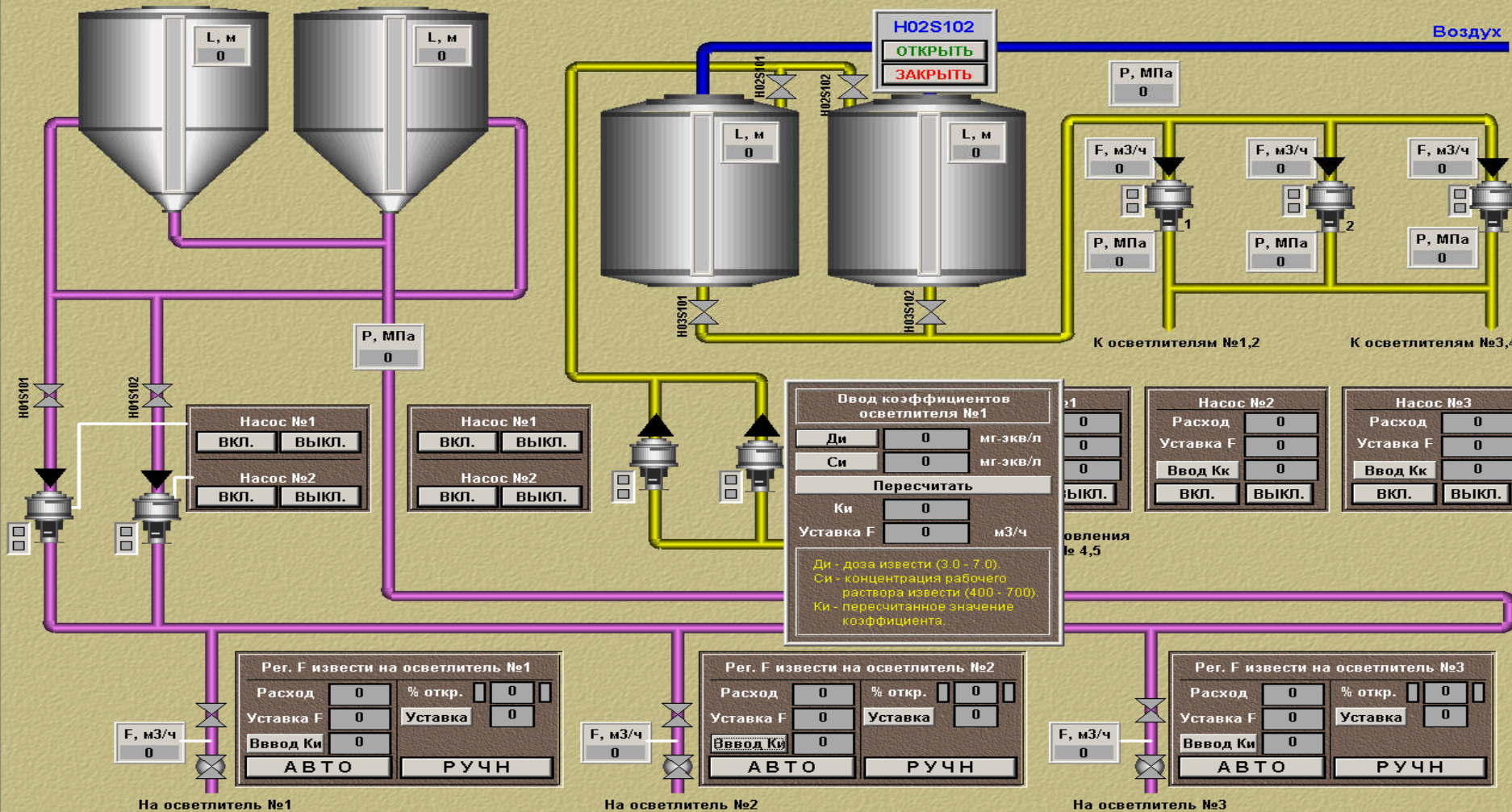
СИГНАЛИЗАЦИЯ

# Схема подготовки извести и коагулянта

08:50:20 04.09.2006

Мешалки рабочего раствора извести

Баки раствора коагулянта



Воздух

К осветителям №1,2

К осветителям №3,4

**Ввод коэффициентов осветителя №1**

Ди	0	мг-экв/л
Си	0	мг-экв/л
<b>Пересчитать</b>		
Ки	0	
Уставка F	0	м3/ч

Ди - доза извести (3.0 - 7.0)  
Си - концентрация рабочего раствора извести (400 - 700)  
Ки - пересчитанное значение коэффициента.

