

ВОДОПОДГОТОВКА

Курс лекций для специальности ТГСив

Глава 1.

Характеристика воды. Задачи водоподготовки.



*

ПРИРОДНАЯ ВОДА:

- H_2O
- взвешенные вещества
- коллоидные примеси
- растворенные соли
- растворенные газы

ИСТОЧНИКИ ВОДЫ ДЛЯ ПИТАНИЯ КОТЛОВ:

- **городской водопровод:** низкое содержание взвешенных и коллоидных примесей, среднее содержание солей и газов
- **поверхностные воды (реки, озера):** высокое содержание взвешенных и коллоидных примесей, среднее содержание солей и газов
- **подземные воды (скважины, колодцы):** низкое содержание взвешенных и коллоидных примесей, высокое содержание солей и газов

ПОСЛЕДСТВИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕОБРАБОТАННОЙ ВОДЫ:

1. взвешенные и коллоидные вещества:

- износ и повреждение оборудования
- засорение и снижение пропускной способности оборудования

2. соли (жесткости) - образование накипи на поверхностях нагрева:

- снижение КПД
- перерасход топлива
- перегрев стенок котла
- снижение пропускной способности

3. растворенные газы:

- коррозия оборудования

Состав и структура накипи

Деление накипи по составу	Характеристика	Структура	Места образования
Карбонатная	С преобладанием до 70...80% карбонатов кальция и магния (CaCO_3 , MgCO_3)	От рыхлой до плотной	В местах с пониженной температурой и замедленной циркуляцией воды
Сульфатная (гипсовая)	С повышенным содержанием (до 50%) сульфата кальция (CaSO_4)	Особо твердая при сильном сцеплении с металлом	На наиболее горячих поверхностях нагрева
Силикатная	С содержанием до 20...25% силикатов кальция (CaSiO_3) и магния (MgSiO_3) и гидросиликатов кальция и магния	Повышенная твердость. Имеет стекловидный характер и сильное сцепление с металлом	В местах с наибольшей плотностью теплового потока
Смешанная	Состоит из смеси сульфата кальция, карбонатов кальция и магния и др.	От рыхлой до плотной	В местах с пониженной температурой воды и на наиболее горячих поверхностях

ЗАДАЧА ВОДОПОДГОТОВКИ:

**УМЕНЬШИТЬ, ЛИБО ПОЛНОСТЬЮ ИСКЛЮЧИТЬ
НЕГАТИВНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ПРИМЕСЕЙ ВОДЫ
НА КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ И СИСТЕМЫ
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

Пример проекта

SIEMENS - INESCO CHP
Антверпен

Проект: SIEMENS - INESCO CHP
Антверпен

Электростанция для:

Essent Energie B.V.  **essent**
ENERGIE

Генподрядчик:

Siemens (NL и B)

SIEMENS

Водоподготовка:

Grünbeck

 **grünbeck**
WASSERAUFBEREITUNG

**Проект: SIEMENS - INESCO CHP
Антверпен**

Смета:

Здание WTU	}	прим. 1.500.000,00 €
Здание Neutra		
Шкафы управления ТХР		прим. 1.500.000,00 €
Стоимость проекта фирмы Grünbeck		прим. 5.000.000,00 €
WTU в сумме		<hr/> прим. 8.000.000,00 €

**Проект: SIEMENS - INESCO CHP
Антверпен**

3D-модель:

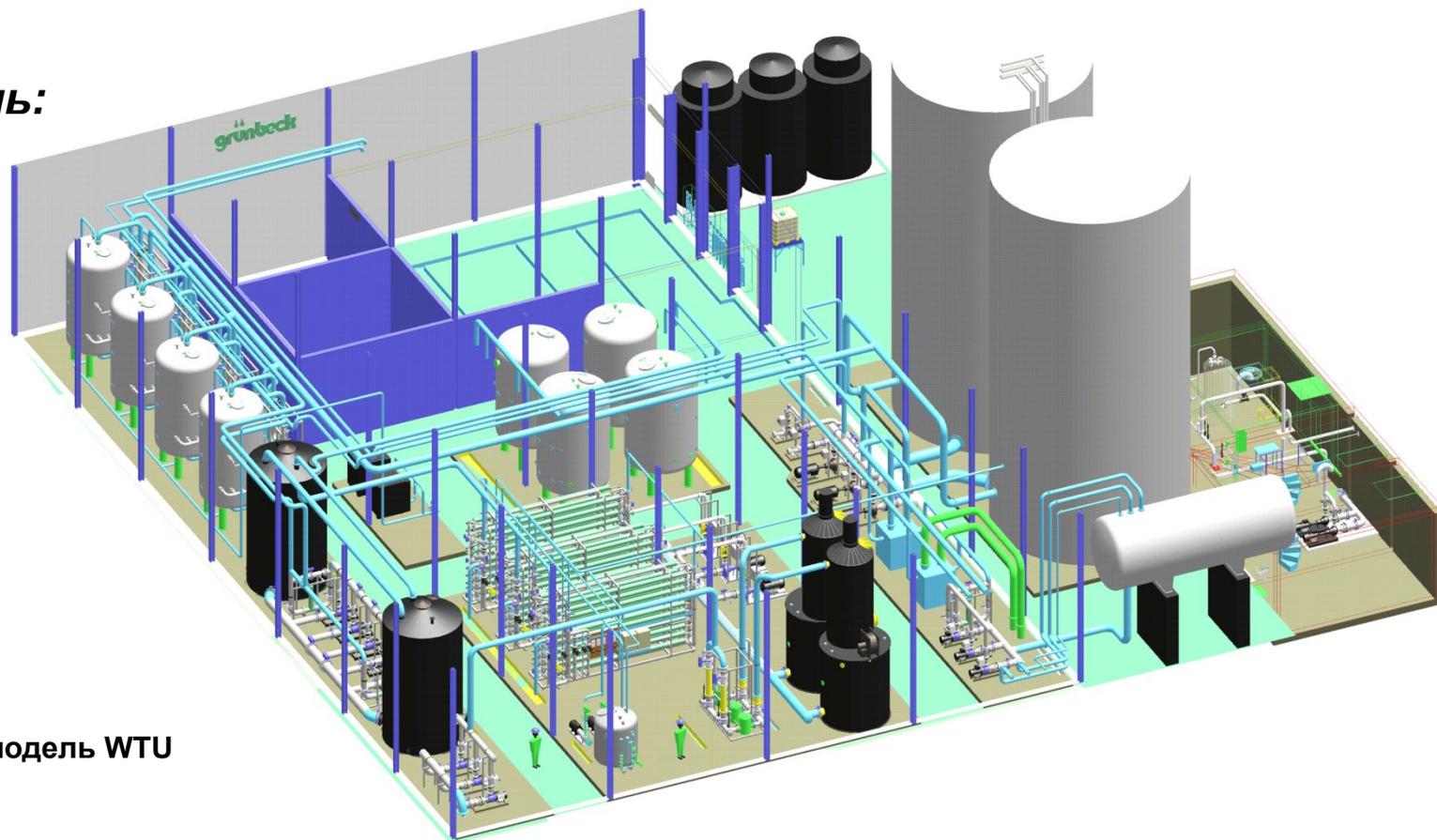


Рис 3: 3D-модель WTU

Фильтровальные установки.



*

ВОДОПОДГОТОВКА

Курс лекций для специальности ТГСив

Глава 2.

Показатели качества воды. Нормы качества подпиточной воды.

Взвешенные вещества – содержание нерастворенных грубодисперсных веществ в мг/л

Определяется как остаток, высушенный до постоянного веса при 105⁰С, оставшийся на бумажном фильтре.

Сухой остаток – содержание растворенных и коллоидных примесей в мг/кг (мг/л)

Определяется как остаток, высушенный до постоянного веса при 110⁰С после выпаривания воды, профильтрованной через плотный бумажный фильтр.

Общее солесодержание – общее количество минеральных веществ, растворенных в воде в мг/кг (мг/л)

Определяется как сумма концентраций всех солей.

