

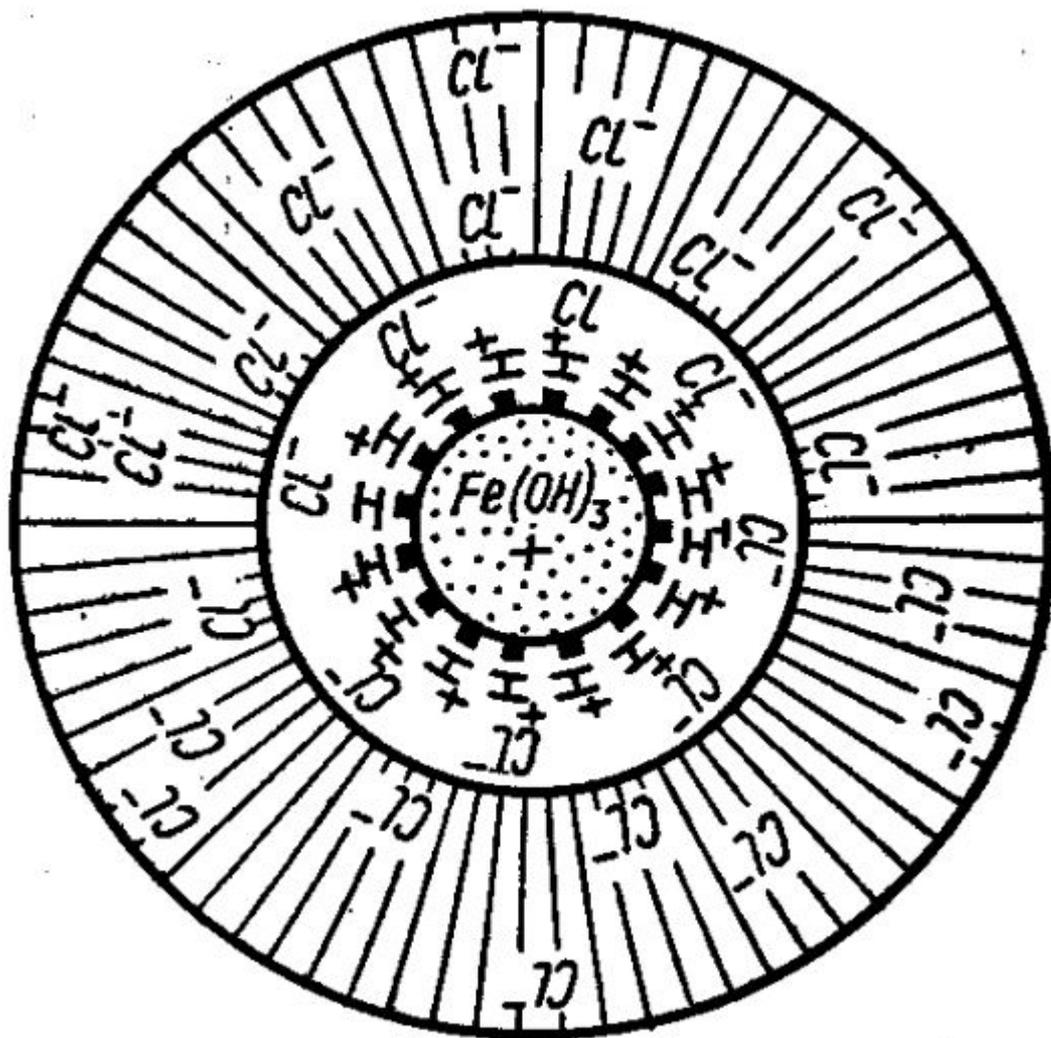


Коагулирование примесей
воды.
Реагентное хозяйство

- Одним из наиболее широко применяемых на практике приемов снижения содержания взвешенных и коллоидных примесей является их седиментация (осаждение) под действием сил тяжести.
- Однако, примеси, обуславливающие мутность и цветность природных вод, отличаются малыми размерами, вследствие чего их осаждение происходит крайне медленно, так как силы диффузии преобладают над силами тяжести.
- Кроме того, наличие примесей коллоидного характера еще более осложняют процесс седиментации.
- Для ускорения процессов осаждения, фильтрования, флотации и повышения их эффективности прибегают к коагулированию примесей воды.

