

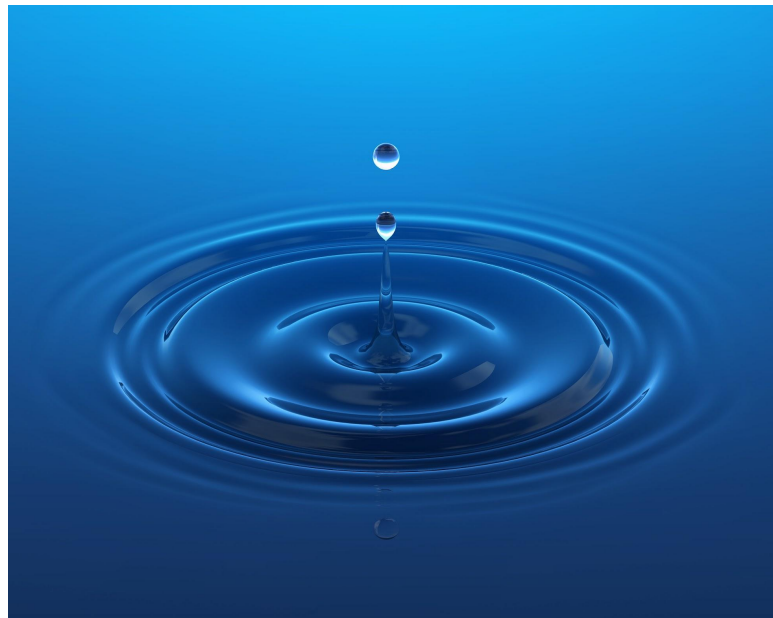
# Водоподготовка



Водоподготовка для котельных  
установок

# Вода для котлов

- Вода, применяемая в котлах, в зависимости от конкретного технологического участка, имеет различные названия, которые закрепляются в соответствующих нормативных документах.
- **Сырая вода** – ее получают из источника водоснабжения, то есть это жидкость без предварительной обработки.
- **Питательная вода** – жидкость, которая находится на входе в котел, отвечает заданным химическим, температурным и прочим требованиям.
- **Добавочная вода** – нужна для компенсации потерь, которые возникают в результате продувки котла, а также утечки пара, воды в тракте пароконденсатора.
- **Подпиточная вода** – компенсирует потери, возникающие в результате утечек в теплосетях, теплопотребляющих установках.
- **Котловая вода** – это та жидкость, которая циркулирует непосредственно внутри котла.
- **Прямая сетевая** – вода напорного трубопровода.
- **Обратная сетевая** – жидкость, находящаяся в теплосети на пути следования от потребителя и до сетевого насоса.



# Примеси в воде

- Вода является одновременно универсальным растворителем и дешёвым теплоносителем, тем не менее она же может стать причиной поломки парового или водогрейного котла. В первую очередь, риски связаны с наличием в воде различных примесей.
- **Можно выделить три основные группы посторонних примесей в воде:**
  - нерастворимые механические
  - коррозионноактивные
  - растворённые осадкообразующие



# Роль ХВО в водоподготовке КОТЕЛЬНОЙ

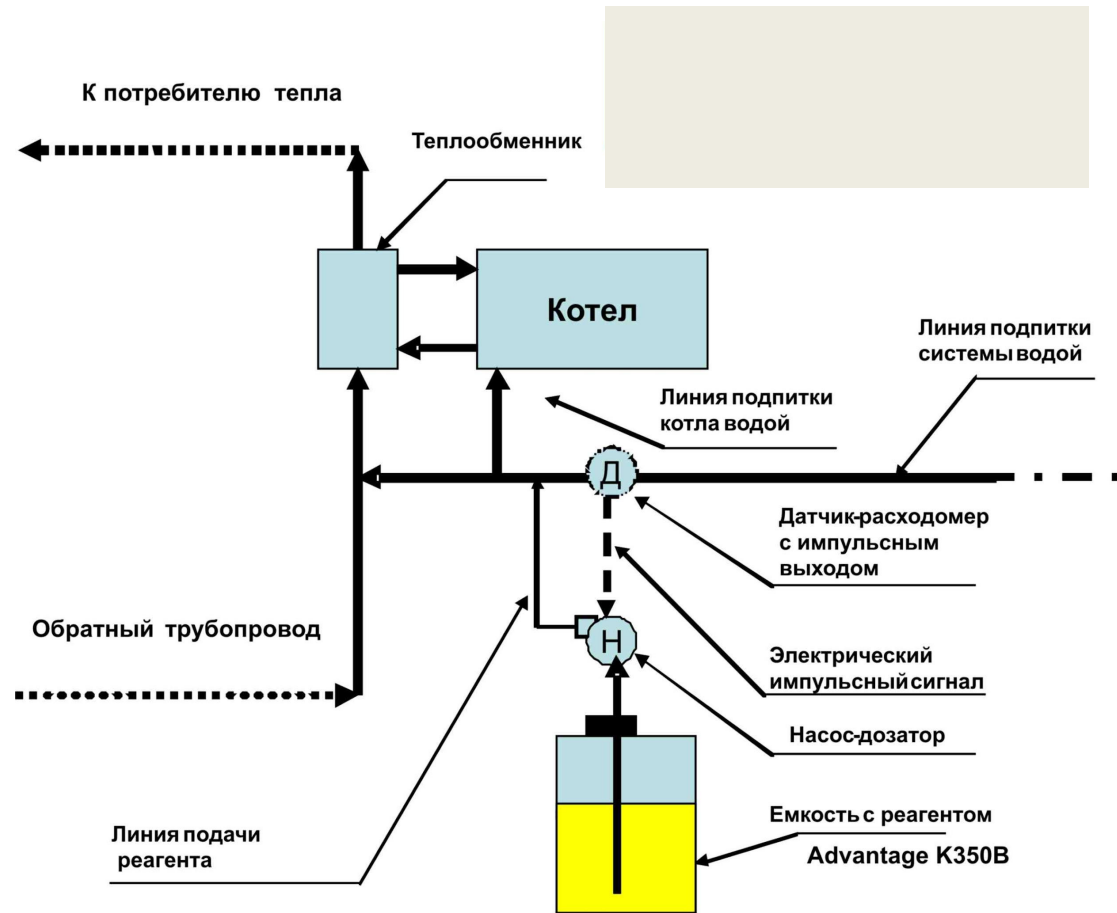
•Химическая водоочистка (ХВО) современными методами и технологиями обеспечивает долгую и успешную жизнь котельному оборудованию, выгодное использование средств, исключение постоянного технического контроля и сервиса, так как предотвращает поломки, связанные с качеством питающей воды. Основной задачей систем водоподготовки для котельных является предотвращение образования накипи и последующего развития коррозии на внутренней поверхности котлов, трубопроводов и теплообменников. Такие отложения могут стать причиной потери мощности, а развитие коррозии может привести к полной остановке работы котельной из-за закупоривания внутренней части оборудования.





# Роль ХВО в водоподготовке КОТЕЛЬНЫХ

- **Химводоочистка (ХВО)** призвана обеспечить бесперебойную работу котельного оборудования, предотвратить накипеобразование на внутренних поверхностях котлов, коррозию и образование шлама в трубопроводах тепловых сетей.
- **Назначение ХВО** для котельных заключается как раз в умягчении теплоносителя (воды) до норм РД 24.032.01-91 путём удаления или снижения карбонатной жёсткости, чтобы обеспечить оптимальный рабочий режим дорогостоящего котельного оборудования и продлить его безаварийную эксплуатацию.



# Примеси в воде

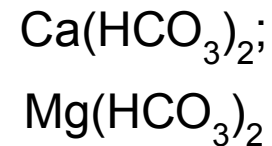
- Любой тип примесей может стать причиной выхода из строя оборудования тепловой установки, а также снижения эффективности и стабильности работы котла. Применение в тепловых системах воды, не прошедшей предварительную механическую фильтрацию, приводит к более грубым поломкам – выводу из строя циркуляционных насосов, повреждению трубопроводов, уменьшению сечения, регулирующей и запорной арматуры.
- Обычно в качестве механических примесей выступают глина и песок, присутствующие практически в любой воде, а также продукты коррозии теплопередающих поверхностей, трубопроводов и других металлических частей системы, находящихся в постоянном контакте с агрессивной водой.
- **Растворённые в воде примеси являются причиной серьёзных неполадок в работе энергетического оборудования:**
  - образование накипных отложений;
  - коррозия котловой системы;
  - вспенивание котловой воды и выносом солей с паром.



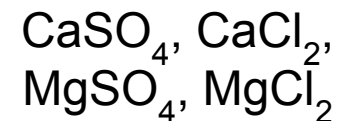
# Жесткость воды

- **Жёсткость может быть:**
- временной (карбонатная жёсткость), обусловлена гидрокарбонатами кальция и магния  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ;  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ , которая откладывается в форме накипи на нагревательных элементах котлов и прочего оборудования
- постоянной (некарбонатная) вызванная присутствием других солей, не выделяющихся при кипячении воды: в основном, сульфатов и хлоридов Ca и Mg ( $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{MgCl}_2$ ).

Временная жесткость

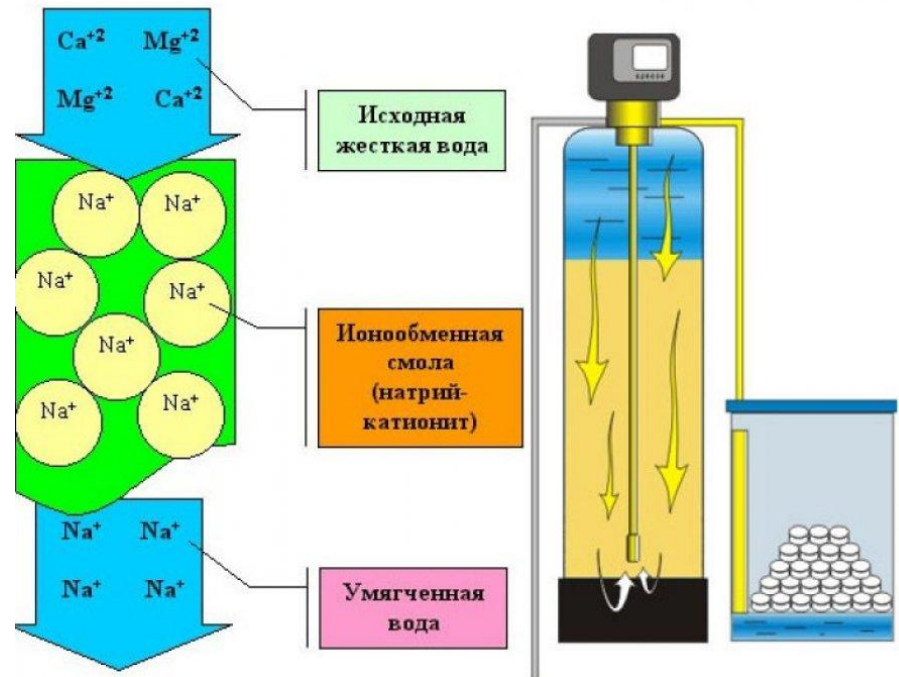


Постоянная жесткость



# Жесткость воды

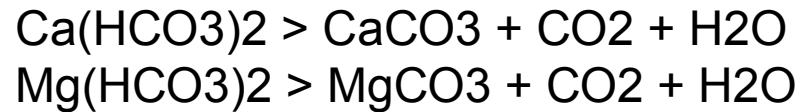
- По жёсткости воды различают:
- очень жёсткая вода – свыше 12 мг-экв/л
- жёсткая вода – 8-12 мг-экв/л
- средней жёсткости – 4-8 мг-экв/л
- мягкая вода – 0-4 мг-экв/л





# Образование накипи

- Физико-химические процессы, происходящие при образовании накипи, можно разделить на две стадии.



- К первой следует отнести процессы, приводящие к возникновению первичных зародышей микрокристаллов твердой фазы
- Ко второй - процессы роста этих зародышей, заканчивающиеся образованием плотных отложений.

Высокое содержание кремниевой кислоты в котельной воде в сочетании со значительными местными тепловыми нагрузками поверхности нагрева или ухудшенной циркуляцией вызывает образование алюмосиликатных и железистых накипей. Они имеют состав типа:

- натролита ( $\text{NaO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )
- анальцима ( $\text{NaO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )
- нозелита ( $4\text{NaO}_2 \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot \text{SO}_3$ )
- анилита ( $\text{NaO}_2 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$ ).