**Насос №2**

Расход	0
Уставка F	0
Ввод Kк	0
ВКЛ.	ВЫКЛ.

**Насос №3**

Расход	0
Уставка F	0
Ввод Kк	0
ВКЛ.	ВЫКЛ.

**Рег. F извести на осветитель №1**

Расход	0	% откр.	0
Уставка F	0	Уставка	0
Ввод Ки	0		
<b>АВТО</b>		<b>РУЧН</b>	

**Рег. F извести на осветитель №2**

Расход	0	% откр.	0
Уставка F	0	Уставка	0
Ввод Ки	0		
<b>АВТО</b>		<b>РУЧН</b>	

**Рег. F извести на осветитель №3**

Расход	0	% откр.	0
Уставка F	0	Уставка	0
Ввод Ки	0		
<b>АВТО</b>		<b>РУЧН</b>	

- Общая схема
- Баки извести и коагулянта
- Фильтры по схеме №1
- Фильтры по схеме №2
- Графики

23

# ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯЦИЯ

24

- ▶ Наличие сульфатов в составе коагулянтов создает дополнительные трудности их последующего удаления из воды. Гидроксиды  $Al(OH)_3$  или  $Fe(OH)_2$  могут быть получены электрохимическим способом.
- ▶ Электрохимический способ основан на анодном растворении металла в воде при прохождении постоянного электрического тока.
- ▶ На аноде металл окисляется и его ионы переходят в раствор:  
$$Al - 3e \leftrightarrow Al^{3+}$$
$$Fe - 2e \leftrightarrow Fe^{2+}$$
- ▶ На катоде прием электронов осуществляется с помощью реакций восстановления. В нейтральных и щелочных растворах электроны ассимилируются на катоде молекулами воды с последующим образованием водорода и гидроксильных ионов:  
$$2H_2O + 2e \rightarrow H_2 + 2OH^-$$
- ▶ Ионы  $OH^-$  образуют с ионами  $Al^{3+}$  и  $Fe^{2+}$  гидроксиды.  $Fe(OH)_2$  окисляется в  $Fe(OH)_3$ :  
$$4Fe(OH)_2 + O_2 + 2H_2O \rightarrow 4Fe(OH)_3$$
- ▶ Электрохимический метод коагуляции позволяет отказаться от аппаратуры, связанной с приготовлением и дозированием коагулянтов.



# ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯЦИЯ

25

Электрокоагуляционный аппарат состоит из набора металлических пластин. К пластинам подводится ток плотностью 40-50 А/м<sup>2</sup> и напряжением 20-30 В. Для уменьшения поляризации и более равномерного использования электродных пластин через 15 мин производят переполюсовку подводимого напряжения.

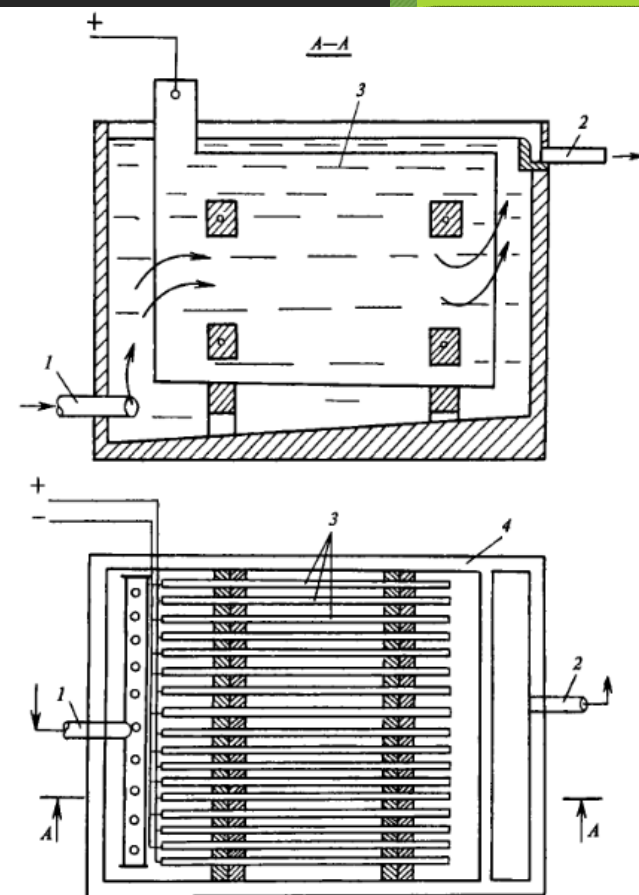
Аппарат для анодного растворения металла при электрохимическом коагулировании.

