

Предварительная очистка воды

A decorative graphic element consisting of several horizontal lines of varying lengths and colors (teal, white, and light blue) extending from the right side of the title area across the top of the slide.

- Водоподготовка – это очистка природной воды до тех требований, которые необходимы. Вопросы организации рационального водного режима и водоподготовки приобрели важное значение в эксплуатации тепловых электростанций в связи с ростом параметров пара и единичной мощности парогенераторов и турбоагрегатов.

Основными задачами водоподготовки являются:

- а) предотвращение образования на внутренних поверхностях парообразующих и пароперегревательных труб отложений соединений кальция, меди, железа, кремниевой кислоты;
- б) защита от коррозии оборудования ТЭС и теплофикационных систем в условиях их контакта с водой и паром, а также при нахождении их в резерве.

Основные цели водоподготовки – это подготовить воду, которая будет соответствовать техническим требованиям. Удалить соли, если она применяется для теплообмена, перехода воды в пар.

Водоподготовка делится на основные виды:

- **Осветление** подразумевает под собой удаление суспензий, грубо-мелкодисперсных, коллоидных частиц. Удаляют с помощью осаждения и фильтрования

- **Умягчение :**

1. Ионирование (H и Na),
2. Известковые осветлители
3. Обессоливание воды (удаление катионов и анионов, мембранные технологии – обратный осмос, электродиализ, выпаривание).

- **Удаление растворённых газов**

1. Термический - нагревание
2. Химический (ингибитор коррозии образует плёнку и не даёт газу подойти к трубе)

- **Удаление гидроксидов Fe и Mn (окисление и фильтрация взвеси)**

- **Улучшение органолептических свойств воды (сорбция на активированном угле, фильтрация + хим.реагенты озон, Cl)**

Обработка поверхностных природных вод для восполнения потерь пара и конденсата на тепловых электростанциях начинается с очистки их от грубодисперсных и коллоидных примесей, которые могут явиться причиной образования вторичной накипи на поверхностях нагрева, ухудшения качества пара и загрязнения ионитных материалов.

Удаление из воды грубодисперсных примесей достигается осветлением ее путем отстаивания и фильтрования.

Отстаивание воды является естественным процессом, при котором взвешенные в воде грубодисперсные частицы с плотностью, превышающей плотность воды, осаждаются под действием силы тяжести. Осветление воды отстаиванием осуществляется в осветлителях. Осветление воды путем фильтрования заключается в пропускании ее через осветлительные фильтры. Фильтры бывают напорными и безнапорными.

Напорные фильтры это аппараты заполненные гравием, песком разной крупности. Осветление воды без введения в нее реагентов применяется в тех случаях, когда она загрязнена только грубодисперсными веществами.

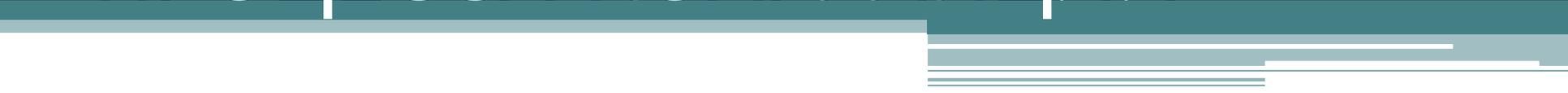
Для полного осветления воды, содержащей коллоиднодисперсные вещества, необходимо укрупнение их частиц, которое достигается их коагулированием.

Коагулированием называется технологический процесс обработки воды реагентами, который завершается укрупнением ее коллоидных примесей.