Общая жесткость воды – общее содержание катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} в мг-экв/кг (мг-экв/л)

$$J_o = \text{Ca}^{2+} / 20,04 + \text{Mg}^{2+} / 12,16 \quad , \text{ мг-экв/л}$$

где: Ca^{2+} и Mg^{2+} - концентрация катионов кальция и магния, мг/л

20,04 и 12,16 – соответственно эквивалентные массы кальция и магния (мг/мг-экв)

Эквивалентная масса – отношение молекулярной массы вещества к его валентности в данной реакции

Временная (карбонатная) жесткость воды – содержание бикарбонатов кальция и магния $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, мг-экв/л

$$\mathbf{Ж_{к} = \text{HCO}_3^- / 61,02}, \text{ мг-экв/л}$$

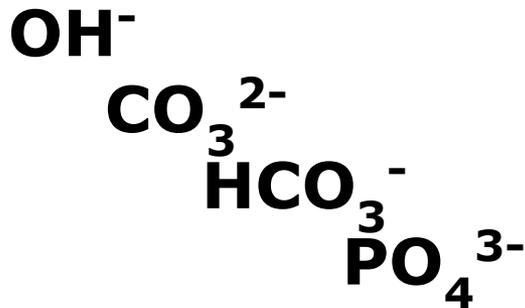
Постоянная (некарбонатная) жесткость – содержание всех солей кальция и магния за исключением двууглекислых, мг-экв/л

$$\mathbf{Ж_{п} = Ж_{о} - Ж_{к}}, \text{ мг-экв/л}$$

Единицы измерения жесткости воды:

$$**1 \text{ мг-экв/л} = 2 \text{ ммоль/л} = 2,8 \text{ }^{\circ}\text{dH}**$$

Щелочность воды – суммарная концентрация гидроксильных, карбонатных, бикарбонатных, фосфатных и других анионов слабых кислот, мг-экв/л



Кремнесодержание – общая концентрация различных соединений кремния, находящихся в молекулярной и коллоидной формах, в пересчете на SiO_2 или SiO_3^{2-} , в мг/кг (мг/л)

Активная реакция среды (рН) – характеризует концентрацию в воде ионов водорода H^+

$$pH = - \lg (H^+)$$

Для абсолютно чистой воды при $22^{\circ}C$ $pH = 7$

$pH < 7$ – кислая среда

$pH > 7$ – щелочная среда

Содержание коррозионно активных газов –
характеризует содержание кислорода и углекислого
газа, в мг/кг (мг/л)

O_2

CO_2

Нормы качества питательной воды (зависят от типа и марки котла)

Показатели качества	Водогрейный котел	Паровой котел
Взвешенные вещества	0	0
Общая жесткость	<0,04 мг-экв/л	<0,02 мг-экв/л
Кислород	<0,1 мг/л	<0,02 мг/л
Углекислый газ		<25 мг/л
pH	9-10,5	>9
фосфаты	<5 мг/л	
Медь		<0,005 мг/л
Нефтепродукты		<1 мг/л
Железо общее	Водоподготовка	<0,03 мг/л

ВОДОПОДГОТОВКА

Качество воды открытых тепловых сетей должно соответствовать требованиям, предъявляемым к питьевой воде

Разделители систем



**Сервисный комплект
для разделителя систем**

Разделители систем применяются для защиты источников питьевой воды от обратного тока воды не питьевого качества.

Работают по трехкамерной системе, разделяющейся на зоны давления на входе, в середине и на выходе.

При разряжении в зоне на входе средняя зона открывается в атмосферу



ВОДОПОДГОТОВКА

Курс лекций для специальности ТГСив

Глава 3.

Методы обработки подпиточной воды.

3.1 Осветление воды (удаление взвешенных веществ и снижение цветности)

Осаждение

Фильтрация

Коагулирование

Осаждение

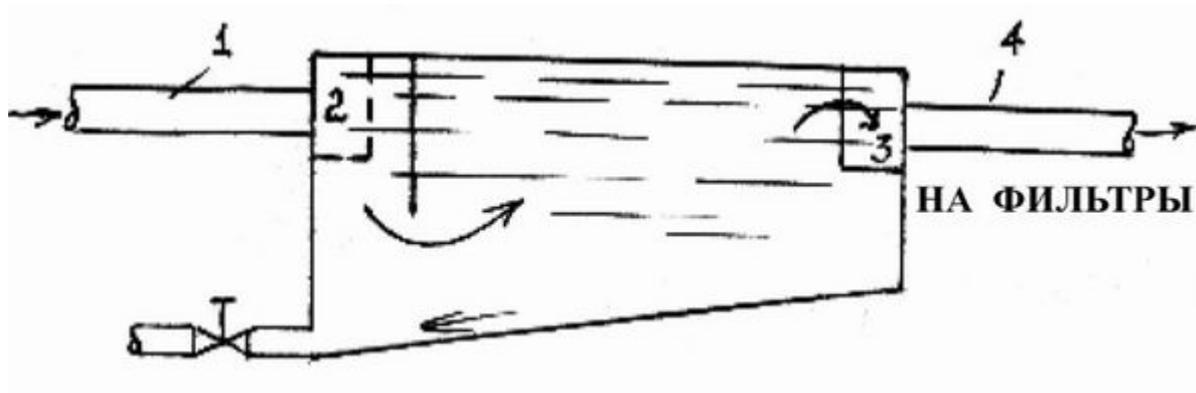
Для удаления крупных взвешенных частиц применяют отстойники: горизонтальные, вертикальные, радиальные

Удаление загрязнений происходит за счет силы тяжести

Эффективность очистки зависит от скорости движения жидкости в отстойнике, мм/с

Применяются при содержании взвешенных веществ > 30 мг/л (поверхностные воды)

Схема горизонтального отстойника



1. подающий трубопровод
2. распределительный желоб
3. сборный желоб
4. трубопровод для отвода чистой воды

Фильтрация

Применяется для частичного или полного осветления воды при исходном содержании взвешенных веществ < 30 мг/л (поверхностные воды, подземные воды, городской водопровод)

Сетчатые напорные фильтры (картриджные, промывные)

Зернистые скорые напорные фильтры с инертной загрузкой

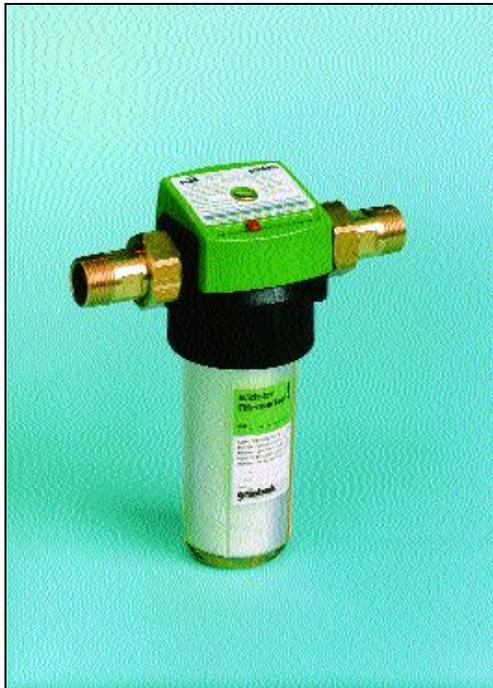
Зернистые скорые напорные фильтры с сорбционным материалом

Удаление грубых загрязнений механическим способом

Картриджные фильтры с размером ячеек от 5 мкм

Картридж: плетеный полипропилен или сетка из нержавеющей стали

Фильтр тонкой очистки
GENO - FS 1"