1 – вход воды;

2 – выход воды;

3 – металлические пластины;

4 – корпус аппарата.



# ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯЦИЯ

26

Сокращение концентрации сульфатов достигается при использовании оксихлоридов алюминия  $Al_m(OH)_nCl_{3m-n}$  (ОХА), например пентаоксихлорида алюминия  $Al_2(OH)_5Cl$ .

*ОХА имеет преимущества:*

- в меньшей мере снижается щелочность воды;
- эффективен при рН от 6 до 9;
- снижает продолжительность образования крупных хлопьев;
- увеличивает скорость осаждения;
- содержание хлоридов устанавливается в 2-8 раз меньше, чем сульфатов.



# ОСВЕТЛЕНИЕ ВОДЫ

27

Различают несколько типов фильтрования:

- **процеживание** - размеры пор фильтрующего материала меньше размеров задерживаемых частиц;
- **пленочное** фильтрование - при определенных условиях после некоторого начального периода фильтрующий материал обволакивается пленкой взвешенных веществ, на которой могут задерживаться частицы даже более мелкие, чем размер пор фильтрующего материала: коллоиды, мелкие бактерии, крупные вирусы;
- **объемное** фильтрование - взвешенные частицы, проходя через слой фильтрующего материала, многократно изменяют направление и скорость движения в щелях между гранулами и волокнами фильтрующего материала; таким образом, грязеемкость фильтра может быть довольно большой - больше, чем при пленочном фильтровании.

# ОСВЕТЛЕНИЕ НА МЕХАНИЧЕСКИХ ФИЛЬТРАХ

28

- Осветление воды при пропуске через механический фильтр происходит в результате **прилипания к частицам зернистой загрузки фильтра грубодисперсных примесей** исходной воды.
- Интенсивность прилипания тем **выше**, чем **меньше** агрегативная устойчивость частиц. Последняя **понижается в результате** предварительной **обработки** воды **коагулянтом**.
- **Образующиеся** при этом **хлопья** легко **прилипают** к зернистой загрузке фильтров и **достигается** высокий эффект **осветления** при сравнительно большой **скорости** фильтрования **5-7 м/час**.
- **Одновременно** с прилипанием происходит **отрыв** ранее прилипших частиц и **переход** их в воду под действием **гидродинамических сил** движения воды. Пока **количество** прилипающей смеси в данном элементарном слое **больше**, чем отрывающейся, происходит **осветление** воды.
- По мере накопления взвеси в зернистом слое **отрыв** частиц **увеличивается** и вода в этом слое **перестает** осветляться, слой оказывается предельно **насыщенным** взвесью и в работу **включаются** ниже лежащие слои загрузки.
- **Граница** предельного насыщения постепенно движется к **низу** фильтрующей загрузки и в какой-то момент качество осветленной воды начинает **ухудшаться** вследствие **проскока** удаляемых из воды частиц через всю толщу загрузки.

# ФИЛЬТРУЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ

29

Фильтрующий материал должен обладать надлежащим **гранулометрическим составом, механической прочностью и химической стойкостью.**

## Гранулометрический состав

Промывка фильтра осуществляется пропуском через него воды обратным током, т.е. снизу вверх. Поэтому гранулометрический состав должен быть таким, чтобы при промывке фильтра снизу вверх вынос мелких фракций из фильтра не начинался прежде, чем придут в движение более крупнозернистые нижние слои материала.