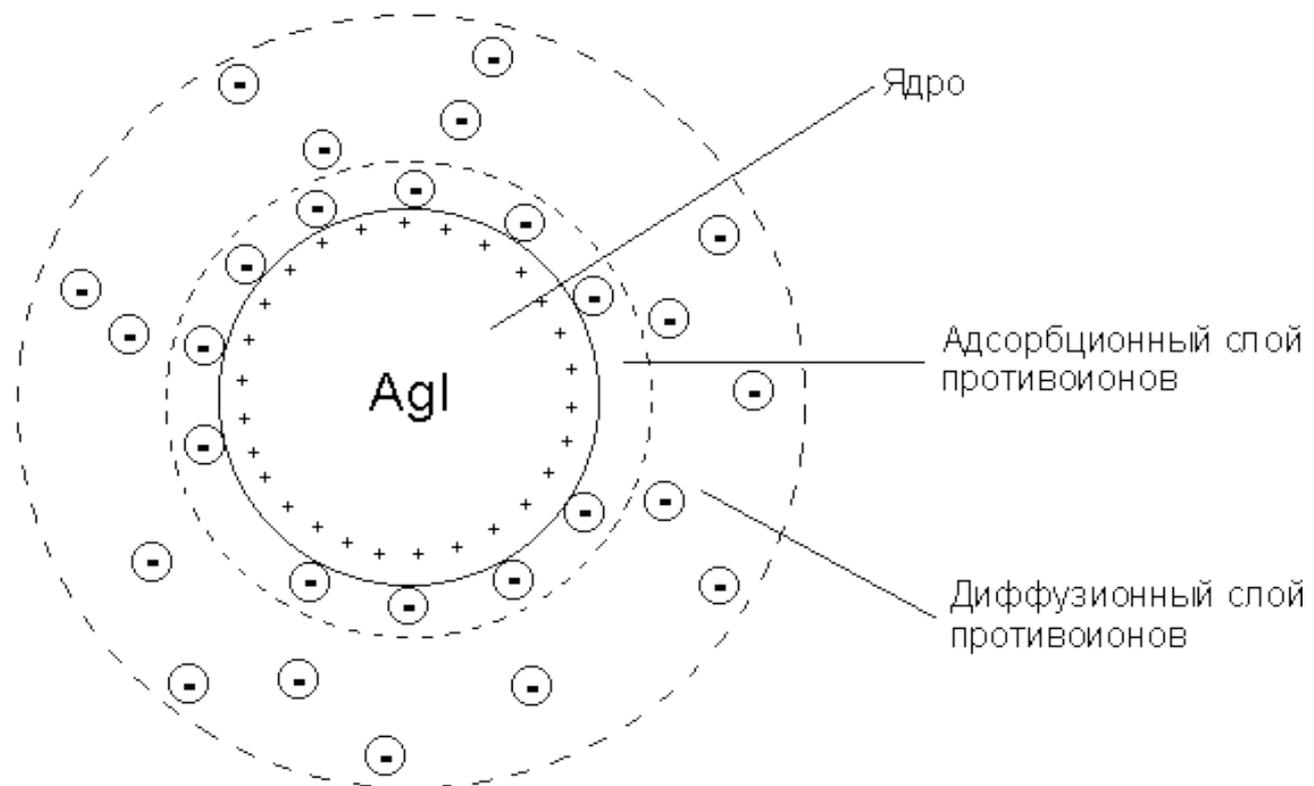
Коагуляция является физико-химическим процессом слипания коллоидных частиц и образования грубодисперсных хлопьев, выпадающих в осадок и удаляемых из воды осаждением осветлителях или фильтрованием. Реагенты, применяемые для коагуляции, называют коагулянтами.

Эффект осветления коагулированной воды в осветлителях ниже, чем в осветлительных фильтрах. С другой стороны, целесообразное применение осветлительных фильтров возможно только при незначительном содержании в воде грубодисперсных примесей. Поэтому **обычно применяется двухступенчатое осветление воды: а) коагулирование и задержание взвеси в осветлителе со снижением ее содержания до 8—12 мг/л, б) последующее глубокое осветление фильтрованием коагулированной воды, содержащей тонкодисперсную взвесь, не успевшую осесть в осветлителях.**

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССА КОАГУЛЯЦИИ

A decorative graphic element consisting of a solid teal horizontal bar, followed by a white horizontal bar, and then three thin, parallel white horizontal lines.