# Накипь

## Первичная

*Вызвана снижением растворимости карбонатов и др. примесей*

## Вторичная

*Грубодисперсные примеси, оседающие на неоднородной поверхности слоя первичной накипи*

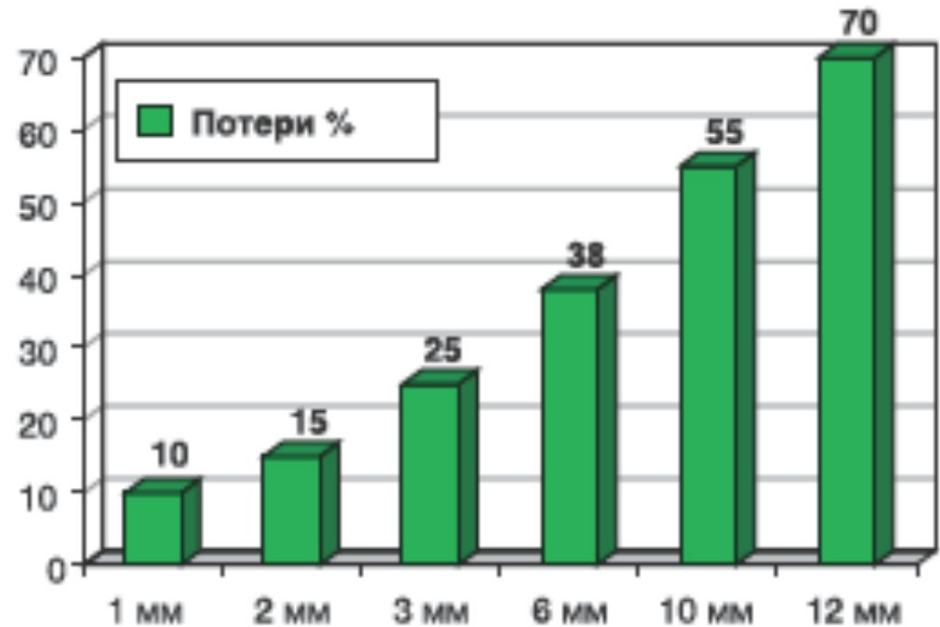
### Виды накипи:

- Карбонатная
- Сульфатная
- Силикатная
- Железоокисная и железofосфатная
- Медная

Растворённые примеси  
+  
нагрев

# Влияние отложений (накипи) на эффективность работы котла

Карбонатные отложения, вызванные осадочным образованием жесткой воды (накипеобразование). Процесс накипеобразования, протекающий даже в низкотемпературном теплообменном оборудовании, далеко не единственный. Так, при повышении температуры воды свыше 130°C происходит снижение растворимости сульфата кальция, а также образуется особо плотная накипь гипса.



Образовавшиеся **отложения накипи приводят** к увеличению теплопотерь и снижению теплоотдачи теплообменных поверхностей, что провоцирует нагрев стенок котла, и, как следствие, уменьшение срока его

# Накипь

- Ухудшение процесса теплообмена приводит к увеличению расходов энергоносителей и увеличению затрат на эксплуатацию. Осадочные слои на нагревательных поверхностях даже незначительной толщины (0,1–0,2 мм) приводят к перегреву металла и появлению свищей, отдулин и в некоторых случаях даже разрыву труб.
- Образование накипи свидетельствует об использовании воды низкого качества в котловой системе. В этом случае велика вероятность развития коррозии металлических поверхностей, накопления продуктов окисления металлов и накипных отложений.



# Коррозия

**Общая**

*Все поверхности  
разрушаются  
одновременно*

**Местная**

*Коррозия пятнами,  
язвенная, точечная,  
межкристаллическая*





# В котловых системах проходят два типа коррозионных процессов

- химическая коррозия;
- электрохимическая коррозия (образование большого количества микрогальванических пар на металлических поверхностях).
- Электрохимическая коррозия часто появляется из-за неполного удаления из воды таких примесей, как марганец и железо. В большинстве случаев коррозия образуется в неплотностях металлических швов и развальцованных концов теплообменных труб, в результате чего образуются кольцевые трещины.
- Основными стимуляторами образования коррозии являются растворённый углекислый газ и кислород.



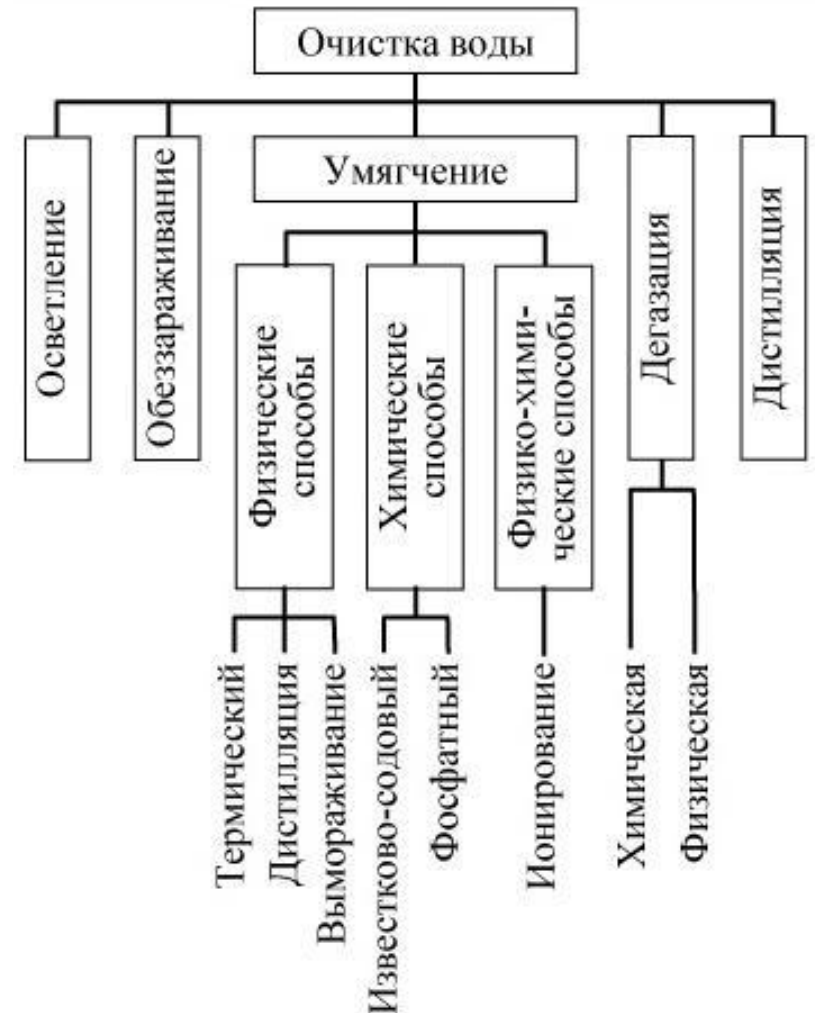
# Коррозия

- Стоит уделить особое внимание поведению газов в котловых системах. Повышение температуры приводит к снижению растворимости газов в воде – происходит их десорбция из котловой воды. Этот процесс обуславливает высокую коррозионную активность диоксида углерода и кислорода.
- При нагреве и испарении воды гидрокарбонаты начинают разлагаться на диоксид углерода и карбонаты, уносимые вместе с паром, вследствие чего обеспечивается низкий рН и высокие показатели коррозионной активности конденсата. Выбирая схемы внутрикотловой обработки и химводоочистки, следует учитывать способы нейтрализации диоксида углерода и кислорода.
- Еще один вид химической коррозии – хлоридная коррозия. Хлориды благодаря своей высокой растворимости присутствуют практически во всех доступных источниках водоснабжения. Хлориды вызывают разрушение пассивирующей плёнки на поверхности металла, чем провоцируют образование вторичных коррозионных процессов. Максимально допустимая концентрация хлоридов в воде котловых систем составляет 150–200 мг/л.



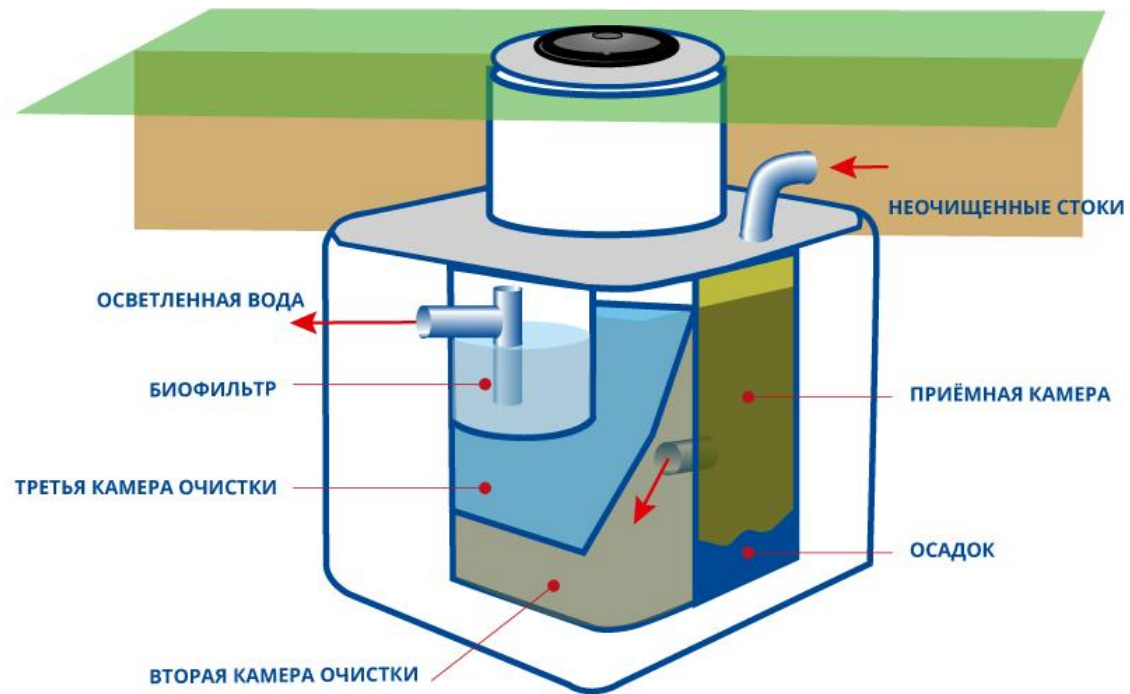
# Методы водоподготовки

- Принципиально в водоподготовке для любых целей выделяют следующие группы методов очистки воды:
- механические;
- физические;
- химические;
- физико-химические.
- К самым методам относят следующие:
- осветление;
- обеззараживание;
- умягчение;
- дегазация;
- дистилляция.



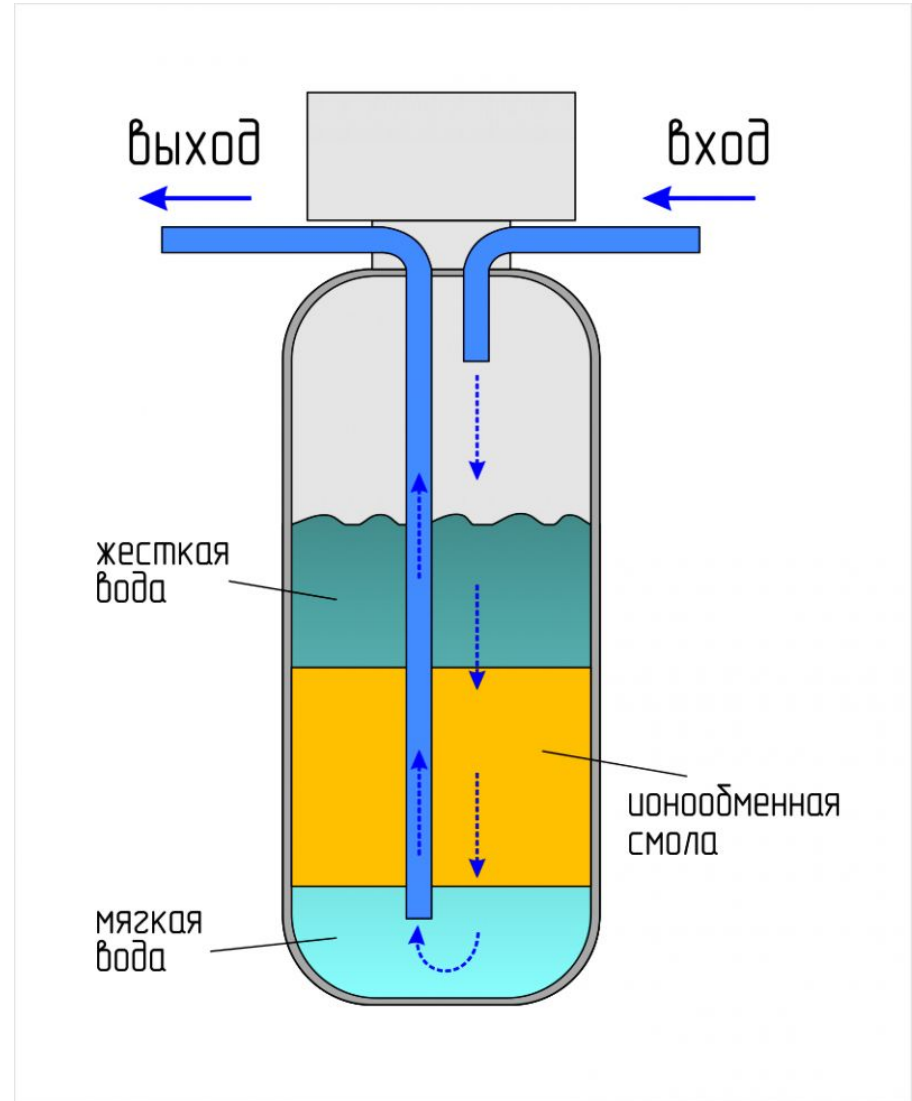
# Осветление воды

- Осветление воды осуществляется путем отделения от воды лишних примесей - взвесей. Как правило, провоцируют образование осадка за счет добавления реагента.
- Осветление относится как к механическим, так и к реагентным способам водоподготовки.
- Вода отстаивается в специальных емкостях. Затем проходит через фильтры для следующего этапа очистки. Осадок остается частично в емкости, частично на сетке фильтра.