Рекомендуемые характеристики фильтрующего слоя

Тип фильтра	Диаметр зерен, мм			Коэффициент неоднородности	Высота слоя, мм
	Минимальный	Максимальный	Эквивалентный		
Однослойные	0,5	1,2	0,7-0,8	2,0-2,2	700
	0,7	1,5	0,9-1,0	1,8-2,0	1200-1300
	0,9	1,8	1,1-1,2	1,5-1,7	1800-2000
Двухслойные	Кварцевый песок				
	0,5	1,2	0,8	2	500
	Антрацит				
	0,8	1,8	1,1	2	500

# ФИЛЬТРУЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ

30

- **Механическая прочность** материала должна удовлетворять требованию минимальной годовой потери материала, но должна быть не более 5%.
- Требования **химической прочности** сводятся к тому, чтобы вода в процессе фильтрования не обогащалась примесями железа, кремниевой кислотой, органическими и другими соединениями в результате деструкции фильтрующего материала.
- Фильтрующий материал должен обладать коэффициентом формы. Хорошо окатанные зерна фильтруют хуже, чем зерна с развитой поверхностью.

В качестве фильтрующих материалов применяют: антрацит, кварцевый песок, керамзит, сульфуголь, перлит, шунгизит, вулканические шлаки, целлюлозу, гранулы полистирола и т.д.



# КЛАССИФИКАЦИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ФИЛЬТРОВ

31

## По давлению

- Открытые
- Закрытие (напорные)

## По фракционному составу

- Насыпные
- Намывные

## По количеству слоев

- Однослойные
- Многослойные

## По числу работающих камер

- Однокамерные
- Многокамерные

## По способу фильтрования

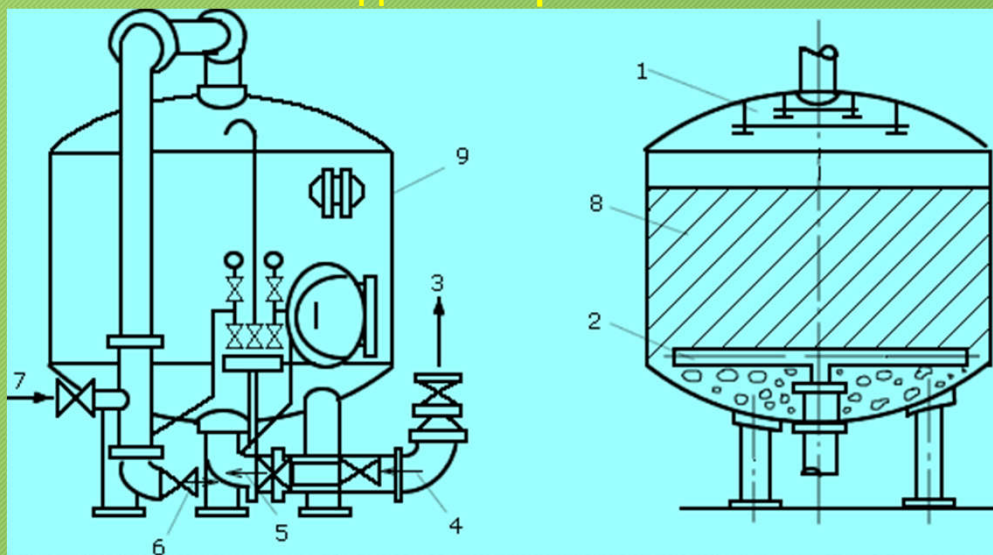
- Однопоточные
- Двухпоточные



# КАК ЭТО РАБОТАЕТ!?? КАК ЭТО УСТРОЕНО??!

32

Фильтр осветлительный вертикальный  
однокамерный



1 — верхние распределительные устройства; 2 — нижнее дренажно-распределительное устройство; 3 — фильтрат; 4 — сжатый воздух, промывочная вода; 5 — спуск первых порций фильтрата; 6 — выход промывочной воды; 7 — исходная вода; 8 — фильтрующий слой; 9 — корпус фильтра

Фильтр осветлительный вертикальный  
однокамерный





# КАК ЭТО РАБОТАЕТ!?? КАК ЭТО УСТРОЕНО??!

33

## Оборудование механических фильтров



### Распределительные устройства:

- копирующего типа,
- лучевого типа,
- колпачкового типа из пластика,
- щелевого типа и др.



# КАК ЭТО РАБОТАЕТ!?? КАК ЭТО УСТРОЕНО??!

34

## Оборудование механических фильтров



Механические (осветлительные) фильтры - заключительная стадия очищения воды от ГД и КД примесей.