Регенерация –
замена
картриджа

Фильтр тонкой очистки
GENO - FM



Регенерация –
чистка или
замена
картриджа

**Резьбовой или
фланцевый
фильтр
с обратной
промывкой
GENO - МХА**

Фильтры с обратной промывкой

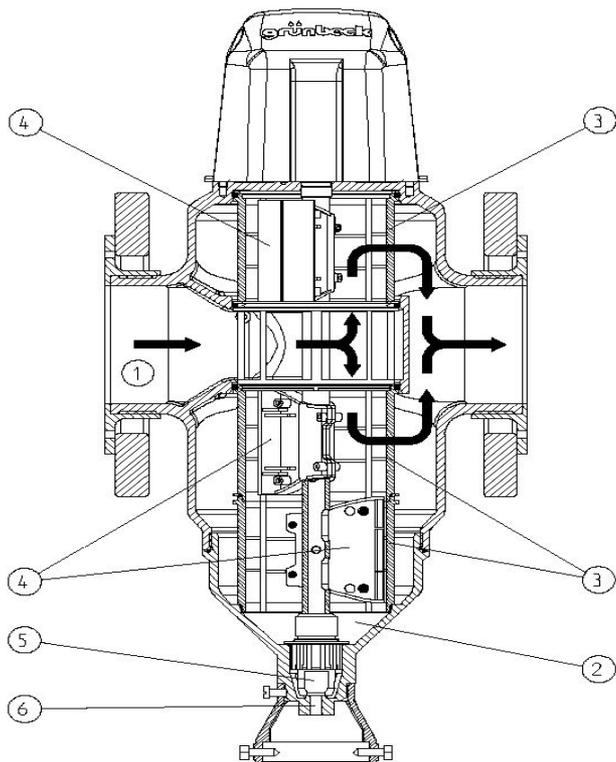
Сетка из нержавеющей стали

Размер фильтрующей ячейки
100, 200 или 500 мкм

Автоматический запуск промывки
по времени или перепаду
давления

Для холодной или горячей воды





Фильтрация изнутри наружу через фильтровальный элемент 3

При обратной промывке вращается гильза 4 с форсунками и открывается отвод в канал 6. При повороте гильза обратной промывки скользит радиально по фильтровальной поверхности, очищая сетку. Грубые загрязнения и осевшие в стакане 2 частицы смываются в канализацию.

Скорые напорные фильтры с зернистой загрузкой

KF-Z



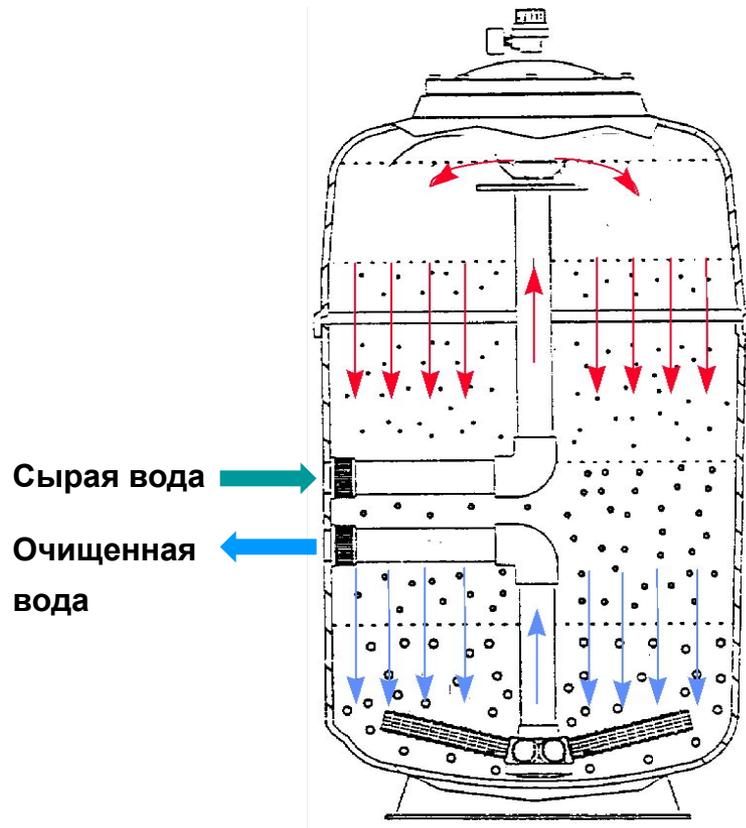
Инертный фильтрующий материал:
кварцевый песок, гидроантрацит

Загрязнения задерживаются на
поверхности зерен фильтрующего
материала в толще загрузки за счет сил
адгезии.

Режим фильтрации

Вода под напором движется сверху вниз через слой фильтрующего материала

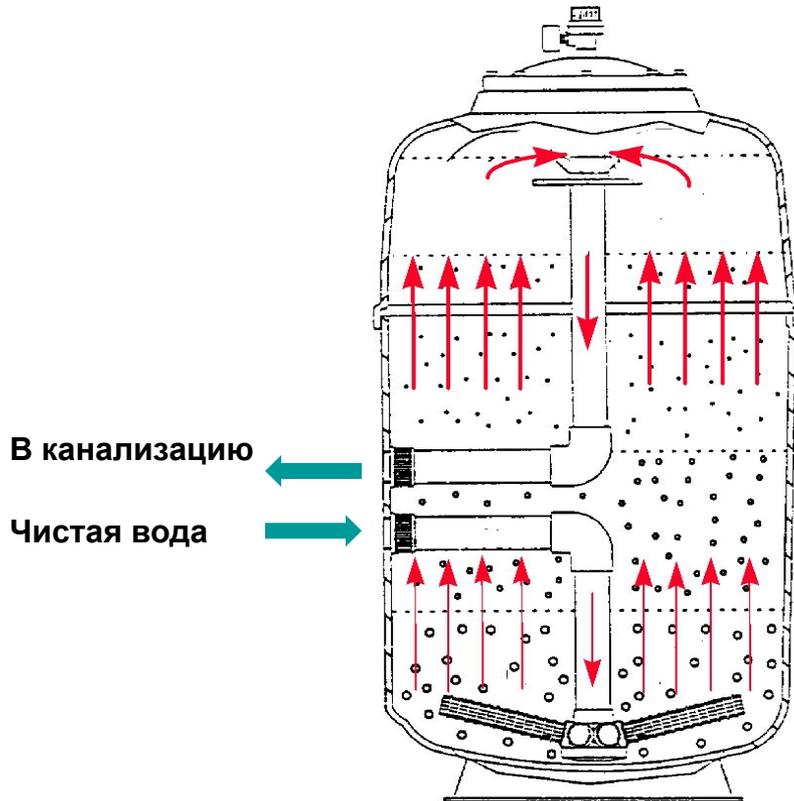
Очищенная вода собирается дренажной распределительной системой