# Умягчение воды

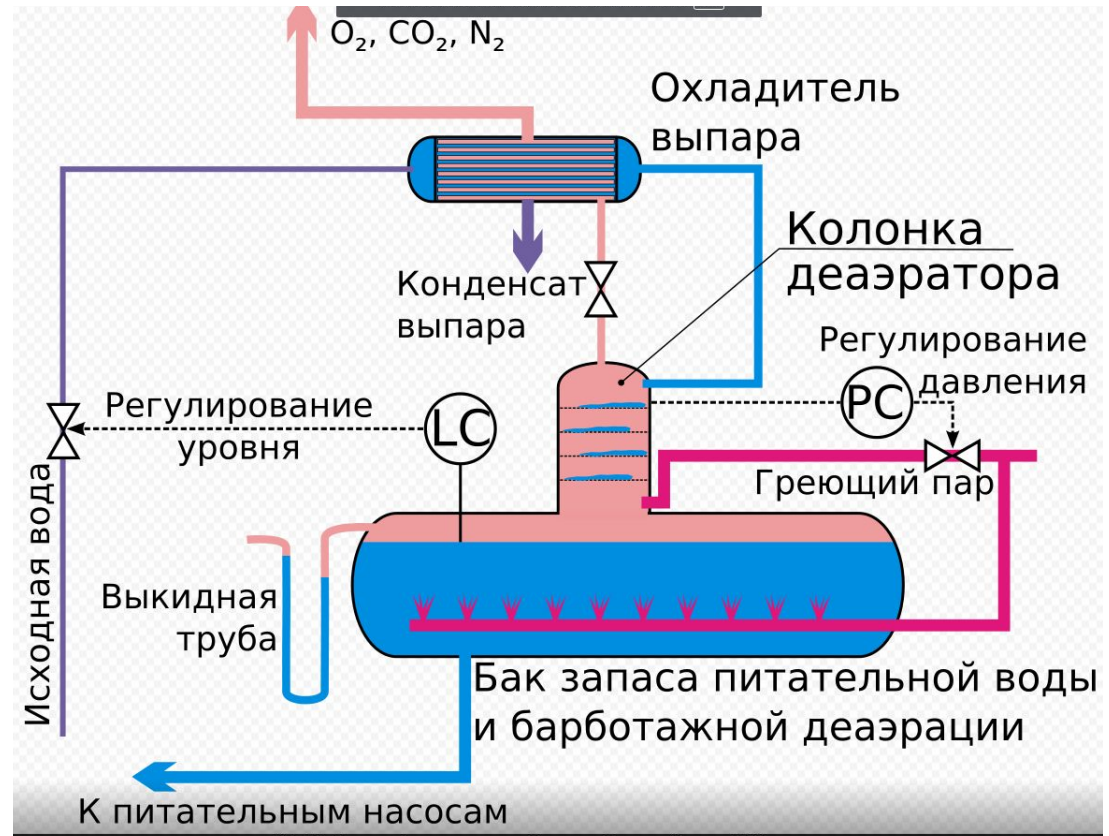
- При известковании в воде снижается гидрокарбонатная щелочность. Этот процесс также способствует умягчению, обезжелезиванию, снижает концентрацию грубодисперсных примесей и кремниевой кислоты.
- Для известкования применяют суспензию на основе гашеной извести  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , так называемое “известковое молоко”. В дополнение к этому каустический магнезит повышает эффективность удаления кремниевой кислоты.
- Умягчение воды происходит несколькими реакциями:
- устранение временной жесткости путем обработки гашеной известью;
- устранение постоянной жесткости путем обработки кальцинированной содой;
- осаждение катионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  путем обработки тринатрийфосфатом.





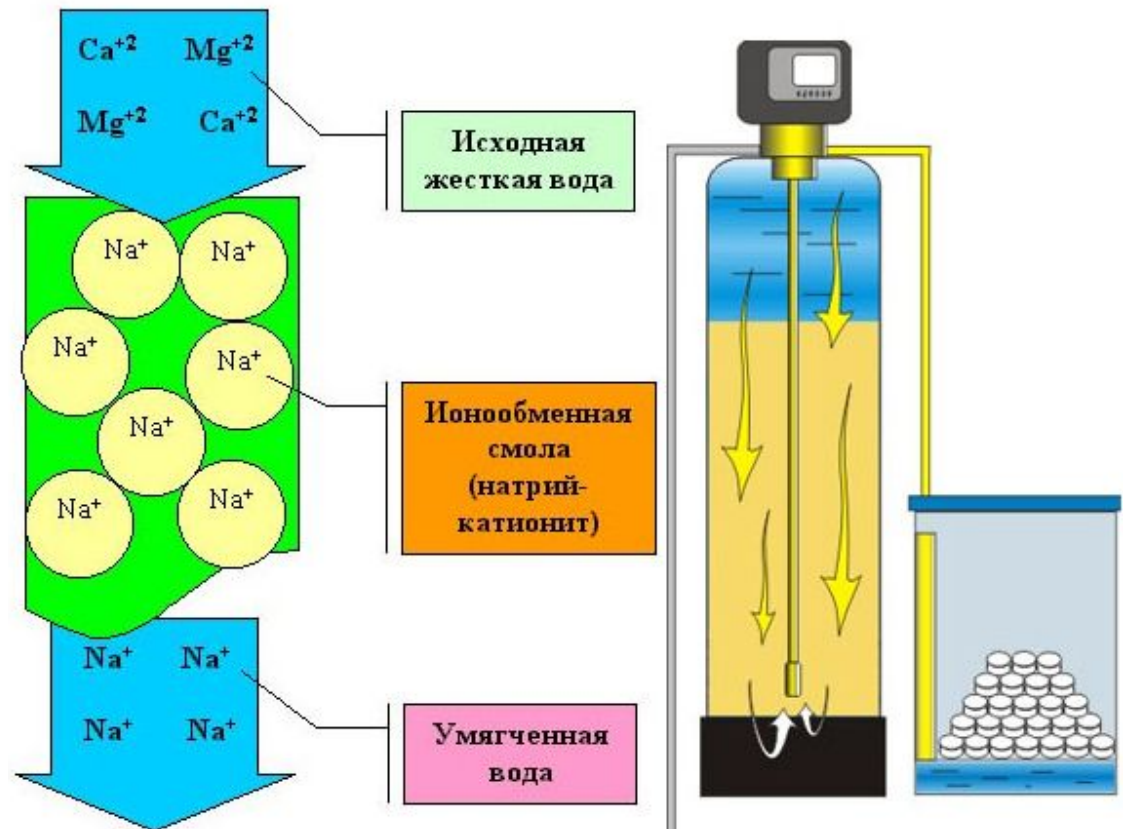
# Дегазация (деаэрация) воды

- Дегазация, или удаление из воды нерастворенных газов является одним из неотъемлемых этапов водоподготовки.
- Дегазация проводится на специальном оборудовании - деаэраторах. Применяется процесс термической деаэрации.
- Суть его заключается в следующем: вода контактирует с паром. При этом из воды удаляется газ. Он попадает в пар, где его парциальное давление близко к нулю.
- Деаэраторы, в которых осуществляется дегазации воды, бывают разных видов: пленочные, струйные, барботажные.



# Этапы умягчения воды

- Первичный этап умягчения и дальнейшего процесса водоподготовки в котлах, производится с применением обычного набора методов физической обработки, с помощью средств механической фильтрации.
- Второй этап процесса водоподготовки заключается в удалении из воды растворенных солей

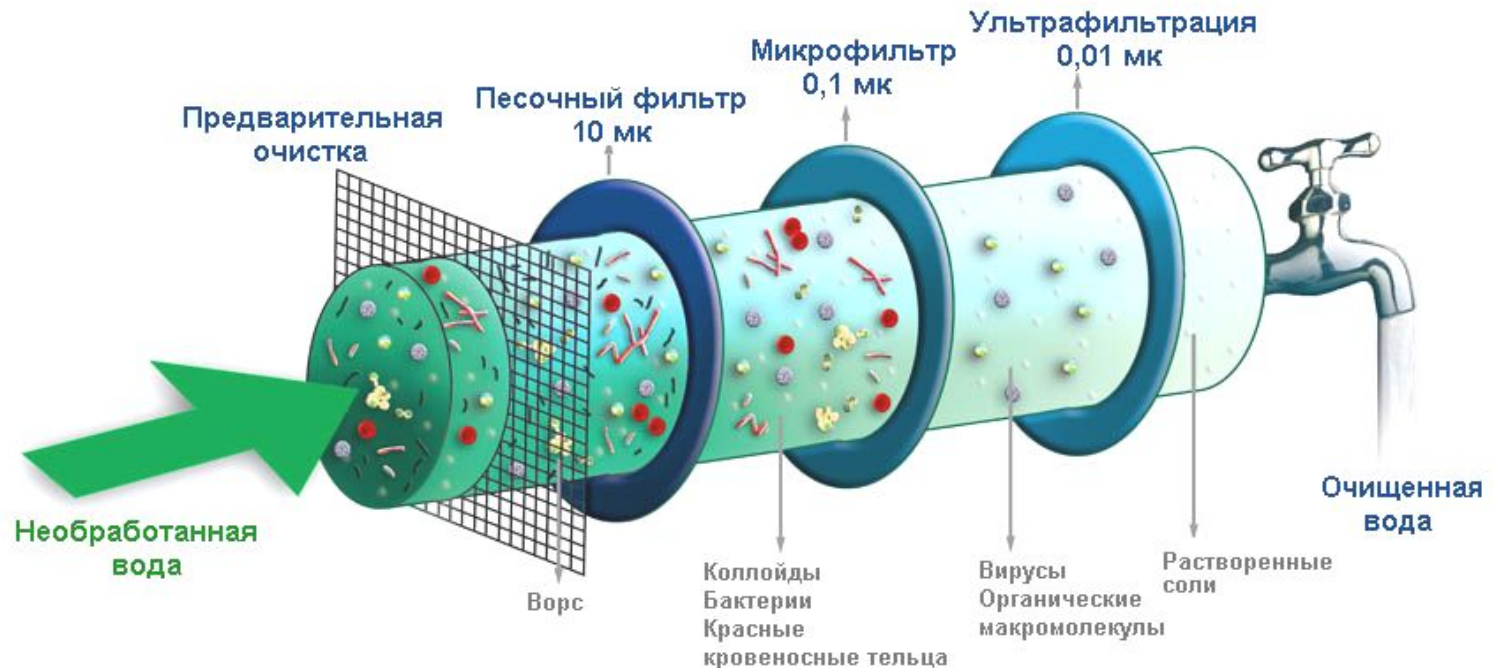


# Способы водоподготовки котельных

- На сегодняшний день используются разные способы водоподготовки котельных станций, каждый из которых имеет свои особенности и преимущества. Основные способы:
- Осаждение.
- Обратный осмос.
- Безреагентная водоподготовка.
- Ионобмен.