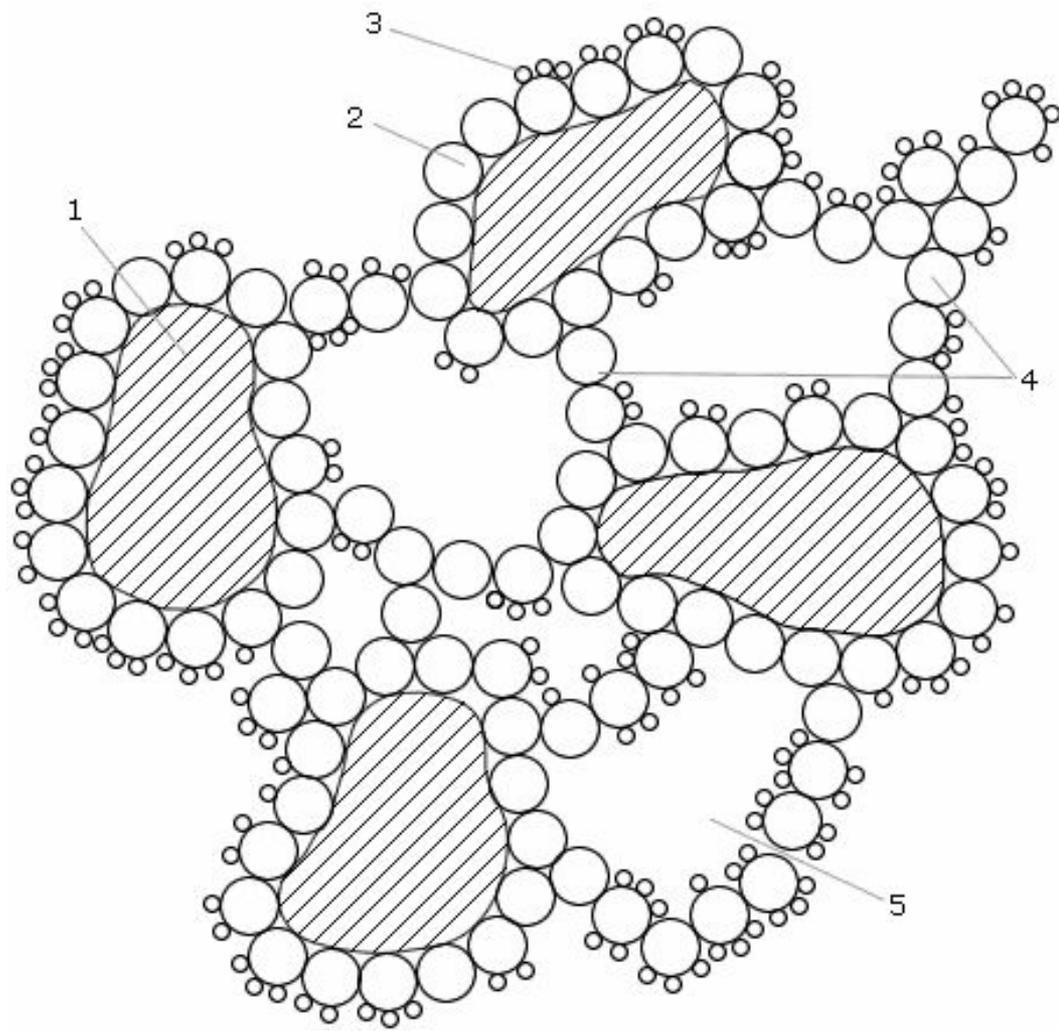
Коллоидные частицы, содержащиеся в воде, находятся в непрерывном и беспорядочном броуновском движении. Каждая коллоидная частица обладает адсорбционной способностью, благодаря чему она адсорбирует из раствора ионы электролитов одного знака, которые распределяются равномерно по ее поверхности, образуя адсорбционный слой. Между ними действуют силы взаимного притяжения и отталкивания. Коллоидная частица вместе с адсорбционным слоем называется гранулой.