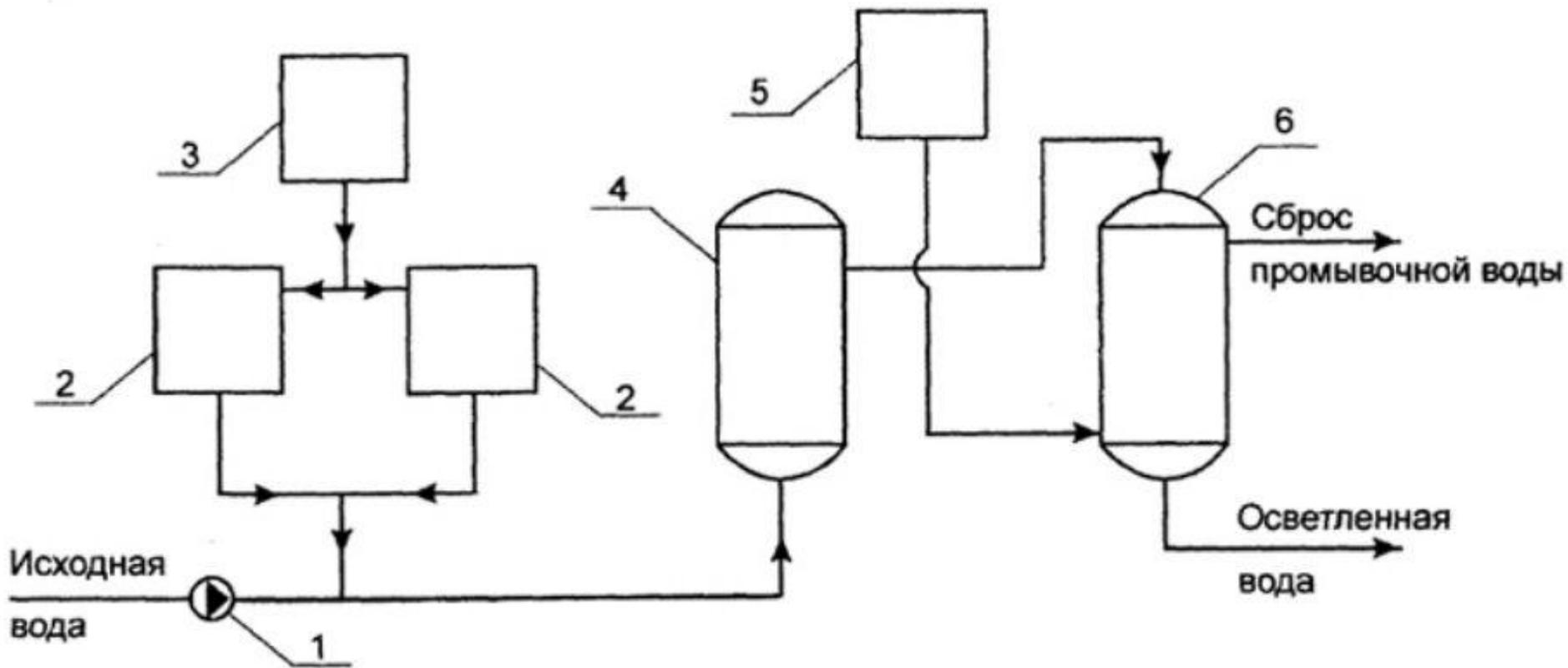


Режим промывки

По мере накопления загрязнений, возрастает гидравлическое сопротивление фильтра и его необходимо промывать

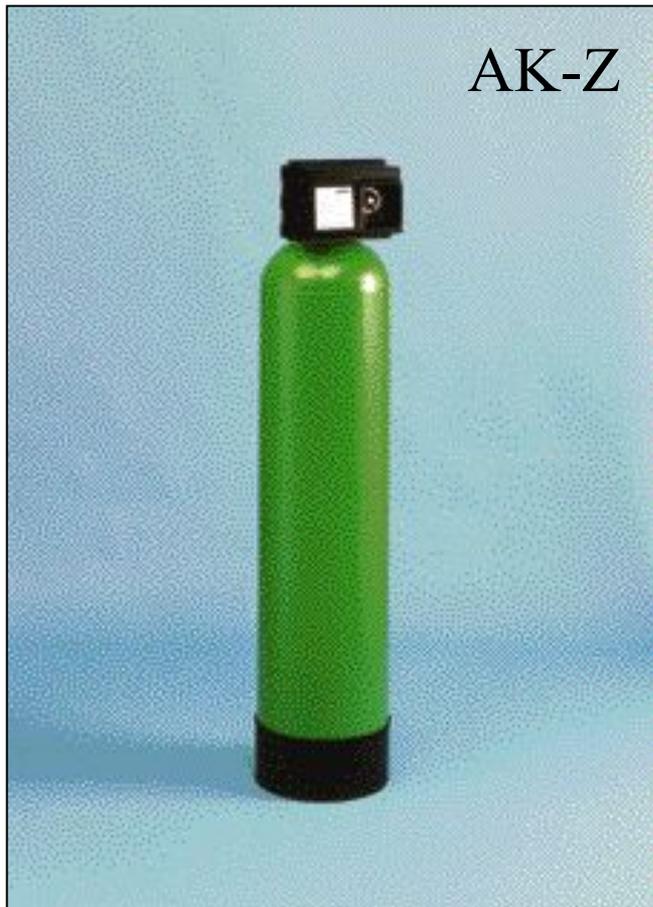
Вода под напором движется снизу вверх расширяя и отмывая фильтрующий материал





Принципиальная схема прямоточной установки для осветления воды
 1 - насос; 2 - дозатор; 3 - бак с раствором коагулянта; 4 –
 смешительный бак; 5 – бак с промывочной водой; 6 – осветлительный
 фильтр

Скорые напорные фильтры с зернистой загрузкой



Сорбционный фильтрующий материал:
активированный уголь с высокоразвитой
поверхностью

Загрязнения задерживаются на
поверхности зерен фильтрующего
материала в толще загрузки за счет
процесса адсорбции

Высокая степень очистки от взвешенных,
коллоидных и ряда растворенных веществ
(снижение мутности, цветности,
свободного хлора и пр.)

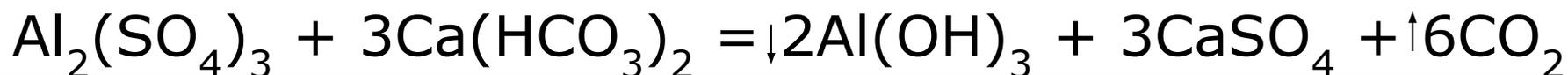
Регенерация обратной промывкой с
периодической заменой загрузки

*

Обработка воды коагулянтами – применяется для удаления мелкодисперсных и коллоидных частиц при отстаивании и фильтрации

Коагулянты – соли Al и Fe

Гидролиз коагулянта в обрабатываемой воде:



$\text{Al}(\text{OH})_3$ – имеет хлопьеобразную структуру и сорбирует мелкие частицы загрязнений

Установки дозирования.



Насос-дозатор (диафрагменного типа) с регулируемой производительностью

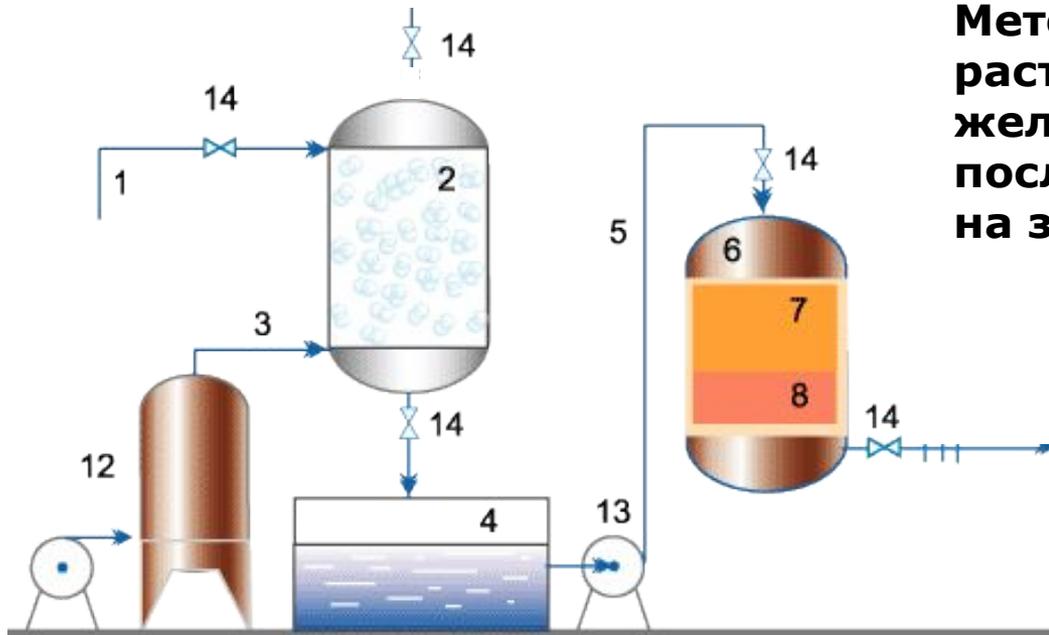
Контактный счетчик воды, управляющий насосом-дозатором