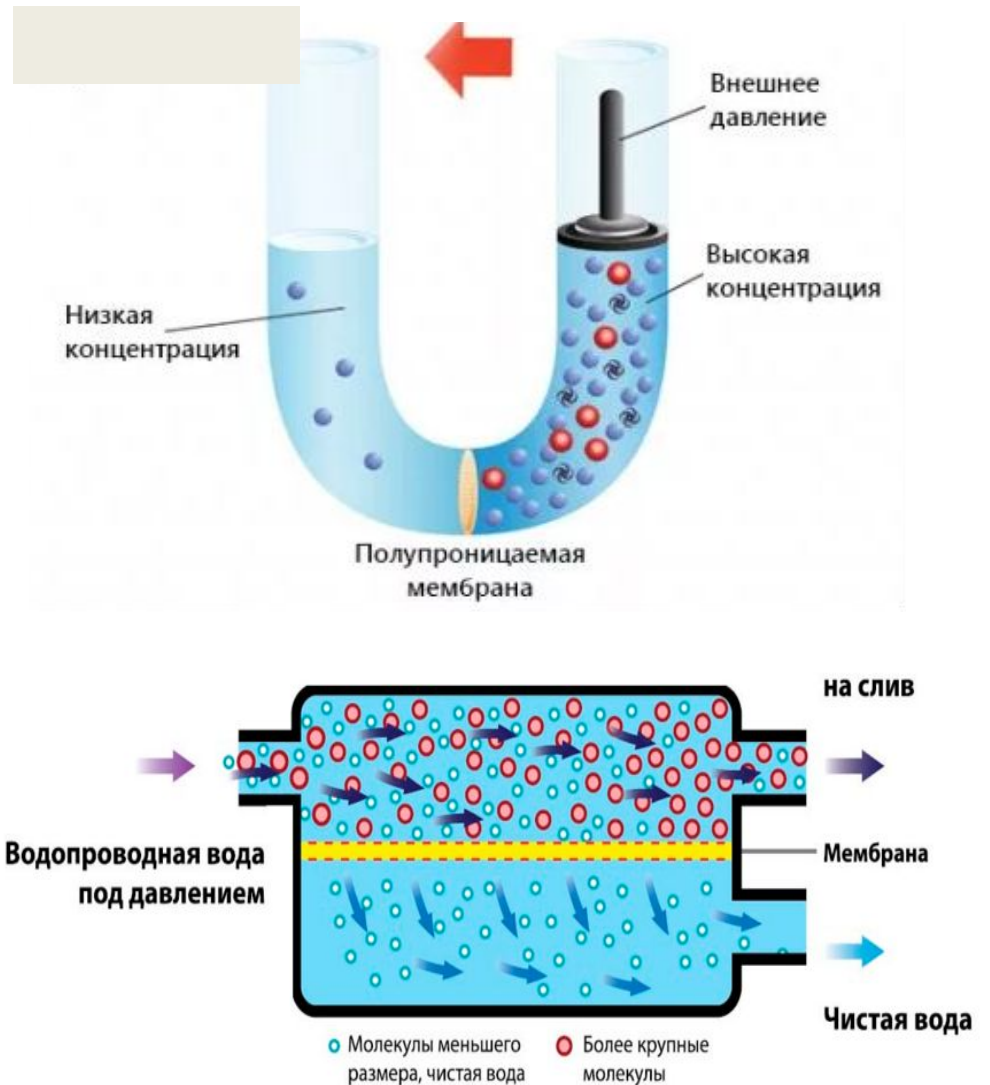
# Осаждение

- В процессе осаждения взвешенные в воде твердые частички оседают на фильтрующих поверхностях и на внутренних элементах устройства.
- Фильтры используются магнитные, съемные. Сам процесс осаждения протекает за счет использования специальных реагентов – данный способ является оптимальным для выведения взвешенных частиц и коллоидных соединений из воды



# Обратный осмос

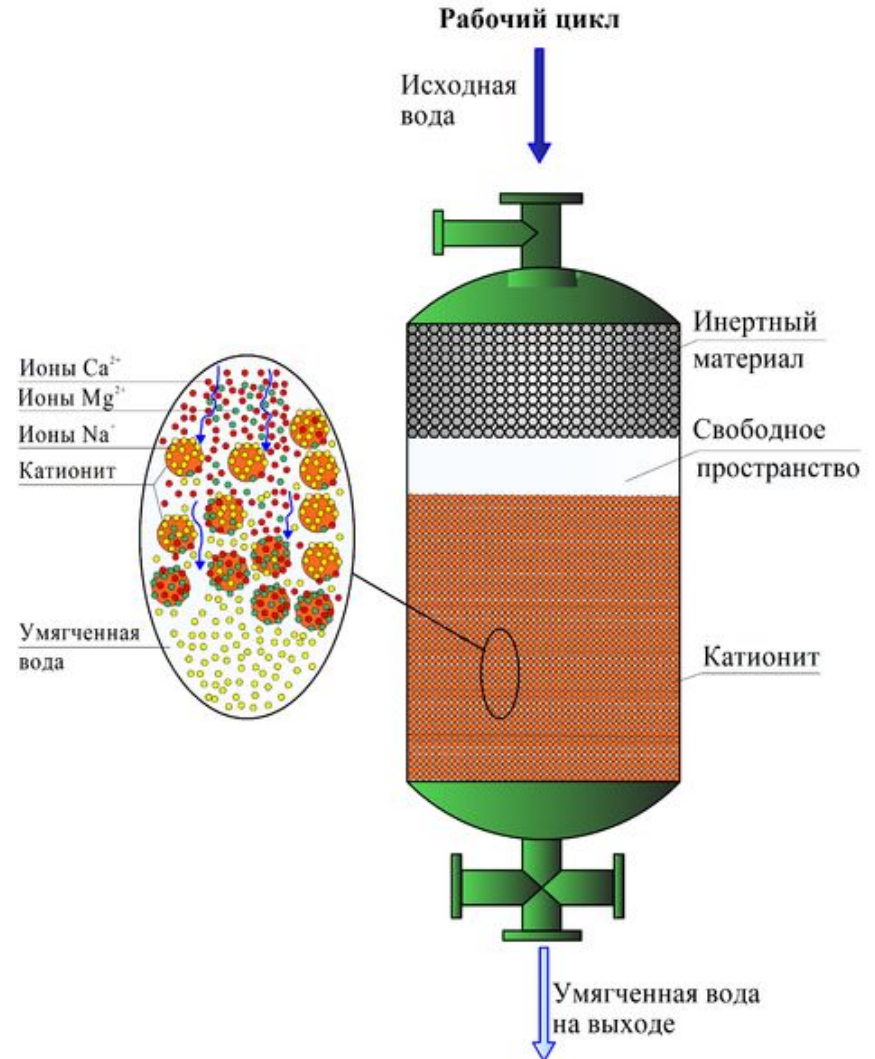
- Обратный осмос предполагает применение специальной мембраны. Она обеспечивает эффективную фильтрацию находящихся в жидкости примесей (органика).
- Также мембрана неплохо справляется с задачей фильтрации бактерий и вирусов.
- При этом обратный осмос очищает воду слишком тщательно – и ее состав обедняется. Стоимость мембраны высокая, кроме того, она является не слишком надежной и часто выходит из строя в результате контакта с большими объемами загрязняющих веществ.
- Скорость очистки низкая, поскольку мембранный компонент является полупроницаемым.





# Ионный обмен

- При ионном обмене используется специальная смола, помещаемая в картридж.
- Смола состоит из ионов натрия, подготовленных соответствующим образом для последующего обмена. Умягчающий фильтр пропускает через себя жесткую воду и смягчает ее.
- Главные недостатки способа — высокая стоимость картриджей и потребность в их частой замене.



# Безреагентные методы

- Безреагентные методы смягчения предполагают использование специальных электромагнитных, магнитных и ультразвуковых приборов.
- Очистка в данном случае основывается на принципе интенсивного электромагнитного, волнового или ультразвукового воздействия.
- Безреагентные устройства активно используются в теплосистемах жилых частных домов и квартир.



## Показатели жесткости воды для устойчивой эксплуатации паровых и водогрейных котлов

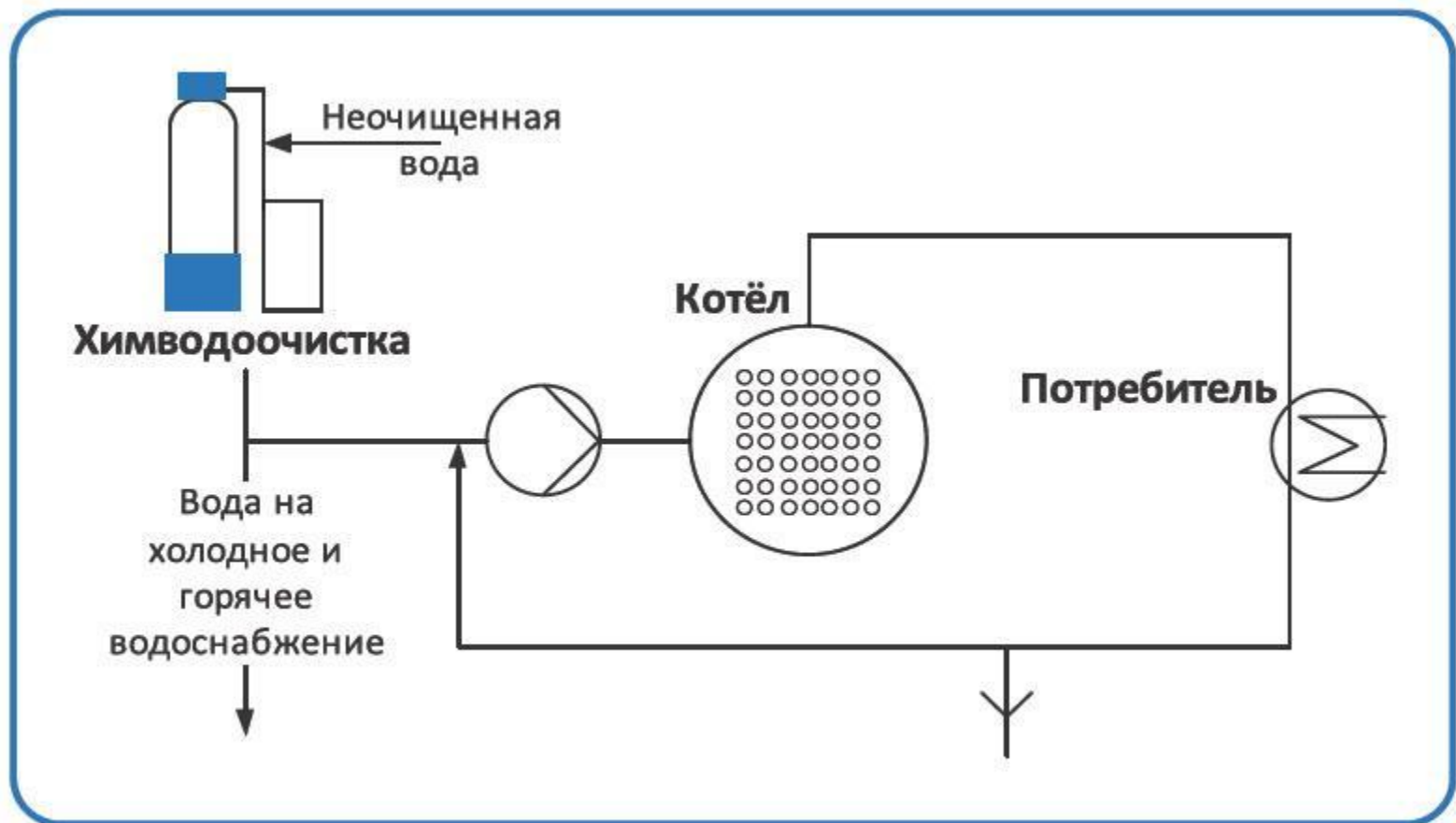
- Паровой котел. Основной показатель жесткости воды – 0,02 мг-экв/л.
- Для водоподготовки необходимо устанавливать фильтры грубой очистки, установку обратного осмоса, предподготовку для установки обратного осмоса, систему умягчения после установки обратного осмоса, деаэратор и комплекс дозирования щелочи и фосфатов.
- Водогрейный котел. Основной показатель жесткости воды – 0,1 мг-экв/л.
- Для водоподготовки достаточно одноступенчатого натрий катионирования.

# Этапы водоподготовки котельной

- Этапы очистки для котельной можно разделить на следующие виды:
- Обязательные этапы:
  - Грубая механическая очистка.
  - Умягчение и обессолевание ионообменными смолами, обратным осмосом.
- Дополнительные этапы – применяют, когда повышено содержание железа, марганца:
  - Аэрация.
  - Обезжелезивание.
- Этапы водоподготовки для котельной отличаются в зависимости от вида котла.

# Химическая водоочистка для водогрейных котлов

- Системы с водогрейным котлом относятся к системам закрытого типа. В таких системах не допускается изменение состава воды.





# Химическая водоочистка для водогрейных котлов

- Системы подготовки воды для водогрейных котлов классифицируют по мощности и назначению котельной установки:
- для бытовых котлов – водоочистка для заполнения замкнутой системы отопления, горячего и холодного водоснабжения. Очищенная вода должна соответствовать нормативам на питьевую воду и требованиям производителя котельного оборудования;
- для котлов средней мощности (до 1000 кВт) – система для периодической подпитки котлового контура, как правило, с коррекцией растворённого кислорода и pH;
- для промышленных котлов – системы постоянной подпитки глубоко умягченной водой с обязательной коррекцией показателей pH и растворённого кислорода.