- ***Коагуляцией*** примесей воды называют процесс агломерации мельчайших коллоидных и диспергированных частиц, происходящий вследствие их взаимного слипания под действие сил молекулярного притяжения.
- Коагуляция завершается образованием видимых невооруженным взглядом агрегатов – хлопьев и отделением их от жидкой среды.
- Различают 2 типа коагуляции: коагуляция в свободном объеме (происходит в КХ) и контактная коагуляция (в толще зернистой загрузки или в массе взвешенного осадка).

Схема мицеллы золя гидроксида железа (III) с положительно заряженной частицей



- Процесс обесцвечивания воды согласно современным представлениям протекает следующим образом. При добавлении к очищаемой воде раствора сульфата алюминия или хлорного железа в течении первых 30-180 секунд происходит гидролиз введенных солей и формирование коллоидных гидроксидов алюминия или железа, имеющих огромные активные поверхности. Коллоидные примеси, содержащиеся в воде, адсорбируются на поверхности цепочек гидроксидов. При этом различают 2 процесса: собственно адсорбцию и фиксацию (закрепление) адсорбированных коллоидов на поверхности. В основе процесса адсорбции лежат силы межмолекулярного взаимодействия. Коагуляции в объемах подвергаются не коллоидные примеси воды, а образующиеся при гидролизе коагулянтов гидроксиды. Очистка воды происходит не в результате взаимной коагуляции примесей, а вследствие их адсорбции на поверхности гидроксидов.