Дозирующие комплекты



Бак для реагента с мешалкой

Удаление из воды железа

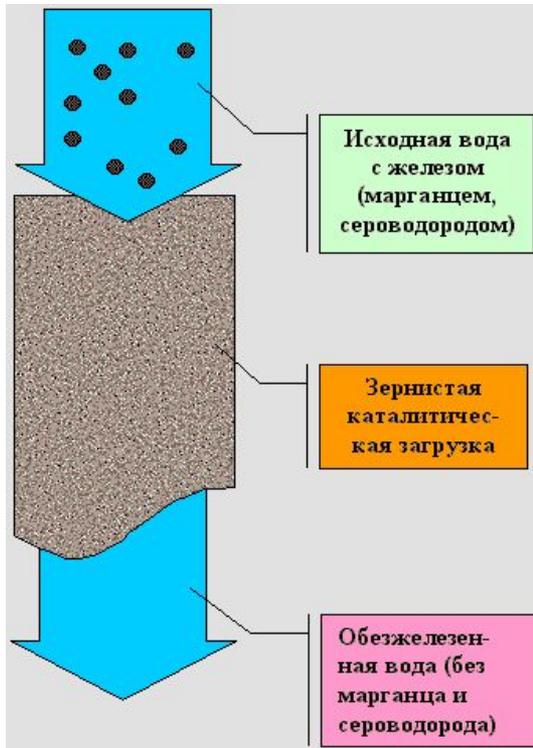


Метод основан на окислении растворенного двухвалентного железа до трехвалентного с последующим его извлечением на зернистом фильтре

В колонне 2 происходит также удаление аммиака, сероводорода, углекислого газа

1 - подача воды на обработку; 2 - дегазационно-аэрационная колонна; 3 - подача сжатого воздуха; 4 - бак-накопитель дегазированной воды; 5 - подача воды на фильтр; 6 - двухслойный зернистый фильтр; 7 - антрацит; 8 - кварцевый песок; 12 -воздуходувная станция; 13 - перекачивающий насос; 14 - запорно-регулирующая арматура

Удаление из воды марганца (железа) с использованием каталитической загрузки



Каталитический зернистый материал на основе оксида марганца обеспечивает ускорение процессов окисления и извлечение продуктов окисления

Для эффективного удаления марганца необходимо дозировать перед каталитическим фильтром перманганат калия – обеспечивает окисление + регенерацию загрузки

• 3.2 Умягчение воды

• Методы умягчения воды:

1. кипячение для снижения карбонатной жесткости
 2. реагентные методы, основанные на переводе кальция и магния в нерастворимые соединения (известковый, известково-содовый, едконатровый, фосфатный, бариевый)
 3. магнитная обработка воды
 4. акустическая (ультразвуковая) обработка воды
 5. ионообменная обработка воды (катионитовый метод)
- обратный осмос

- Катионитовый метод основан на способности некоторых практически нерастворимых в воде веществ, называемых катионитами, обменивать содержащиеся в них активные группы катионов (натрия, водорода и др.), на катионы кальция или магния (например, в процессе фильтрации через слой катионита).
- Эффект умягчения: до 0,01 мг-экв/л.
- Регенерация катионитов производится растворами поваренной соли (для Na-катионитов) , серной и соляной кислотами (для H-катионитов):
 - взрыхление (обратная промывка)
 - собственно регенерация (обработка регенерирующим раствором)
 - отмывка катионита (водой сверху вниз).

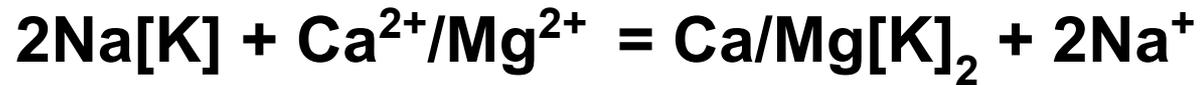
Полная обменная способность катионита – количество грамм-эквивалентов Mg^{2+} и Ca^{2+} которое может задержать 1 м³ катионита в рабочем состоянии до того момента, когда жесткость фильтрата сравнивается с жесткостью исходной воды.

Рабочая обменная способность катионита – количество грамм-эквивалентов Mg^{2+} и Ca^{2+} которое может задержать 1 м³ катионита в рабочем состоянии до того момента, когда жесткость фильтрата превысит ПДК.

Емкость поглощения фильтра (ионообменная емкость) – количество грамм-эквивалентов Mg^{2+} и Ca^{2+} которое может задержать объем катионита находящегося в фильтре (паспортная характеристика фильтра).

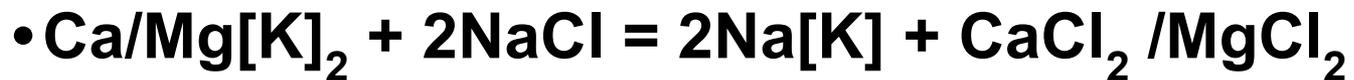
К катионитам относятся глауконитовый песок, гумусовые угли, сульфуголь, искусственные смолы (КУ-1, КУ-2).

Химизм процесса Na-катионирования:

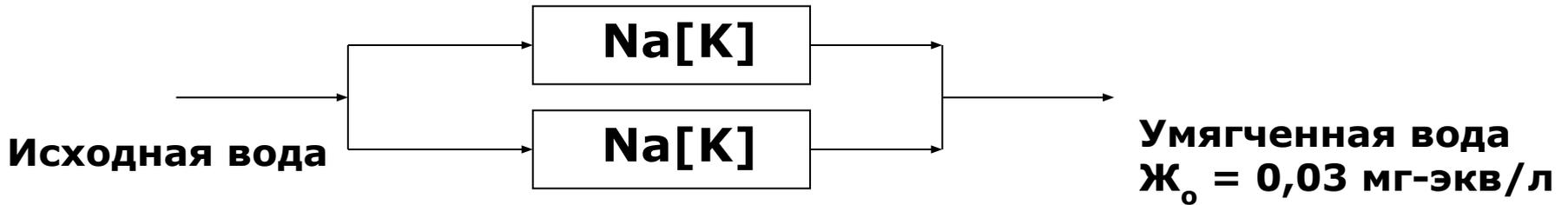


(щелочность умягченной воды остается эквивалентной карбонатной жесткости исходной воды)

Процесс регенерации:



- Схемы включения Na-катионитовых фильтров:
- 1. Одноступенчатая



Жесткость исходной воды, мг-экв/л	Скорость фильтрации, м/ч
5	25
5-10	15
10-15	10

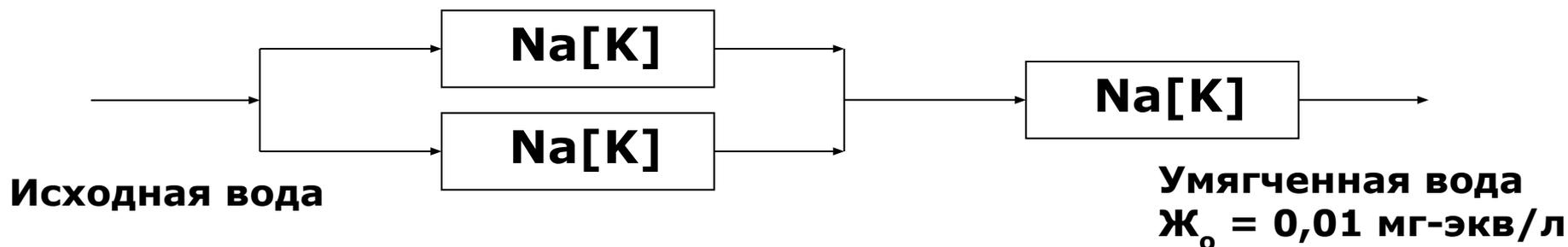
Скорость фильтрации при регенерации катионита: 3-5 м/ч

Расход NaCl на 1 г-экв рабочей обменной емкости 150-200 г

*

- Схемы включения Na-катионитовых фильтров:

- 2. Двухступенчатая



**Скорость фильтрации на 2-й ступени:
60 м/ч**

**Расход NaCl на 1 г-экв рабочей
обменной емкости:
на 1-й ступени 120-150 г
на 2-й ступени 300-400 г**

**Установка умягчения
GENO-mat FW**



**Установка умягчения
GENO-mat duo WE**



**Установка умягчения
GENO-mat duo WF**

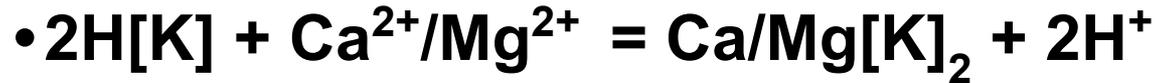


*

Водоподготовка

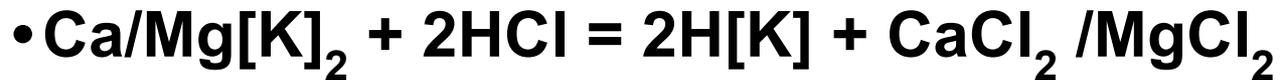
51

Химизм процесса Н-катионирования:



• (образуется кислый фильтрат)

Процесс регенерации:



Н-катионирование уменьшает общее солесодержание !