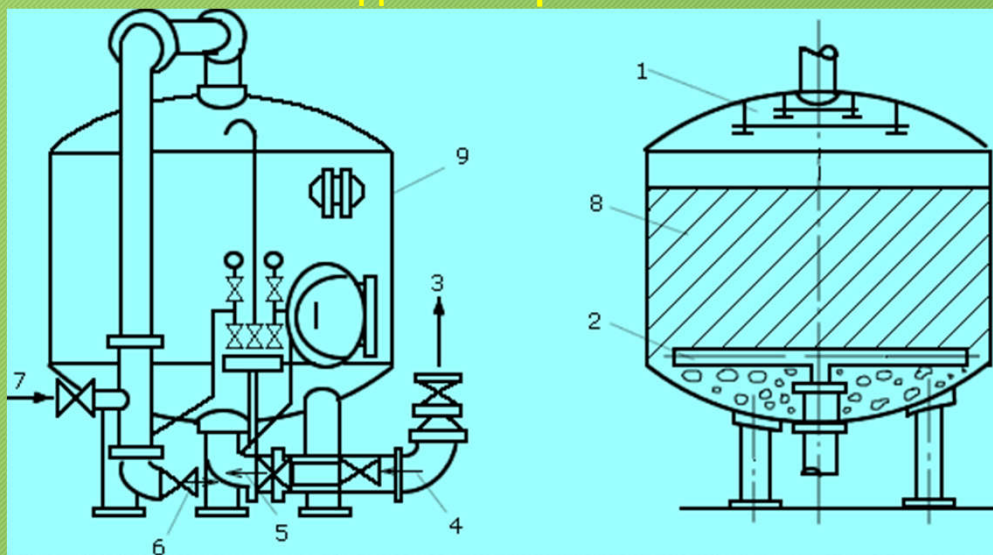


\* Разновидность фильтрующих элементов (ФЭЛ)

# ОСВЕТЛЕНИЕ НА МЕХАНИЧЕСКИХ ФИЛЬТРАХ

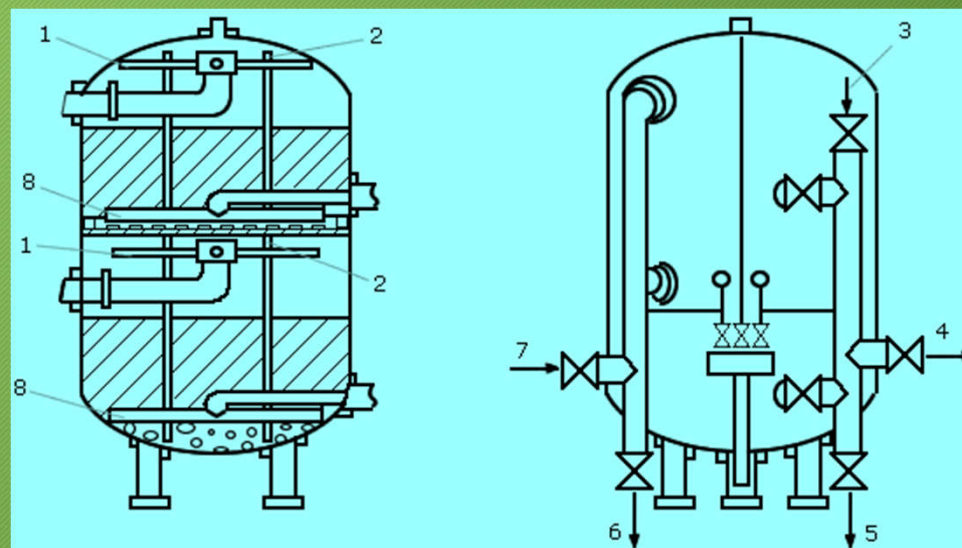
35

Фильтр осветлительный вертикальный  
однокамерный



1 — верхние распределительные устройства; 2 — нижнее дренажно-распределительное устройство; 3 — фильтрат; 4 — сжатый воздух, промывочная вода; 5 — спуск первых порций фильтрата; 6 — выход промывочной воды; 7 — исходная вода; 8 — фильтрующий слой; 9 — корпус фильтра