Видеофрагмент

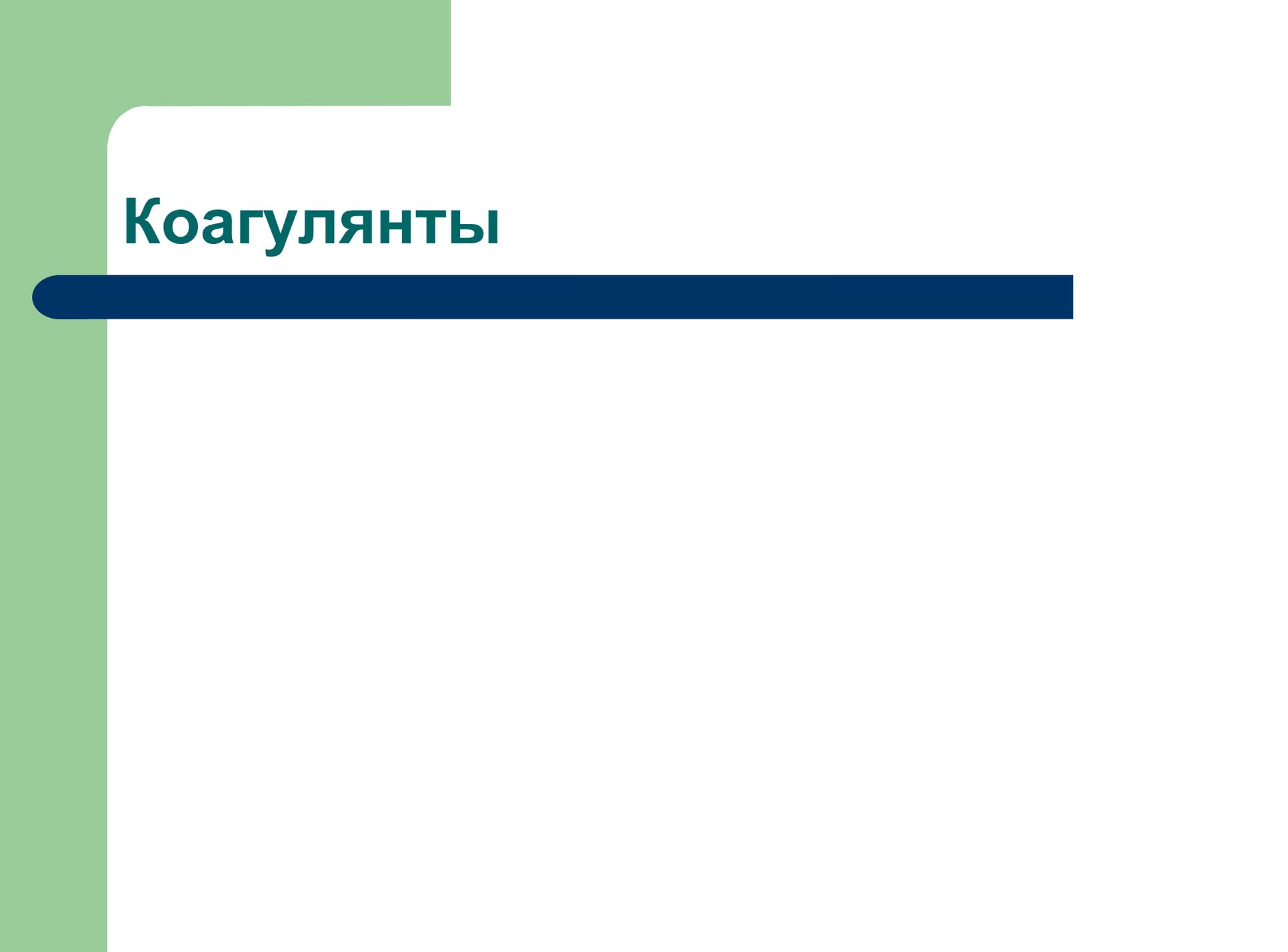
- Природа осветления воды определяется свойствами взвеси: при наличии крупных примесей вода осветляется благодаря их оседанию под действием силы тяжести. Когда в воде присутствуют тонкодисперсные частицы, ее осветление определяется их обменной емкостью. Если эта емкость превышает 250 мг-экв/л, вода осветляется без добавления коагулянта, так как частицы агломерируются в результате сжатия двойного электрического слоя за счет обмена одновалентных ионов диффузной атмосферы на двух- и трехвалентные. Однако природные воды обычно содержат примеси со значительно меньшей обменной емкостью, поэтому эффективное хлопьеобразование наступает лишь при введении коагулянта, образующего гидроксид, к хлопьям которого прилипают частицы взвеси или сам он адсорбируется на поверхности взвешенных частиц. Большое значение имеет также ортокинетическая коагуляция (захватывание взвести сеткой оседающих хлопьев гидроксида).

- ***Контактная коагуляция*** – технологический процесс осветления и обесцвечивания воды, заключающийся в адсорбции ее примесей с нарушенной агрегативной устойчивостью на поверхности частиц контактной массы. В основе процесса лежат ван-дер-ваальсовы силы межмолекулярного притяжения. Однако они проявляются только при условии движения жидкости, когда мелкие частицы примесей воды сближаются с зернами фильтрующей загрузки, преодолев при этом электростатические силы отталкивания.

КОАГУЛЯНТЫ И ФЛОКУЛЯНТЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ВОДОПОДГОТОВКЕ



Коагулянты



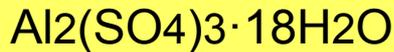
Коагулянты

Алюмосодержащие

**Оксихлорид
алюминия**



**Сульфат
алюминия**



Неочищенный

Очищенный

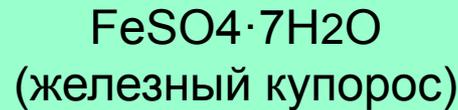
Железосодержащие

Хлорное железо



Сернокислые

**Сульфат закиси
железа**



**Сульфат железа
окисный**



Смешанные

Алюмосодержащие коагулянты:

- ***Сульфат алюминия $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$***
– неочищенный технический продукт, представляющий собой куски серовато-зеленоватого цвета, получаемые путем обработки бокситов, нефелинов или глин серной кислотой. Он должен иметь не менее 9 % Al_2O_3 , что соответствует содержанию порядка 30 % чистого сульфата алюминия. В нем также содержится около 30 % нерастворимых примесей и до 35 % воды.