# Химическая водоочистка для водогрейных котлов

При применении технологий комплексной очистки воды ситуация значительно упрощается. Для принятия окончательного решения необходимо знать не более четырёх показателей качества воды, которые можно определить проведя экспресс-тест, поскольку технология адаптирована ко всем формам удаляемых примесей, характерных для артезианской воды.

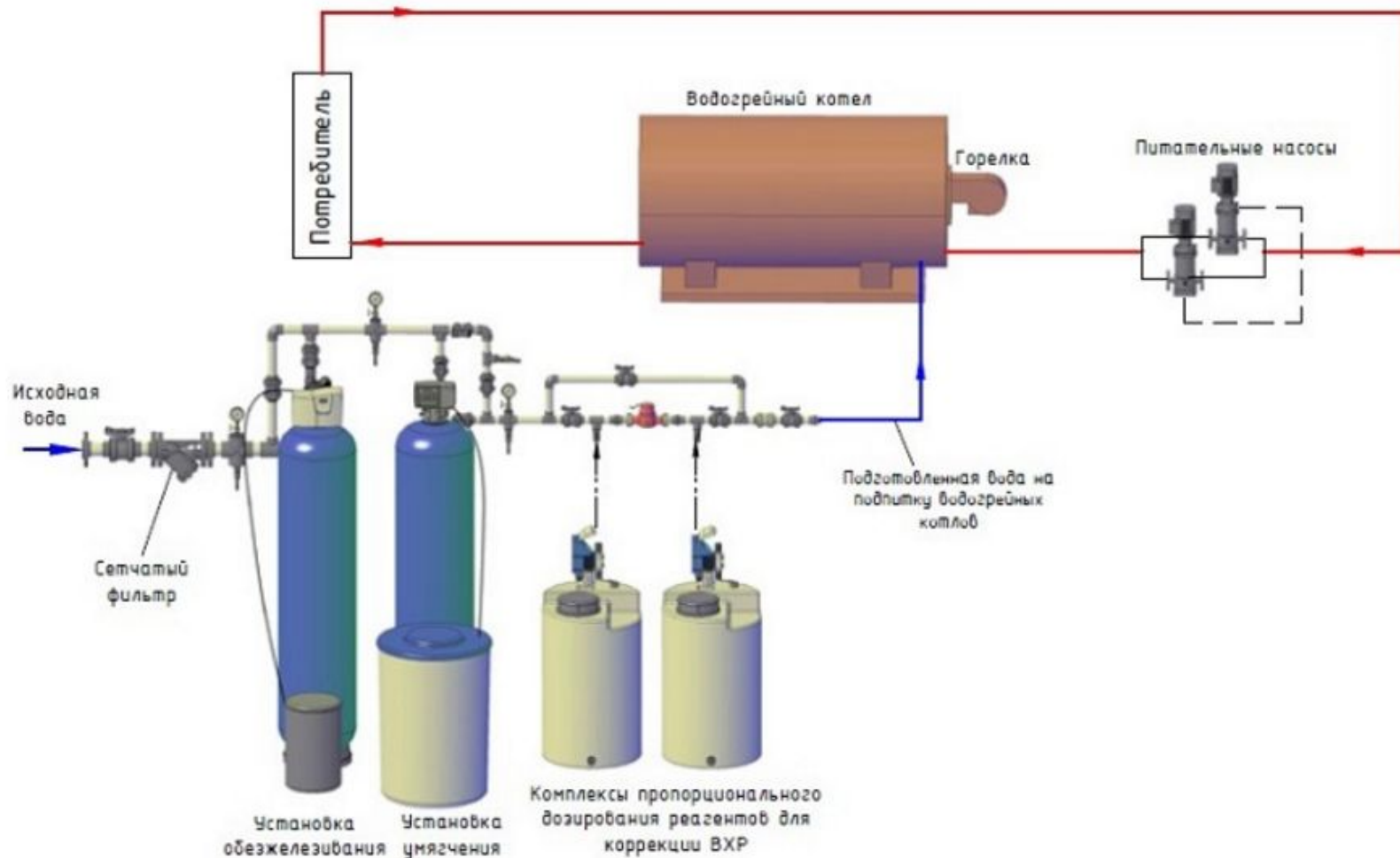


# Химическая водоочистка для водогрейных котлов

- Оборудование химводоподготовки должно обеспечивать непрерывную подпитку водогрейного контура, а рабочий расход подготовленной воды может изменяться в широком диапазоне и определяется для каждой котельной индивидуально.
- В основном схема подготовки воды состоит из нескольких этапов: механической фильтрации, умягчения, или комплексной очистки на 1-ой ступени, и умягчения на 2-ой ступени, завершающихся корректировкой pH и деаэрацией.



# Подготовка воды для водогрейных котлов производительность свыше 1 м<sup>3</sup>/ч:



# Химическая водоочистка для паровых котлов



- Примеси, поступающие в котёл вместе с химочищенной водой, постепенно накапливаются, следовательно, происходит постоянное увеличение солесодержания воды в котле. Для предотвращения пересыщения котловой воды производится замещение её части химочищенной водой за счёт непрерывной и периодической продувок. Таким образом, возникает необходимость пополнения контура химочищенной воды в объёме, необходимом для компенсации потерь пара и продувочной воды. При высоких показателях качества очищенной воды происходит снижение концентрации примесей вносимых в систему и уменьшения величины продувки, способствуя увеличению качества пара и снижению расходов энергоносителя.



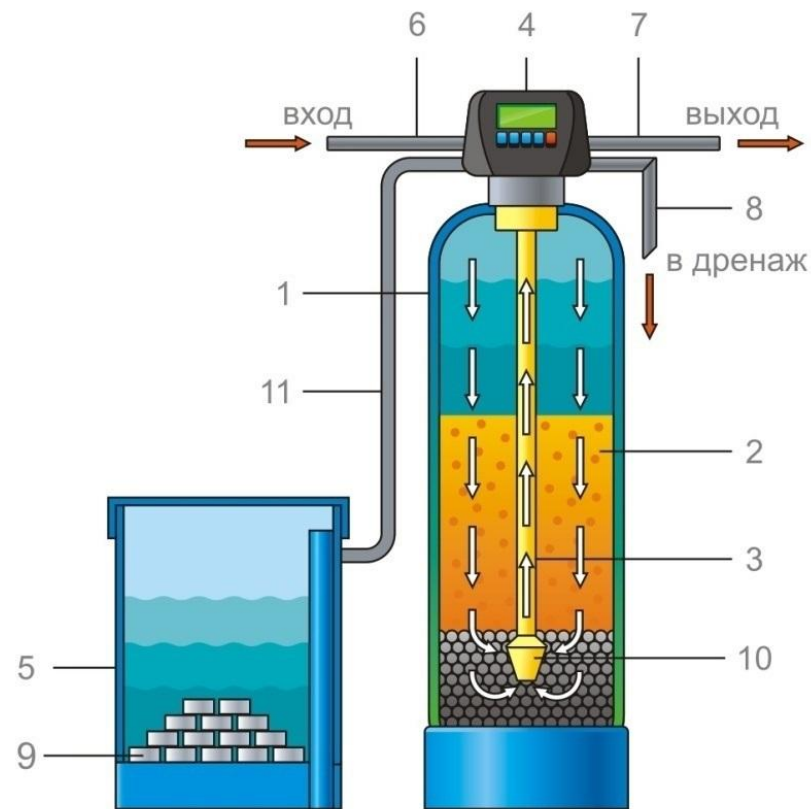
# Химическая водоочистка для паровых котлов

- К воде, используемой в системах с паровым котлом, предъявляются наиболее жёсткие требования.
- Принято выделять две группы требований, соответствующих котловому и питательному типам воды.
- При выборе схемы подготовки воды немаловажным критерием является величина непрерывной продувки котла, которая является расчетной и зависит от показателей качества химочищенной воды, типа котла и доли возврата конденсата.
- Решение о выборе схемы для подготовки воды принимают в зависимости от расчетной величины продувки и минерализации исходной воды:
- при низкой минерализации исходной воды используют двухстадийные системы комплексной очистки и умягчения, по аналогии со схемой водоподготовки для промышленного водогрейного котла;
- в случае высокой минерализации воды необходимо применение комбинированной технологии, сюда входит стадия умягчения или комплексная очистка и обратноосмотическая деминерализация.