Двухкамерный осветлительный фильтр



1 - верхнее распределительное устройство; 2 - анкерная труба для выравнивания давления между камерами; 3 - подвод промывочной воды; 4 - выход фильтрата; 5 - спуск первых порций фильтрата; 6 - выход промывочной воды; 7 - обрабатываемая вода; 8 - нижнее дренажно-распределительное устройство

# ОСВЕТЛЕНИЕ НА МЕХАНИЧЕСКИХ ФИЛЬТРАХ

36

**Пленочное** фильтрование реализуется с использованием намывных механических фильтров, получивших свое название от способа загрузки в них фильтрующего материала методом намыва. Тонкодисперсный (порошкообразный) фильтрующий материал с размером частиц 10 - 50 мкм наносится на специальную фильтрующую перегородку. При подаче осветляемой воды на такой слой удержание ГДП происходит на поверхности фильтрующего слоя с образованием пленки, что определяется соотношением размера пор в намытом тонкодисперсном материале и размером фильтруемой твердой фазы. При достижении предельного перепада давления намытый слой вместе с отфильтрованной взвесью удаляется из такого фильтра гидравлически (операция "смыв").

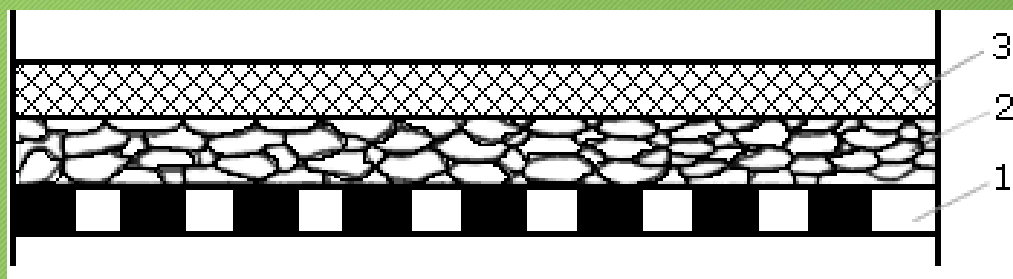
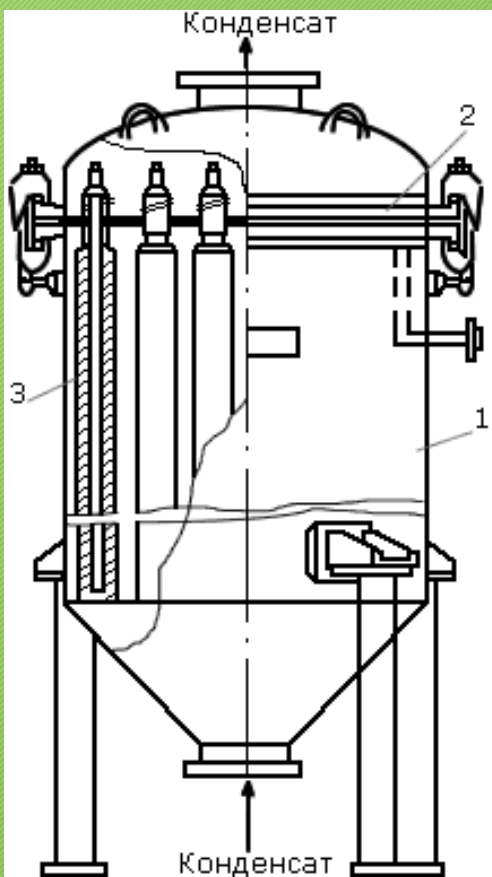


Схема пленочного фильтрования на намывном фильтре

1 - поддерживающая рабочий слой перегородка намывного фильтра; 2 - частицы намытого слоя; 3 - пленка, состоящая из частиц, задержанных при очистки воды

# ОСВЕТЛЕНИЕ НА МЕХАНИЧЕСКИХ ФИЛЬТРАХ

37



Конструктивно намывной фильтр состоит из цилиндрического корпуса **1** с коническим дном. Объем фильтра разделен трубной доской **2** на нижнюю и верхнюю части. К трубной доске по всей ее поверхности с шагом около 100 мм снизу подсоединены поддерживающие намытый слой полые фильтрующие элементы **3**. Поток обрабатываемой воды, подаваемой снизу, проходит в рабочем цикле через слой намытого материала, освобождаясь от взвеси, через поры фильтрующего элемента и по внутреннему каналу элемента выводится в объем над трубной доской и далее по трубопроводу отводится из намывного фильтра.