Алюмосодержащие коагулянты:

- **Очищенный сульфат алюминия** получают в виде плит серовато-перламутрового цвета из неочищенного продукта или из глинозема растворением в серной кислоте. Он должен иметь не менее 13,5 % Al_2O_3 , что соответствует содержанию порядка 45 % чистого сульфата алюминия.

Алюмосодержащие коагулянты:

Недостатки:

- повышенная чувствительность к рН;
- повышенная чувствительность к температуре обрабатываемой воды.

гидроксид алюминия



При температуре воды
ниже 4°C

замедляются
процессы
коагулирования и
осаждения хлопьев



быстро
засоряются
фильтры



осадок гидроксида
алюминия отлагается в
трубах, остаточный
алюминий попадает в
фильтрат, хлопья
гидроксида образуются в
воде после подачи
потребителям

Алюмосодержащие коагулянты:

- ***Оксихлорид алюминия*** $\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ представляет собой зеленоватые кристаллы, получаемые растворением свежееосажденного гидроксида алюминия в 0.5-1 % -ном растворе соляной кислоты. Реагент содержит 40-44 % Al_2O_3 и 20-21% NaCl . Выпускается в виде 35 %-ного раствора.

Преимущества ПОХА (ОХА) перед сернокислым алюминием:

- Меньшая токсичность;
- Более низкая коррозионная активность растворов. Для растворов коагулянтов с содержанием Al_2O_3 от 2 до 8% скорость коррозии стали марки Ст3 при температуре $20^{\circ}C$ составила: для ПОХА 0,5 – 0,8 мм/год; для сульфата алюминия 1,2 -1,6 мм/год. Повышенная коррозионная активность сульфата алюминия связана с наличием в нем свободной серной кислоты до 0,1% и соответственно более низким значением pH его растворов;
- Коррозионная активность обрабатываемой воды практически не повышается, что позволяет исключить ее стабилизационную обработку. Улучшаются условия эксплуатации трубопроводов за счет снижения коррозии и исключения отложения взвеси в них.

Железосодержащие коагулянты:

Хлорное железо $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ представляет собой темные с металлическим блеском кристаллы, очень гигроскопичные, поэтому транспортируют его в железных герметичных бочках.

Получают безводное хлорное железо хлорированием стальной стружки при температуре $700\text{ }^\circ\text{C}$, а также как побочный продукт при производстве хлоридов металлов горячим хлорированием руд. Содержит в товарном продукте не менее 98% FeCl_3 .

Железосодержащие коагулянты:

- ***Сульфат закиси железа* $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$** (железный купорос) представляет собой прозрачные зеленовато-голубые кристаллы, легко буреющие на воздухе в результате окисления железа (II).
Поставляют в деревянных бочках или барабанах массой до 120 кг или ящиках до 80 кг. По согласованию с потребителем допускается отгрузка в крытых железнодорожных вагонах.

Железосодержащие коагулянты:

- ***Сульфат железа окисный***
 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ обычно готовят растворением оксида железа в серной кислоте. Продукт кристаллический, очень гигроскопичный, хорошо растворяется в воде.

Преимущества солей железа (III), применяемых в качестве коагулянтов:

- улучшается коагуляция при низких температурах воды;
- на процесс мало влияет pH;
- ускоряется осаждение скоагулированных частиц и уменьшается время отстаивания (плотность хлопьев гидроксида железа (III) больше, чем гидроксида алюминия).