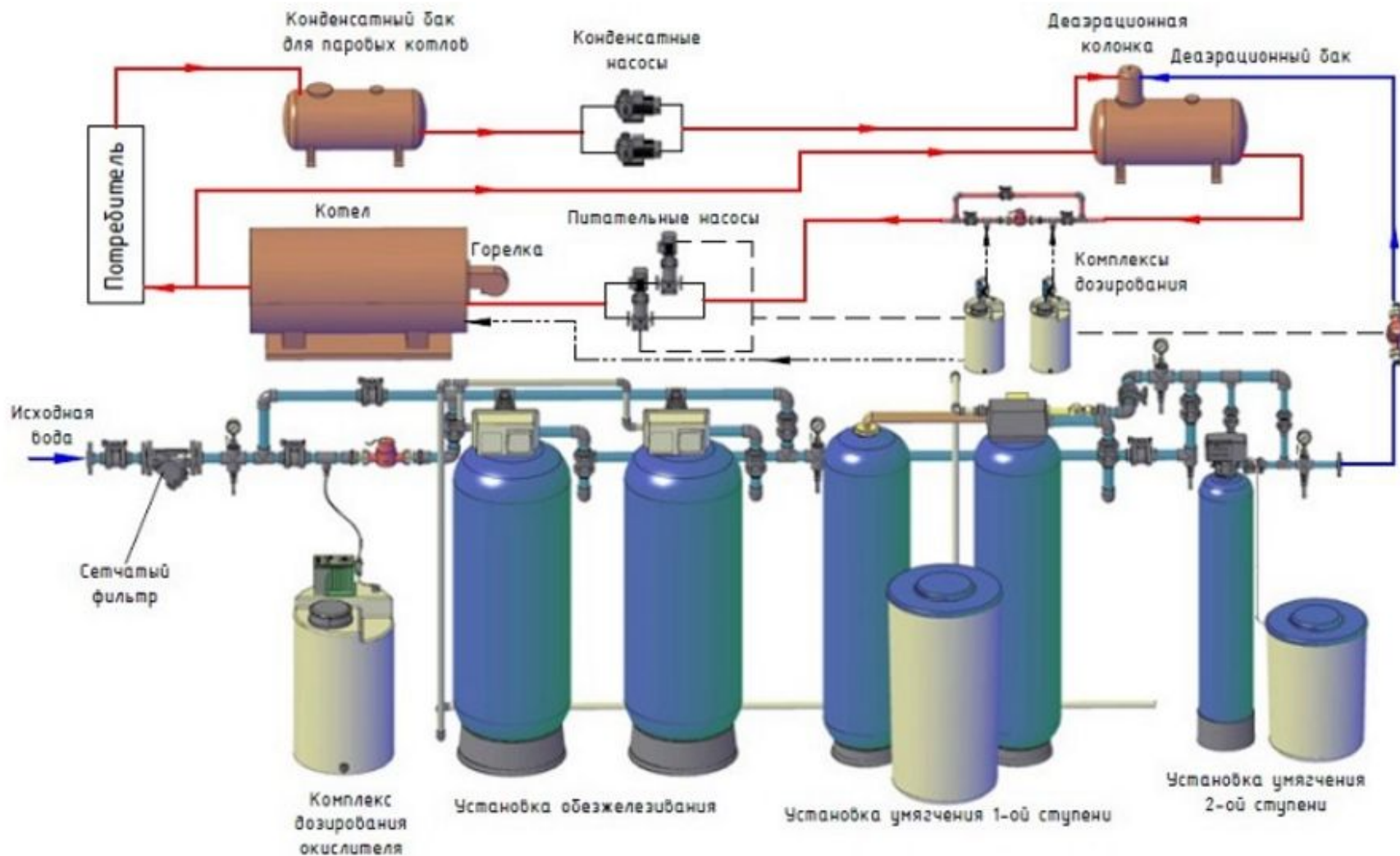


# Химическая водоочистка для паровых котлов

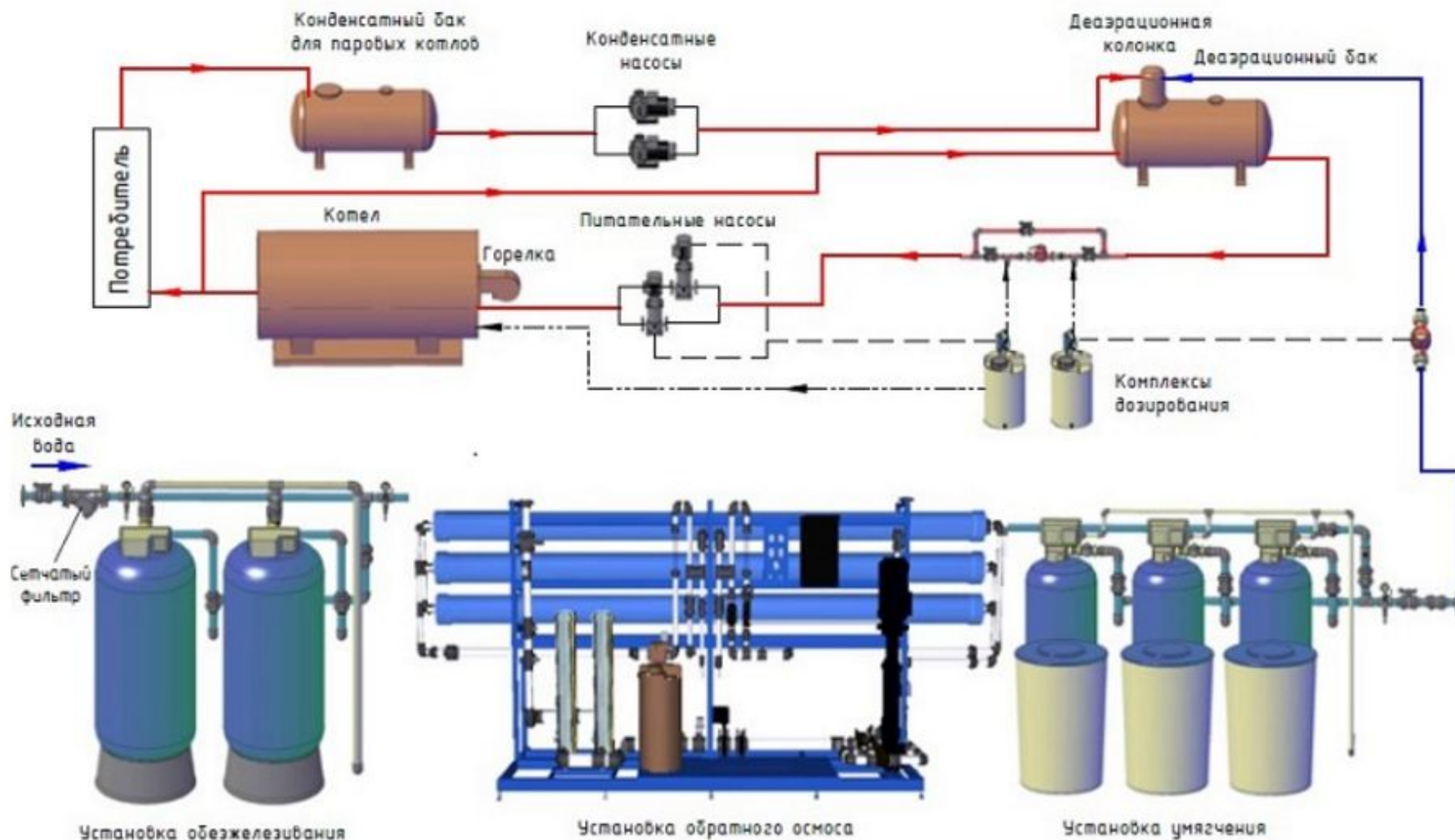
- В противном случае необходимо использовать схему с двухступенчатым умягчением. Следует учитывать, что увеличение величины непрерывной продувки повышает расходы на нагрев воды, вследствие чего происходит увеличение расходов природного газа и затрат на подготовку воды. Кроме того, высокая непрерывная продувка требует больших вложений, в том числе и на компоненты парового котла.
- Более выгодной по сравнению с химводоподготовкой, с экономической точки зрения, является схема глубокого умягчения с деминерализацией.



# Подготовка воды для паровых котлов методом двухступенчатого Na-катионирования с предварительным обезжелезиванием:



# Подготовка воды для паровых котлов методом обратного осмоса:





# Оборудование для водоподготовки

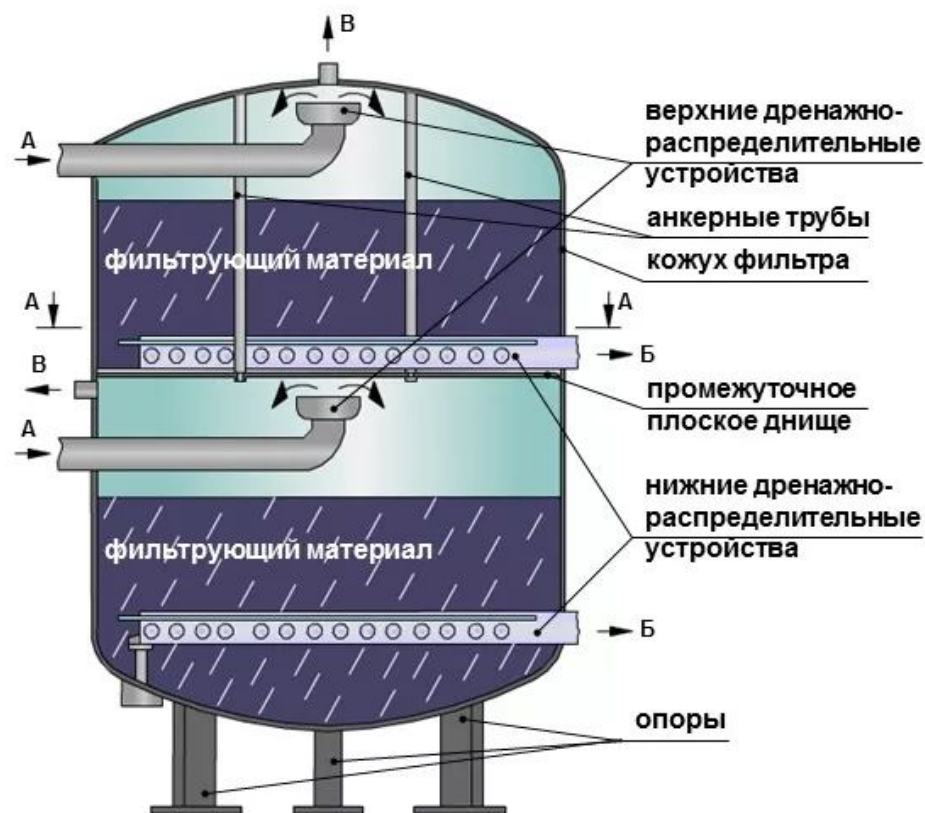
- Для водоподготовки котла используется различное водоочистное оборудование:
- Промышленные обезжелезиватели (удаляют из воды железо и марганец);
- Ионнообменные промышленные умягчители (удаляют из воды соли жёсткости, умягчают её);
- Сорбционно-осветлительные станции (удаляют хлор, фтор, мутность, цветность и запах);
- Фильтры комплексной очистки воды (за счёт многокомпонентной индивидуально подобранной фильтрующей среды выполняет все основные задачи водоочистки: удаляет железо, марганец, органику, химические соединения, соли жёсткости, корректирует уровень pH воды);
- Фильтры тонкой очистки воды (доочищают воду до высшей категории качества: удаляют мелкие взвеси, следы сорбентов и реагентов. Применяются мембранные технологии: фильтры с промывными титановыми мембранами или установки обратного осмоса).





# Механический фильтр

- Это фильтр грубой очистки, его задача не только в очистке от крупных частиц, но и в защите остальной системы – последующих фильтров от взвеси. Механический фильтр – это первый рубеж защиты системы водоподготовки, который предотвращает попадание в систему крупного песка, камней, окислы.

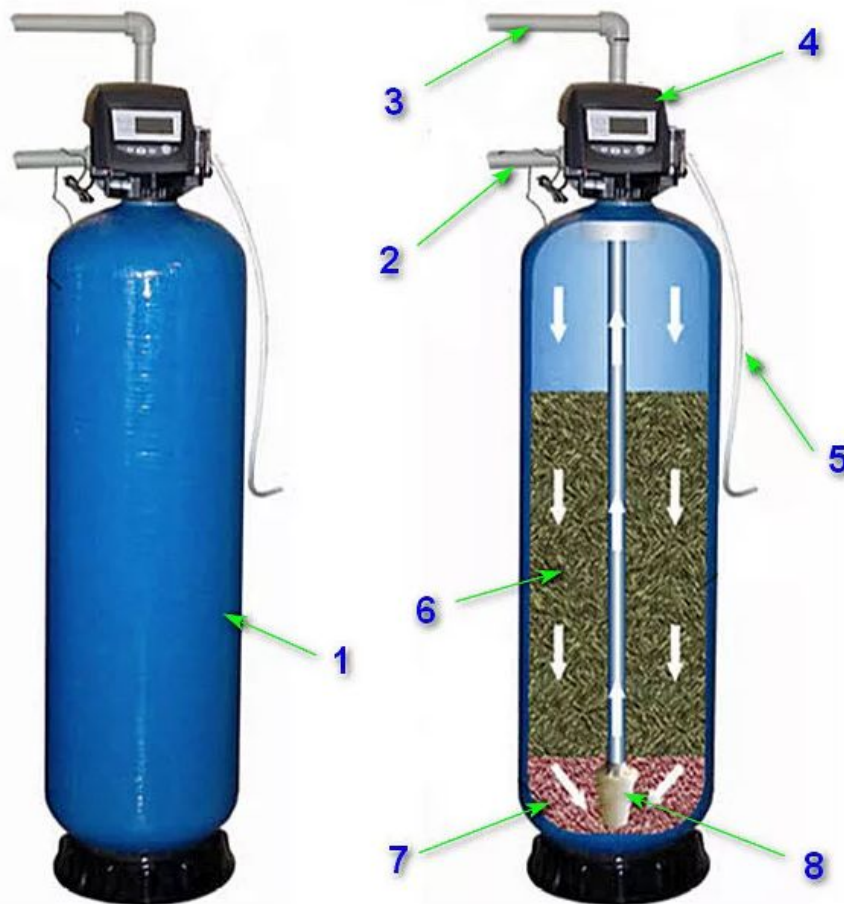


# Работа и регенерация фильтра



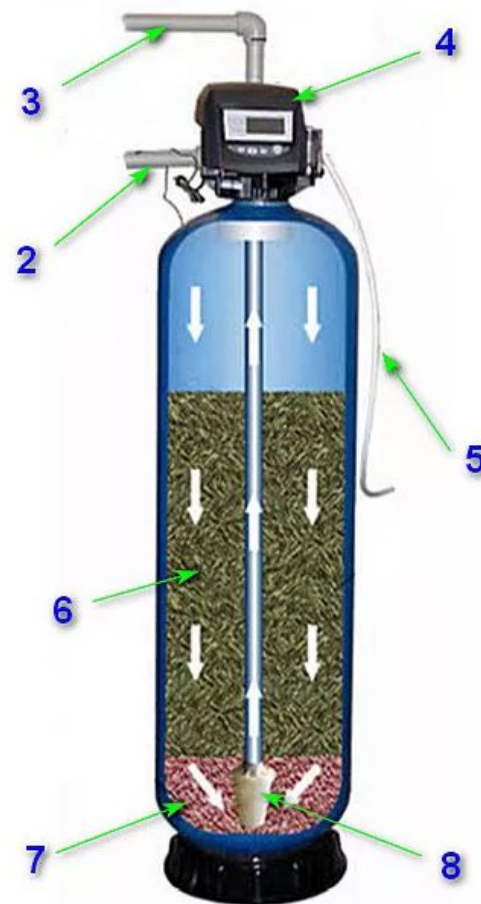
# Колонна обезжелезивания

- Станция аэрации и колонна обезжелезивания работают в связке. Для обезжелезивания используют специальные каталитические загрузки. Засыпка окисляет растворенное железо и пропускает дальше отфильтрованную воду.
- 1 – корпус колонны;
- 2 – труба подачи воды;
- 3 – труба выхода очищенной воды;
- 4 – управляющий клапан с контроллером – «головка» колонны;
- 5 – трубка сброса дренажа;
- 6 – каталитическая засыпка
- 7 – фильтрующая засыпка – слой гравия;
- 8 — нижний распределительный фильтр на заборе воды из колонны.