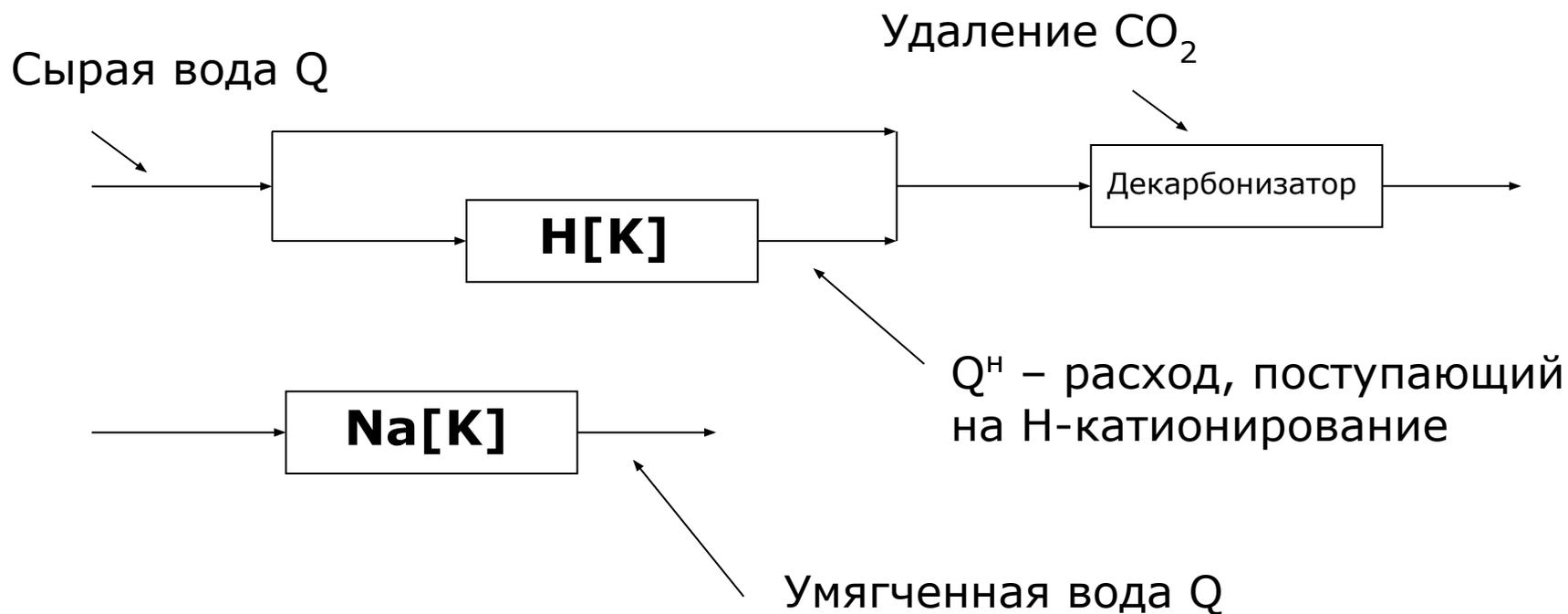
Скорость прохождения раствора при регенерации для Н-катионирования не менее 10 м/ч

Поскольку при Н-катионировании образуются кислоты, то на практике применяют процесс **Н-Na-катионирования**

Схемы Н-Na-катионирования:

- **1. Последовательная**
- **2. Параллельная**

1. Последовательное H-Na-катионирование:



Применяется при высокой жесткости и солесодержании

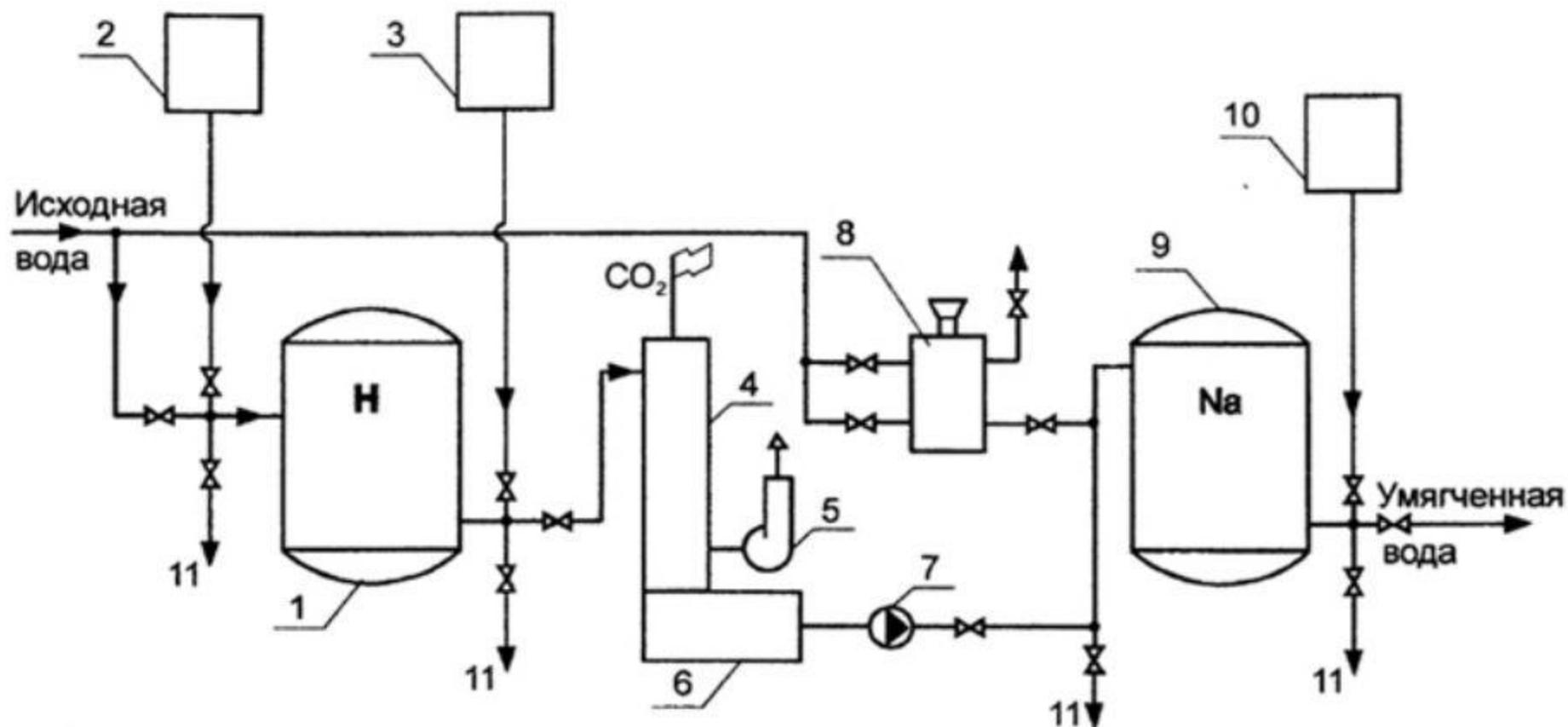


Рис. 3.3. Схема последовательного H-Na-катионирования:

- 1 - H-катионитовый фильтр; 2 - Na-катионитовый фильтр; 3 - бак воды для взрыхления H-катионита; 4 - удалитель углекислоты; 5 - вентилятор; 6 - бак умягченной воды; 7 - насос; 8 - солерастворитель; 9 - Na-катионитовый фильтр; 10 - бак воды для взрыхления Na-катионита; 11 - сброс загрязненной воды в канализацию