Недостатки солей железа (III), применяемых в качестве коагулянтов:

- необходимость тщательной дозировки, поскольку нарушение ее приводит к проскакиванию железа в очищенной воде;
- хлопья гидроксида железа (III) осаждаются неравномерно, в связи с чем в воде остается большое количество мелких хлопьев, поступающих на фильтры.

Эти недостатки устраняются при добавлении сульфата алюминия.

- ***Смешанный алюможелезный коагулянт*** готовят из растворов сульфата алюминия и хлорида железа в отношении 1:1. Вода, очищенная смешанным коагулянтом, как правило, не дает отложений даже при низкой температуре, поскольку образование и осаждение хлопьев заканчивается в основном до фильтров; хлопья осаждаются равномерно, и в отстойниках достигается более полное осветление воды. Применение смешанного коагулянта позволяет уменьшить расход реагентов.

Основные тенденции использования коагулянтов в России:

- Переход от сернокислого алюминия к ОХА (ПОХА);
- Максимальная приближенность производителей реагентов к конечным потребителям. Как следствие, уменьшение единичных мощностей производств и выпуск коагулянтов в жидком виде;
- Использование смешанных реагентов, позволяющих для конкретных условий водоисточника подбирать оптимальный реагент.

Флокулянты

- *Флокулянтами* называются вещества, интенсифицирующие процесс хлопьеобразования гидроксидов железа (III) или алюминия. Они принадлежат к классу линейных полимеров, для которых характерна цепочечная форма макромолекул.

Флокулянты

Органические

Природные

Крахмал

Водорослевая
крупка

Белковые
гидролизные
дрожжи

Картофельная
мезга

Синтетические

Анионные

ПАА

Серия **АК 631**

ПРАЕСТОЛ(а)

Катионные

ВПК

Серия **АК 636**

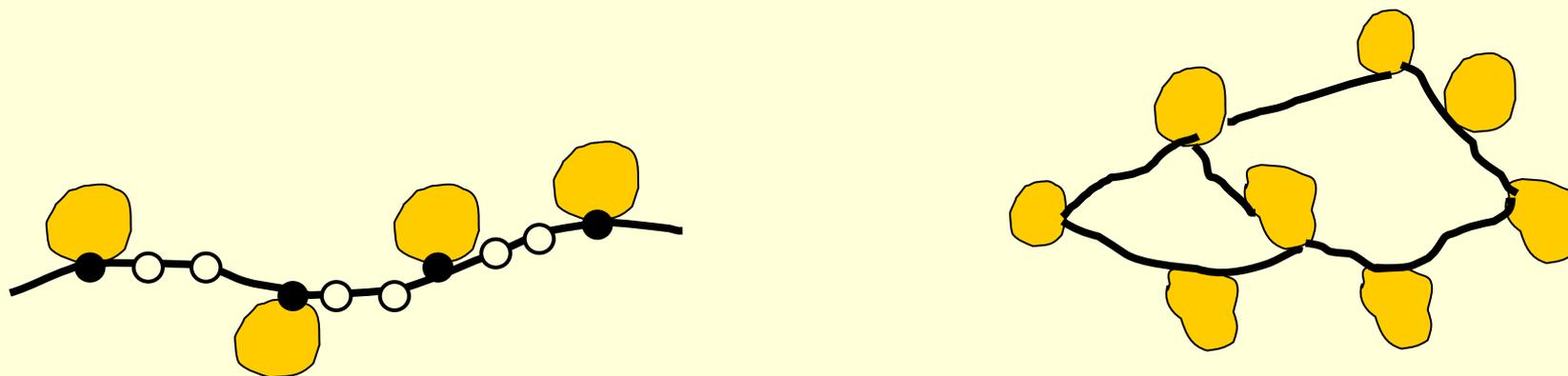
ПРАЕСТОЛ(к)

Серия **ВА**

Неорганические

Активная
кремневая кислота
(АК)

Процесс флокуляции взвешенных частиц полиакриламидом (ПАА)



Частица суспензии



Адсорбирующая группа



Молекула флокулянта