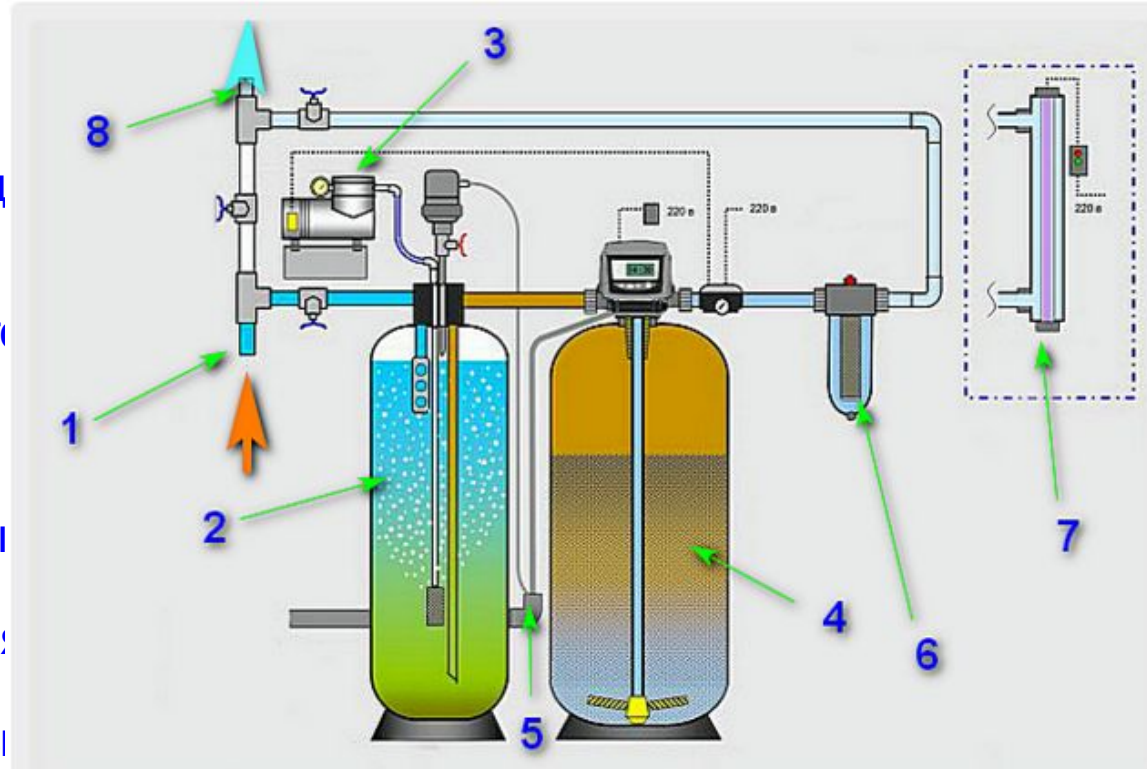
# Колонна обезжелезивания

- Собравшийся осадок время от времени удаляется обычной обратной промывкой колонны и сбрасывается в дренаж. А катализатор, по сути, и не расходуется и не теряет своих качеств очень долго.
- Недостатки:
- Если применять его «в чистом виде», то растворенного в воде кислорода может оказаться недостаточно для полноценного окисления двухвалентного железа. То есть каталитическая очистка, как правило, не избавляет от необходимости установки аэрационной колонны.
- Если вода имеет примеси сероводорода, то до попадания в каталитическую колонну она уже должна быть очищена от него.
- Не для всякой воды такая технология подходит – имеются ограничения по щелочной и кислотной концентрации.
- Фильтр такого типа требует довольно частого вмешательства – регулярной промывки. В противном случае упадет производительность или колонна вообще выйдет из строя.



# Станция обеззараживания и обезжелезивания

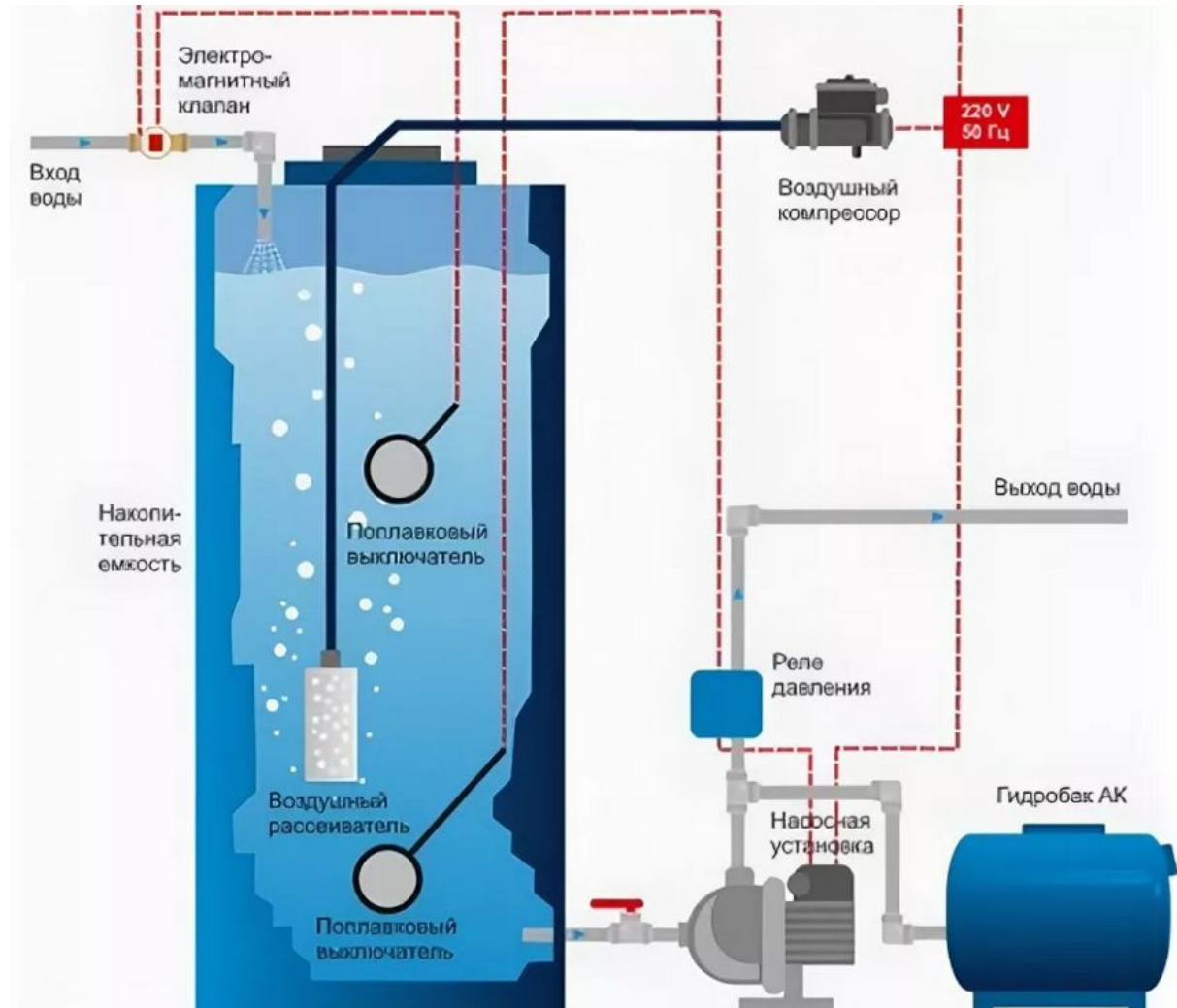
- 1 – подача воды;
- 2 – аэрационная колонна;
- 3 – компрессор, обеспечивающий подачу воздуха для аэрации воды;
- 4 – колонна каталитического обезжелезивания воды;
- 5 – дренажный сброс;
- 6 – фильтр тонкой механической очистки воды;
- 7 – ультрафиолетовая лампа для обеззараживания воды;
- 8 – подача очищенной воды к точкам потребления.





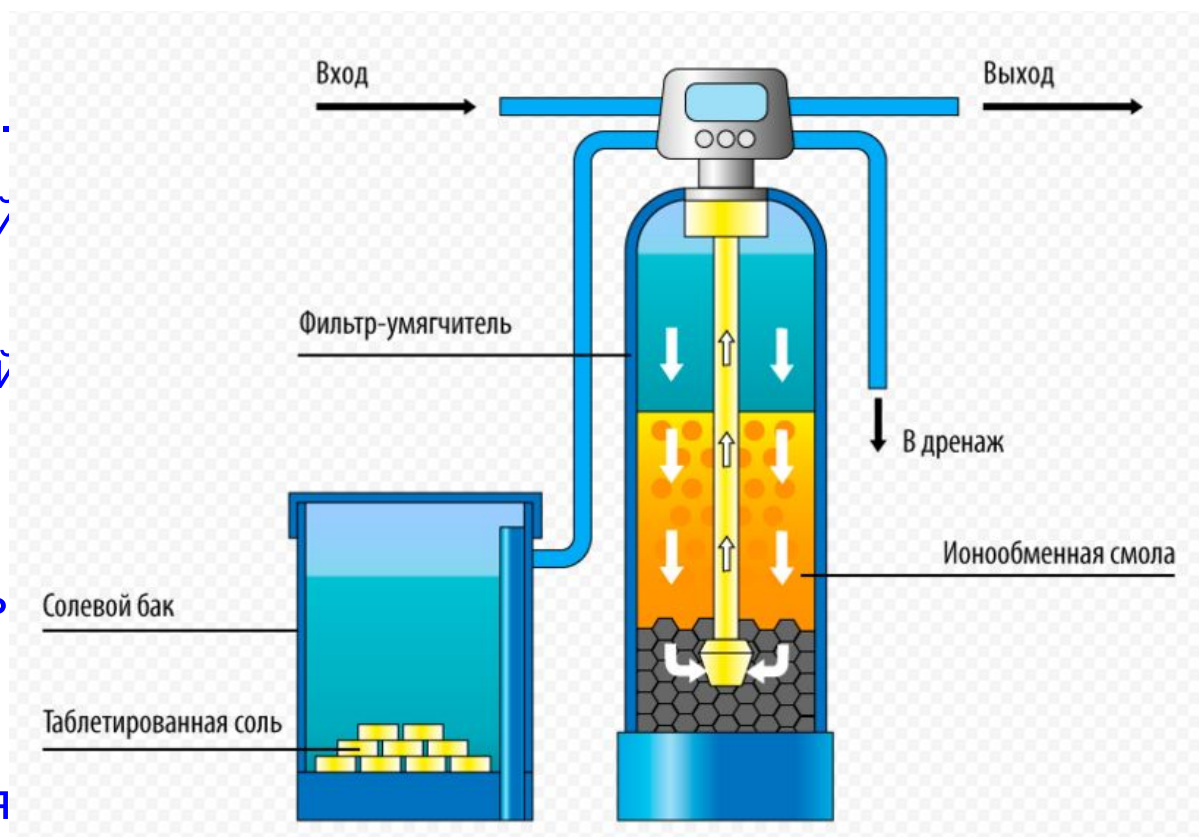
# Станция аэрации

- Если в воде высокое содержание таких элементов, как железо, марганец, то нужна станция аэрации – колонна и компрессор. Принцип аэрации – в подаче кислорода, из-за чего происходит процесс окисления загрязнителей.



# Ионообменный фильтр или обратный осмос

- Последняя стадия – умягчение и обессоливание воды. В зависимости от степени необходимой очистки применяют ионообменный фильтр или обратный осмос.
- Использование ионообменной смолы обойдется дешевле. Если на этом этапе нужно только умягчение, то ионная колонна справится с задачей.