Доля воды, поступающей на Н-катионирование:

$$q^H = Q^H/Q = (Ж'_k - Ж^{см}_k)/(Ж'_k + K^H)$$

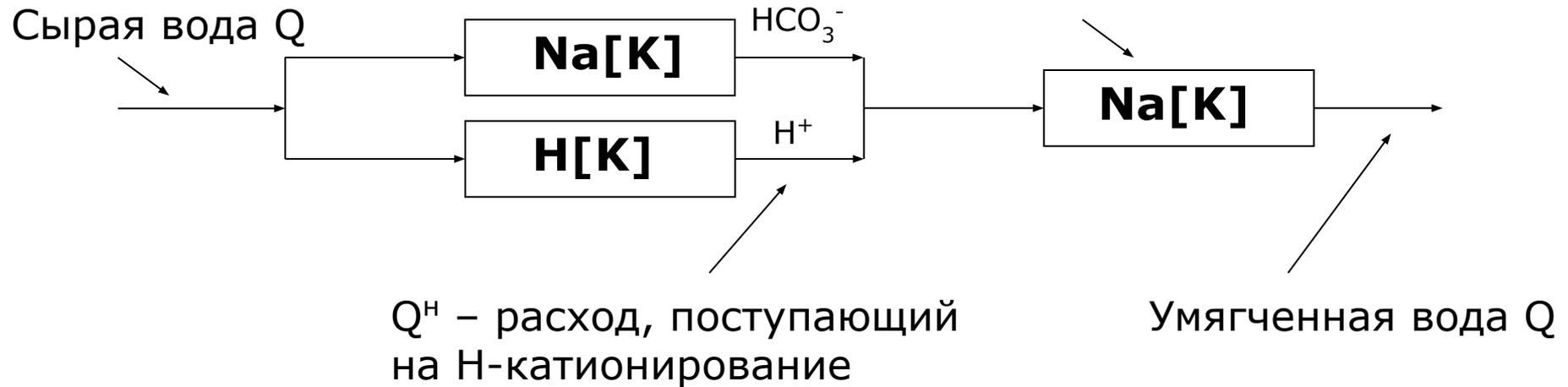
где $Ж'_k$ – карбонатная жесткость исходной воды
 $Ж^{см}_k$ – заданная карбонатная жесткость смеси исходной и Н-катионированной воды (0,7 мг-экв/л)
 K^H – кислотность Н-катионированной воды, мг-экв/л

$$K^H = Cl^-/35,46 + SO_4^{2-}/48,03$$

Н-катионитовый фильтр регенерируется уменьшенным количеством кислоты «голодная регенерация»

2. Параллельное H-Na-катионирование:

Барьерный фильтр, исключающий опасность переокисления



Позволяет снизить жесткость до 0,01 мг-экв/л
Позволяет снизить щелочность до 0,3 мг-экв/л

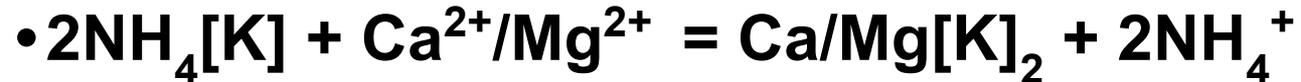
Доля воды, поступающей на Н-катионирование:

$$q^H = Q^H/Q = (Ж'_к - Щ''_к)/Ж'_о$$

где $Ж'_к$ – карбонатная жесткость исходной воды
 $Щ''_к$ – заданная щелочность обработанной воды
 $Ж'_о$ – общая жесткость исходной воды

Метод применяется при содержании хлоридов и сульфатов в исходной воде не более 4 мг-экв/л, натрия не более 2 мг-экв/л

- Процесс аммоний-катионирования (NH_4 -катионирования):



- При нагреве в котле образуются аммиак и кислоты:



- NH_4 -катионирование применяется только совместно с Na-катионированием!

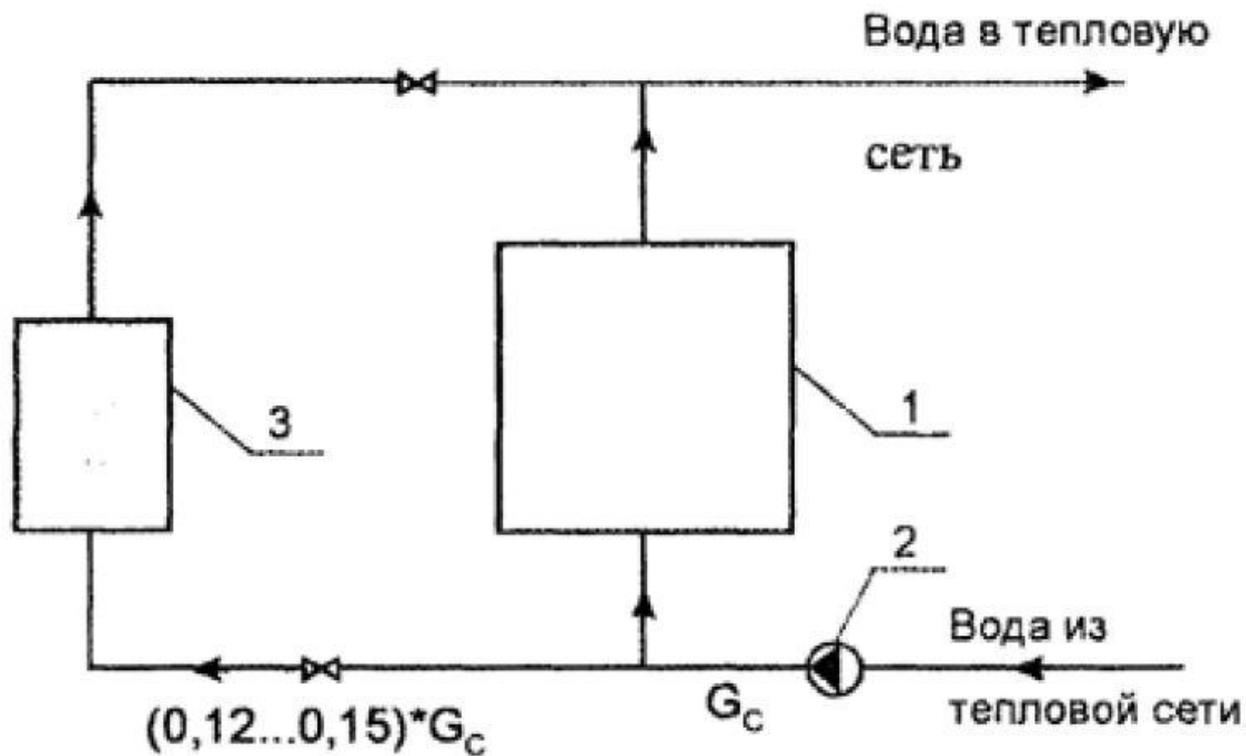


Рис. 3.4. Схема магнитной обработки воды:

1 - водогрейный котел; 2 - сетевой насос; 3 - устройство магнитной обработки воды

Рекомендации по выбору установок

Условие	Рекомендация
Непрерывно требуется мягкая вода	Сдвоенная установка
В определенное время не требуется мягкая вода	Одиарная установка
Постоянный во времени расход воды	Установка с регенерацией по времени
Переменный во времени расход воды	Регенерация по количеству умягченной воды
Длительное потребление воды	Сдвоенная установка
Требуется высокая степень надежности установки	Установка с двумя управляющими вентилями (duo WF)
Цель применения: питьевое водоснабжение дома, отеля, предприятия...	Установка с экономичной регенерацией
Цель применения: подпиточная вода котельной, промышленное применение	Установка с полной регенерацией