Ввиду наличия у гранулы электрического заряда вокруг нее концентрируются ионы с зарядами противоположного знака (противоионы). Противоионы не связаны прочно с гранулой; они сохраняют способность к диффузии в окружающую жидкость, образуя вокруг гранулы диффузный слой, в котором концентрация противоионов уменьшается по мере удаления от гранулы. Гранула вместе с диффузным слоем называется мицеллой.

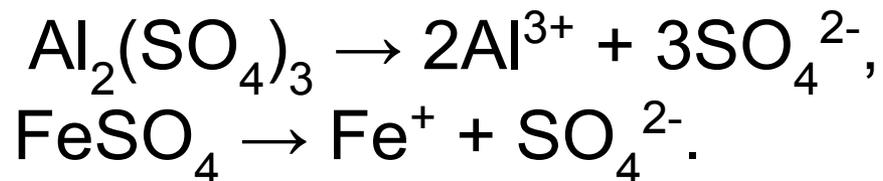
В практике водоподготовки на электростанциях и в коммунальном водоснабжении используют один из вариантов коагуляции, связанный с вводом в природную воду реагентов, называемых *коагулянтами*, образующих новую дисперсную систему со знаком заряда частиц, противоположным отрицательному знаку заряда коллоидов природных вод. При этом происходит взаимная коагуляция разноименно заряженных коллоидов при их взаимодействии дестабилизированными участками поверхности, называемая *гетерокоагуляцией*.

В дальнейшем микрохлопья сцепляются, захватывая грубодисперсные примеси и воду, и образуют коагуляционную структуру в виде хлопьев (флокул) с размером 0.5 - 3 мм. Макрофаза затем выделяется из воды в аппаратах для коагуляции - осветлителях и далее в пористой загрузке осветлительных фильтров. В качестве коагулянтов применяют сульфат алюминия $Al_2(SO)_4 \cdot 18H_2O$ или сульфат двухвалентного железа $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, причем последний реагент используют при совмещении процессов коагуляции и известкования в осветлителях.

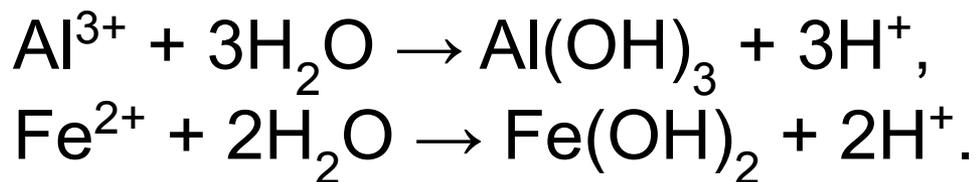


1 – частицы взвеси;
2 – частицы
гидроксида;
3 – органические
вещества;
4 – "клеевые"
мостики;
5 – полости,
заполненные водой

Эти соли в воде диссоциируют:



Катионы слабых оснований Al^{3+} и Fe^{2+} легко подвергаются ступенчатому гидролизу с образованием трудно растворимых гидроксидов:



В щелочной среде ($\text{pH} > 9,0$), создаваемой при известковании, и при наличии растворенного в воде кислорода гидроксид железа (II) окисляется в менее растворимый гидроксид железа (III):



Приведенные реакции гидролиза могут протекать до конца лишь при условии отвода ионов H^+ из сферы реакции. В природной воде связывание ионов H^+ происходит согласно реакции:



При щелочности обрабатываемой воды более 1,2-1,5 мг-экв/дм³ не возникает затруднений в отводе образующихся ионов H^+ , т.к. доза коагулянта (0,3-0,8 мг-экв/дм³) обычно меньше величины $\text{Щ}_{\text{исх}}$. Остаточная величина щелочности в этом случае уменьшается на значение, равное дозе коагулянта.