**фильтрперлит** - порошкообразный материал, полученный измельчением технического перлита - минерала горного происхождения, состоящего из оксидов кремния и алюминия (тонкодисперсные частицы с размером частиц 10-60 мкм)

**диатомит, дробленая целлюлоза, смесь порошкообразных ионитов**

# ОСВЕТЛЕНИЕ НА МЕХАНИЧЕСКИХ ФИЛЬТРАХ

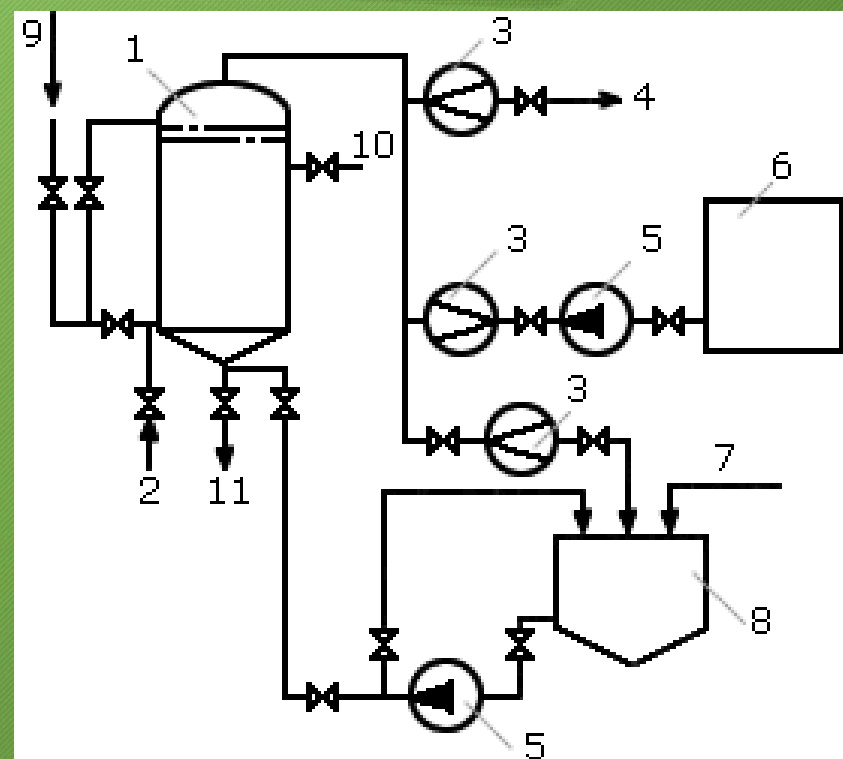
38

Работа установки с фильтром намывного типа складывается из трех последовательно проводимых операций:

- намыв фильтрующего слоя;
- фильтрование;
- смыв отработавшего фильтрующего слоя вместе с задержанными примесями.

## Схема установки с намывным фильтром

1 - намывной фильтр; 2 - сжатый воздух; 3 - расходомер; 4 - фильтрат; 5 - насос; 6 - бак промывочной воды; 7 - конденсат; 8 - мешалка для приготовления пульпы фильтрующего материала; 9 - конденсат на обработку; 10 - воздушник; 11 - дренаж



# ОСВЕТЛЕНИЕ ВОДЫ

39

- Кроме коагуляции в осветлителях этот процесс может быть реализован по прямоточной схеме, в которой коагулянт дозируется в трубопровод перед ОФ, а образующие хлопья задерживаются в верхней части фильтрующего слоя. Скорость фильтрования должна быть снижена с 10 до 5 м/ч или применяются фильтрующие материалы с повышенной грязеемкостью, либо двухслойные осветлительные фильтры.
- Осветлительные фильтры - заключительная стадия очищения воды от ГДП.
- Процесс осветления и обесцвечивания воды завершается на фильтрах. Получение воды требуемого качества обеспечивается оперативным контролем за:
  - распределением воды по фильтрам;
  - скоростью фильтрования;
  - своевременное отключение фильтра на промывку;
  - состоянием фильтрующей загрузки;
  - качеством фильтрованной воды;
  - эффективностью процесса фильтрации.