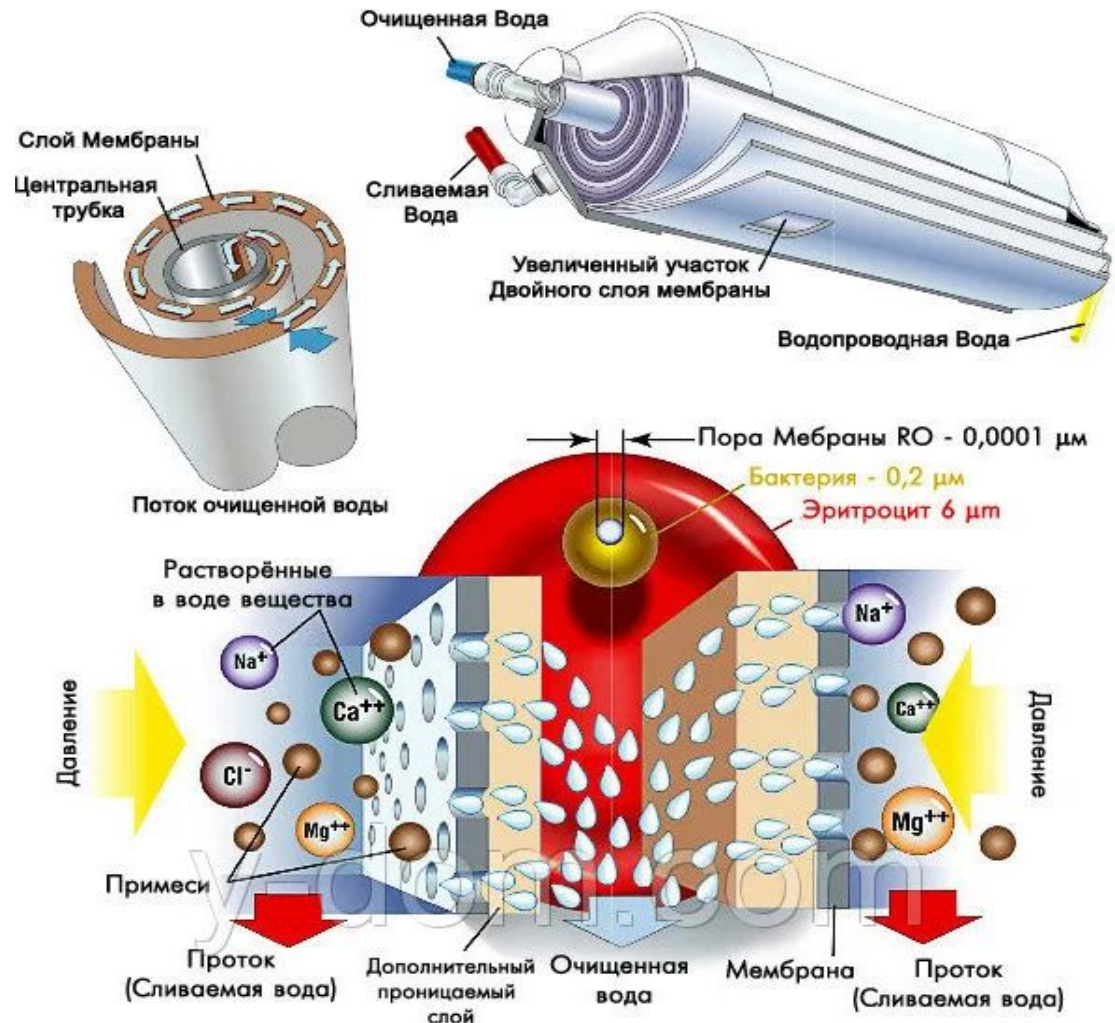


# Ионообменный фильтр или обратный осмос

## ОСМОС

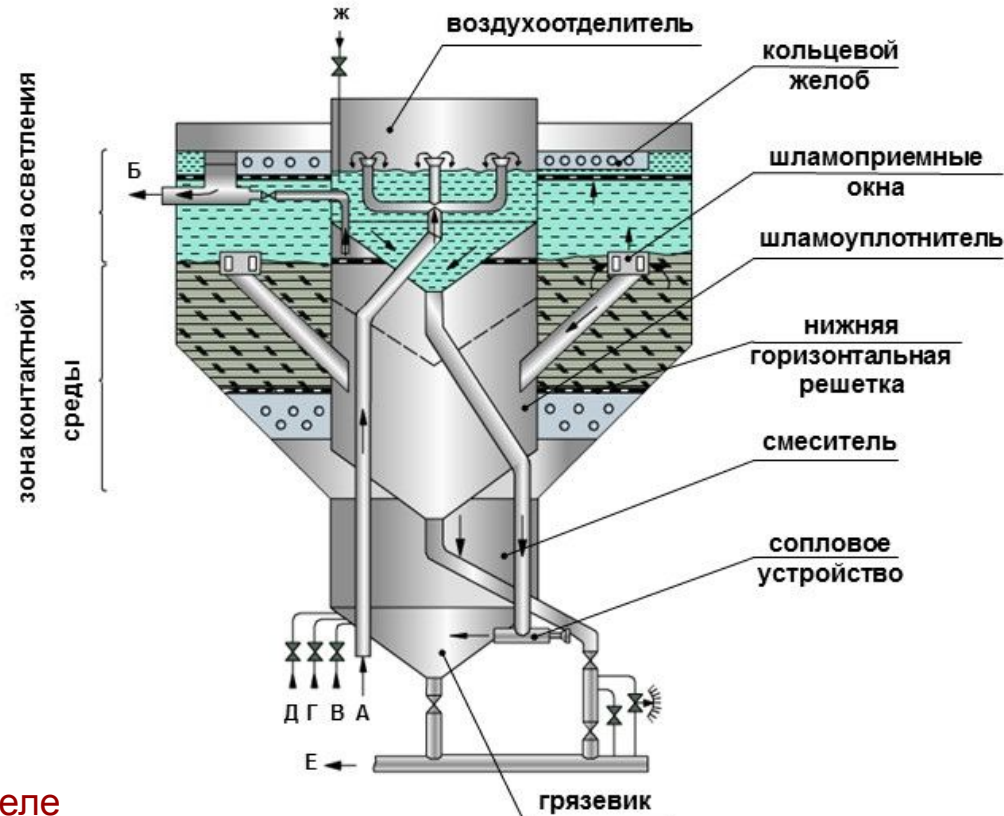
Если вода с повышенным содержанием солей, то используют установку обратного осмоса. Она на 99 % удаляет минеральные соли и загрязнители из воды.

Главный недостаток – в высокой стоимости оборудования и в большом расходе воды – примерно половина при фильтровании сбрасывается в дренаж.



# Осветлитель

- Осветлитель – аппарат естественно-принудительной циркуляции.
- Осветлитель представляет собой циркуляционный сварной сосуд, установленный вертикально, снабженный технологическими штуцерами и штуцерами КИП.
- Технологические штуцера предусматривают ввод исходной воды, известкового раствора и коагулянта, ввод промывочной воды, отвод шлама, контроль высоты шламового фильтра, химконтроль.



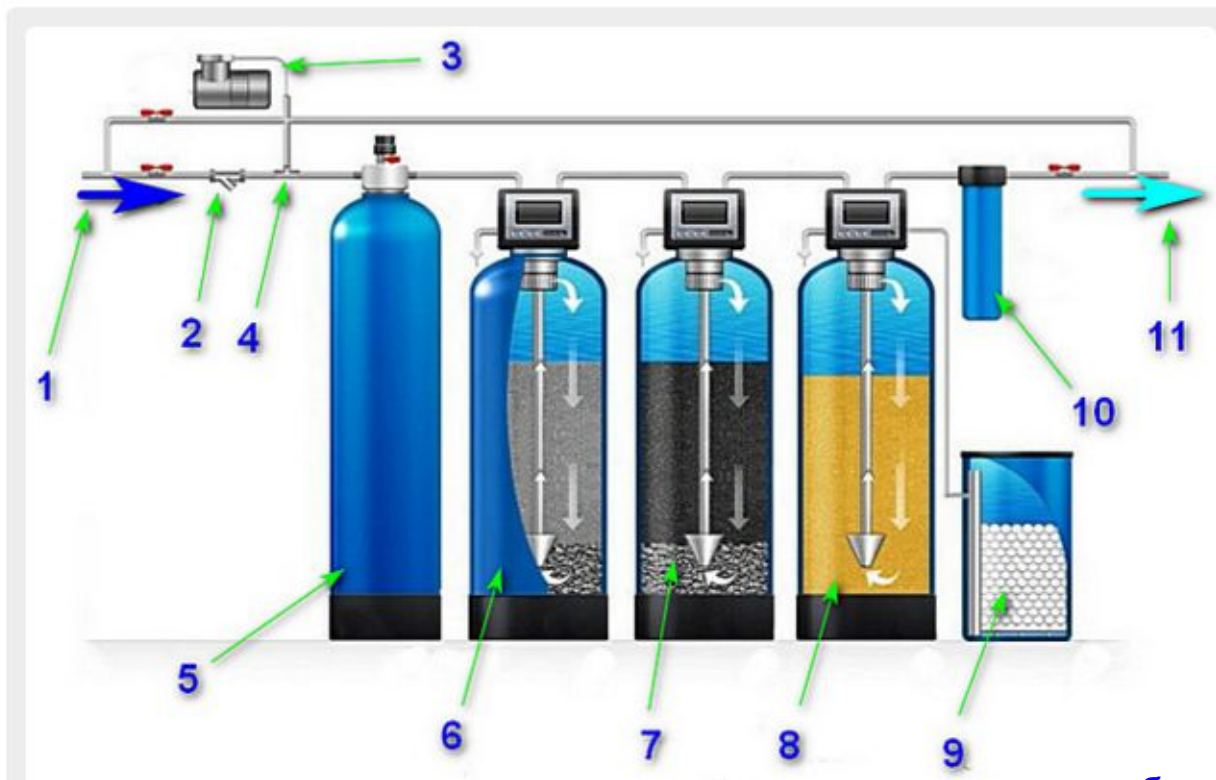
Химизм процессов обработки воды на осветлителе

Известкование предназначено для: снижения жесткости исходной воды за счет удаления ее карбонатной составляющей (щелочности); связывания и удаления из исходной воды растворенного в ней  $\text{CO}_2$ ; удаления из воды магниевой жесткости и замена ее на кальциевую.

Коагуляция предназначена для: удаления коллоидных примесей исходной воды; образования комплексного, рабочего шлама



# Схема многоступенчатой очистки воды, включающей и обезжелезивание



- 1 – подача воды;
- 2 – фильтр-грязевик, не допускающий попадания в систему очистки крупный минеральных или органических включений;
- 3 – компрессор, подающий воздух для аэрации;
- 4 – эжектор, создающий водо-воздушную дисперсию;
- 5 – аэрационная колонна;
- 6 – колонна каталитического обезжелезивания воды;
- 7 – сорбционная колонна;
- 8 – ионообменная колонна для умягчения воды;
- 9 – солевой бак для регенерации ионообменных смол;
- 10 – фильтр тонкой механической очистки воды;
- 11 – подача воды на точки потребления.



# Задачи внутрикотловой обработки воды

- коррозийная защита котла
- корректировка рН
- защита от углекислотной коррозии пароконденсатного тракта
- предупреждение о накипеобразовании при сбоях химводоподготовки
- В традиционной схеме химической коррекции состава воды предусматривается использование нескольких реагентов, которые вводятся в систему в различных точках при чётко соблюдаемых объёмах дозирования и контролю за содержанием каждого компонента в системе.
- Доступность и низкая цена привлекает внимание к этим реагентам, но на практике выявляются существенные недостатки: сложность обеспечения полной защиты поверхностей, повышение солесодержания, использование нескольких дозирующих станций, высокий расход реагентов и необходимость в постоянном контроле и настройке.



# Химическая водоочистка для паровых котлов

- Современный подход к вопросу водоподготовки воды для паровых котлов предполагает применение реагентов комплексного действия на основе плёнкообразующих аминов.
- Такие реагенты одновременно обеспечивают:
  - корректировку рН питающей, котловой воды и конденсата;
  - препятствие образованию осадка в системе;
  - образование защитной плёнки на поверхностях сборника питающей воды, линии конденсата и котла;
  - частичный переход в паровую фазу и защита пароконденсатного тракта от углекислотной коррозии за счёт корректировки показателей рН конденсата.

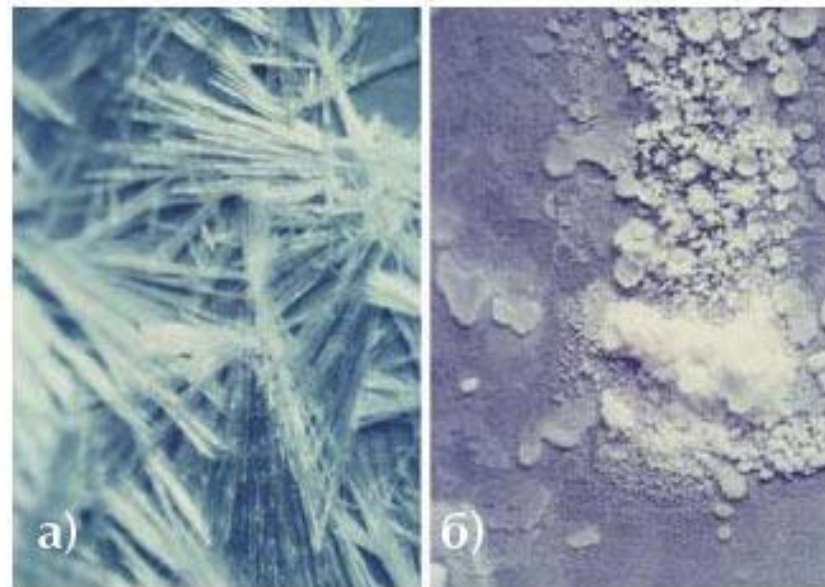


Рис. 12. Плотный кристаллический осадок солей без использования плёнкообразующих аминов (а) и аморфный легкоудаляемый осадок при их использовании (б)