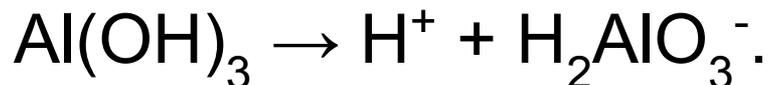
При недостаточной величине гидрокарбонатной щелочности концентрация ионов H^+ может регулироваться введением в воду NaOH или при известковании щелочным $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Процесс коагуляции требует для своего завершения определенного промежутка времени (4 - 5 мин). Хлопья, вначале невидимые, постепенно соединяются в крупные комплексы, вызывая помутнение воды. Затем образуются более крупные рыхлые хлопья, захватывающие грубодисперсные примеси и воду. Режим потока воды влияет на формирование хлопьев. Он может даже разрушать сформировавшиеся хлопья, поэтому скорость воды в зоне формирования и отстаивания хлопьев должна быть не более 1.5 мм/сек. К основным факторам, определяющим течение процесса коагуляции, относятся:

Температурный режим. Подогрев коагулируемой воды до 30 - 40°C и перемешивание ее вызывает более частые и сильные столкновения коагулирующих частиц, приводящие к их слипанию;

Дозировка коагулянта. Она определяется составом и количеством коллоидных примесей и солесодержанием обрабатываемой воды. Оптимальная доза коагулянта устанавливается опытным путем для конкретного источника водоснабжения и времени года. Обычно дозы коагулянта находятся в пределах 0,3 - 0,8 мг-экв/дм³, увеличиваясь в паводковый период до 1,0 - 1,2 мг-экв/дм³.

Значение pH среды. Его значение оказывает влияние на скорость и полноту гидролиза коагулянта, а также на состояние удаляемых из воды примесей. При коагуляции сернокислым алюминием оптимальная величина pH, устанавливаемая также экспериментально, находится в пределах 5,5 - 7,5. При pH < 4,5 гидролиз сернокислого алюминия практически не происходит, гидроксид алюминия не образуется, а введенный в воду коагулянт остается в растворе в виде ионов Al^{3+} и SO_4^{2-} . В щелочной среде гидроксид алюминия растворяется, диссоциируя, как кислота:



Оборудование предочистки с осветлителями и его эксплуатация

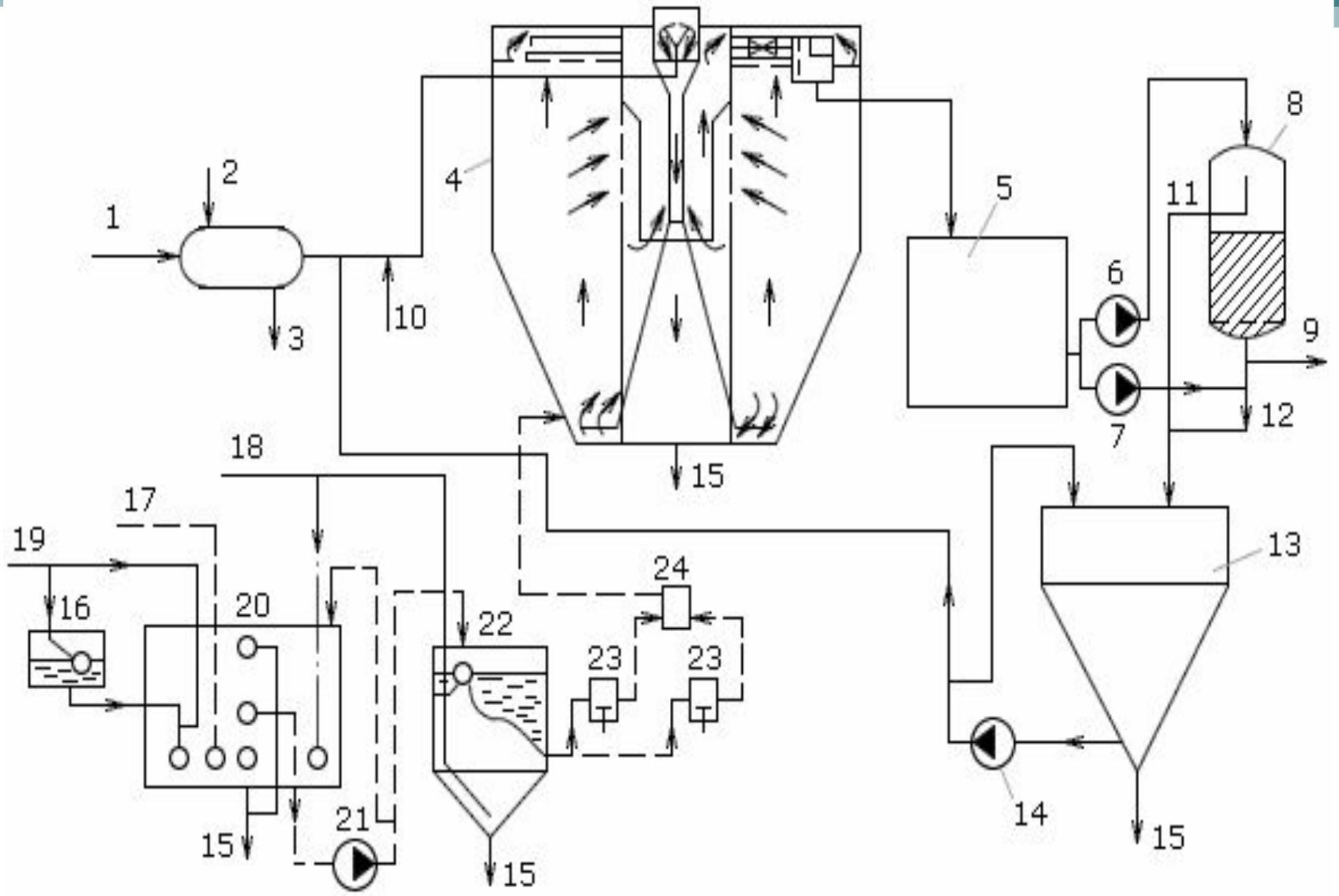


Осветлитель является аппаратом, в котором одновременно протекают химические реакции, связанные с вводом реагентов, а также физические процессы формирования образовавшихся осадков (*шлама*) в объеме воды осветлителя и фильтрования обрабатываемой воды через их слой. Прошедшая через шламовый фильтр вода освобождается от грубодисперсных частиц, содержащихся в исходной воде и сформировавшихся в результате химических реакций в осветлителе. Поэтому их остаточная концентрация обычно находится в пределах 5 - 10 мг/дм³.

При конструировании осветлителя учитывается, что гидравлические процессы в нем включают в себя следующие составляющие:

- поддержание во взвешенном состоянии твердых частиц, образующих контактную среду восходящим потоком воды;
- удаление избытка этих частиц из зоны контактной среды;
- режимы движения воды в контактной среде, а также во входной и выходной частях осветлителя.

Для очистки используются специальные аппараты - осветлители. Схема коагуляционной установки с осветлителем для коагуляции приведена на рис.



1 - исходная вода; 2 - греющий пар; 3 - конденсат; 4 - осветлитель; 5 - бак коагулированной воды; 6 - насос коагулированной воды; 7 - насос взрыхляющей промывки осветлительных фильтров; 8 - осветлительный фильтр; 9 - осветленная вода; 10 - ввод реагента (щелочь) для создания требуемого значения рН; 11 - сброс взрыхляющей воды; 12 - сброс первого фильтрата; 13 - бак сбора вод взрыхления; 14 - 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

В осветлителе происходит смешение воды и реагентов, образование шлама и отделение его от воды, т.е. осветление. Из осветлителя вода поступает в бак коагулированной воды (5), а выделенный осадок - в бак шламовых вод (15), откуда перекачивается на шламоотвал. Из бака (5) насосы подают воду на фильтры, где она окончательно освобождается взвешенных веществ (5 - 10 мг/дм³). Из механических фильтров задержанная взвесь удаляется при очередной промывке обратным потоком воды. Промывочные воды собираются в специальный бак (13) и равномерно в течение суток перекачиваются насосом в осветлитель. Такое мероприятие помимо экономии воды, тепла и реагентов позволяет при маломутных исходных водах интенсифицировать хлопьеобразование вследствие благоприятного влияния взвеси, содержащейся в возвратных промывочных водах.

В настоящее время на различных водоподготовительных установках используются осветлители двух типов: осветлители разработанные ЦНИИ РЖД, для реализации в них процессов коагуляции; осветлители, разработанные ВТИ, в которых осуществляется известкование или известкование с коагуляцией. В конструкциях осветлителей этих двух типов отсутствуют принципиальные различия, но скорости движения воды в различных зонах осветлителя выбраны разными. Это связано с различной плотностью образующихся в осветлителях шламов. Осветлители для известкования типа ВТИ могут быть использованы для проведения в них коагуляции сернокислым алюминием.

Схема осветлителя СКБ ВТИ для известкования

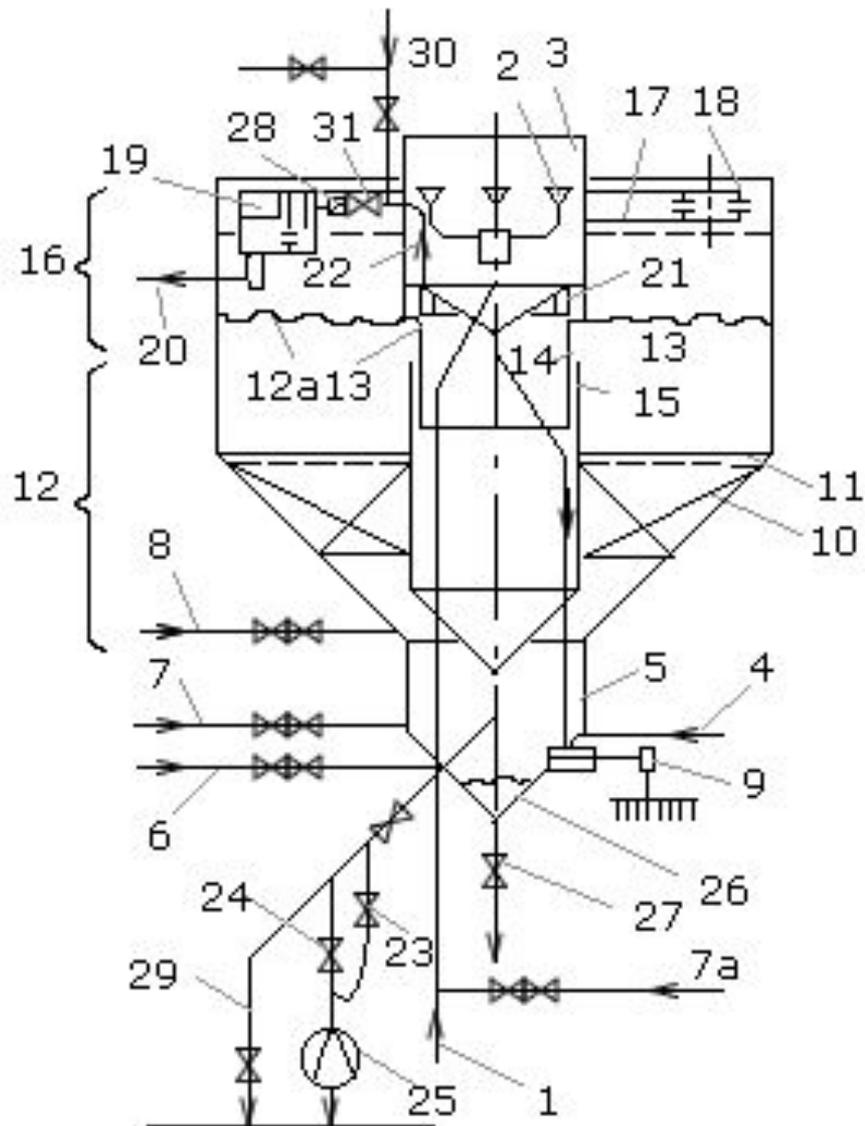


Схема работы осветлителей следующая. Исходная вода 1, подогретая до заданной температуры, подается в воздухоотделительные воронки 2 воздухоотделителя 3, в котором освобождается от пузырьков воздуха. Из воздухоотделителя по опускной трубе через тангенциально направленный ввод с регулирующим устройством 9 исходная вода поступает в нижнюю часть аппарата 5 - смеситель воды и реагентов. При использовании промывочных вод осветлительных фильтров эта вода направляется в смеситель по трубопроводу 4. Известковое молоко 6, раствор коагулянта 7 и ПАА 8 поступают в смеситель по радиально направленным трубопроводам, расположенным на различных уровнях.

Предусмотрен ввод коагулянта 7а в трубопровод исходной воды. Комплекс химических реакций завершается в зоне смешения, при выходе из которой начинается выделение продуктов взаимодействия в форме хлопьев, которые увеличиваются в объеме и задерживаются при восходящем движении воды. Приданное воде тангенциальным вводом вращательное движение гасится вертикальными перегородками 10 и горизонтальной перегородкой 11, имеющими отверстия диаметром 100 - 150 мм.

Верхняя граница взвешенного шлама, образующего в осветлителе контактную среду 12, находится на уровне шламоприемных окон 13 шламоуплотнителя 15. Избыток шлама непрерывно удаляется, для чего часть общего расхода воды отводится из контактной зоны в шламоуплотнитель ("отсечка").

После взвешенного шламового слоя вода проходит через зону осветления 16, верхнюю распределительную решетку 17 и сливается через отверстия в желоб 18. Далее она поступает в распределительное устройство 19, смешивается с осветленной водой, поступающей из шламоуплотнителя, и по трубопроводу 20 отводится в бак известкованной воды.

Шлам, поступивший с отсечкой, оседает в нижней части шламоуплотнителя и по трубопроводам 23 (непрерывная продувка) и 24 (периодическая продувка) удаляется из него через измерительную шайбу 25. Для опорожнения и заполнения шламоуплотнителя предусмотрен трубопровод 29. Осветленная в шламоуплотнителе вода собирается перфорированным коллектором 21 и отводится по трубопроводу 22 в распределительное устройство 19.

На отводящей трубе имеется дроссельная заслонка 28, обычно управляемая дистанционно, которая регулирует расход воды, поступающей через шламоуплотнитель. На этом же трубопроводе установлена задвижка 31, которая открыта при работе осветлителя и закрывается при промывке коллектора шламоуплотнителя водой, подаваемой по трубопроводу 30. По этому же трубопроводу подается вода для обмывки желоба 18 и решетки 17.

Для сбора крупного оседающего шлама и песка, поступающего с исходной водой, служит грязевик 26, из которого грубые частицы периодически удаляются по трубопроводу 27, он же используется для опорожнения осветлителя.

Основные параметры, характеризующие работу осветлителя в конкретных условиях (производительность, характеристики шлама, величина непрерывной продувки и частота периодических продувок шламоуплотнителя и грязевика, качество обработанной воды) уточняются при наладке осветлителей.

Суммарная производительность осветлителей, баков и насосов осветленной воды должна выбираться с запасом 10% расчетной производительности ВПУ. Работа осветлителей типа ВТИ для известкования в дополнение к требованию стабилизации температуры обрабатываемой воды в пределах $+1^{\circ}\text{C}$ предусматривает выполнение следующих условий:

- ограничение содержания взвешенных веществ в исходной воде в паводок до 800 мг/дм^3 , в остальное время года до 200 мг/дм^3 при общем количестве образующегося осадка до 1500 мг/дм^3 ;

- поддержание массового отношения a_M , представляющего собой содержание в шламе соединений магния в пересчете на $Mg(OH)_2$ к содержанию соединений кальция в пересчете на $CaCO_3$, в пределах 8 - 15% массовое количество в шламе $Mg(OH)_2$.