Последовательность выбора установок

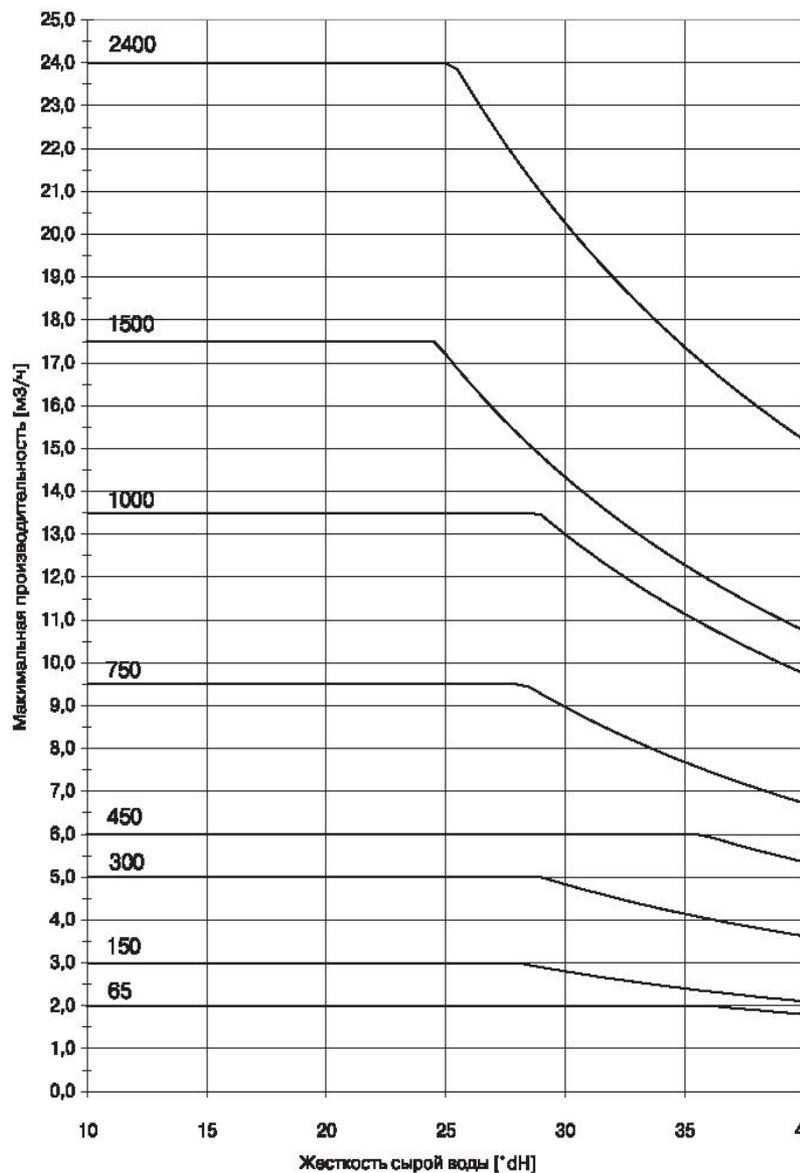
Исходные данные:

Q [м³/ч] – требуемая максимальная производительность установки;

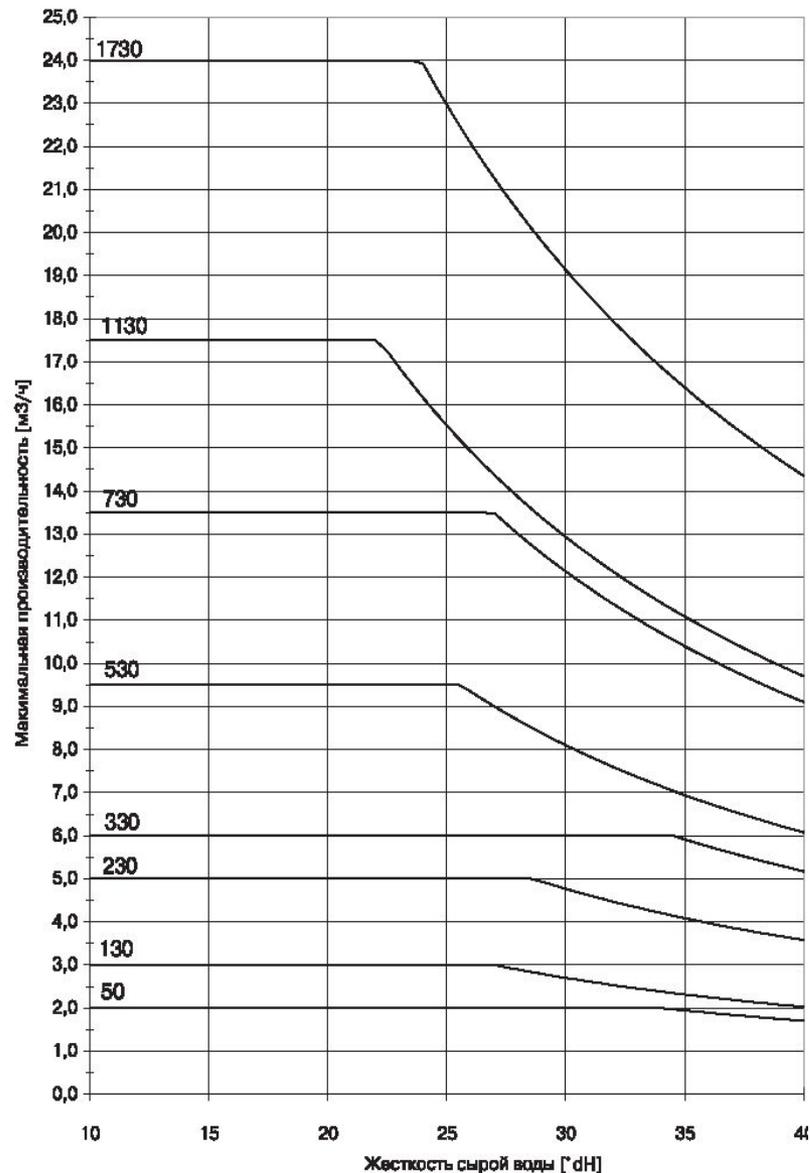
RH [°dH] – жесткость сырой воды;

VH [°dH] – требуемая жесткость умягченной воды.

1. Если требуется полное умягчение воды, то установка выбирается по диаграммам (рис. 1 и 2). Выбирается график, находящийся выше точки пересечения значений Q и RH .



Максимальный расход в зависимости от жесткости сырой воды для установок с полной регенерацией
Рисунок 1



Максимальный расход в зависимости от жесткости сырой воды для установок с экономичной регенерацией
Рисунок 2

*

Последовательность выбора установок

2. Если требуется частичное умягчение воды, то первоначально определяется максимальная производительность установки при полном умягчении:

$$Q_v = Q^*(RH - VH)/RH$$

Установка выбирается по диаграммам (рис. 1 и 2).
Выбирается график, находящийся выше точки пересечения значений Q_v и RH .

3. Если жесткость сырой воды выше $40 \text{ }^0\text{dH}$, то первоначально определяется требуемая обменная емкость установки в единицу времени [$\text{м}^3 \cdot \text{ }^0\text{dH/ч}$]:

$$ZK = Q^*(RH - VH)$$

Последовательность выбора установок

По таблицам подбирается установка с обменной емкостью, превышающей требуемую величину.

1) Установки с полной регенерацией:

Тип установки	65	150	300	450	750	1000	1500	2400
ZK [м ³ x °dH / ч]	72	84	145	214	269	390	430	608

2) Установки с экономичной регенерацией:

Тип установки	50	130	230	330	530	730	1130	1730
ZK [м ³ x °dH / ч]	68	81	143	207	243	364	388	574

Последовательность выбора установок

4. Расчет интервалов T между регенерациями.
Первоначально определяется объем мягкой воды, который может произвести установка до регенерации:

$$M_w = NK / (RH - VH)$$

где NK – обменная емкость установки (паспортная величина),
[м³·°dH].

Интервал между регенерациями, ч:

$$T = M_w / Q_m$$

где Q_m – реальная производительность установки, [м³/ч].

• 3.3 Обессоливание воды

- Применяется, как правило, для паровых котлов
- Особенно важно обескремнивание для котлов высокого давления
- Методы обессоливания:

дистилляция;

сочетание катионитовой и анионитовой обработки;

мембранные технологии (обратный осмос);

Сочетание катионитовой и анионитовой обработки:

1 ступень Н-катионирования:
удаление катионов

1 ступень анионирования
слабоосновным анионитом:
удаление анионов
нейтрализация H^+

2 ступень Н-катионирования:
удаление всех катионов



**Глубоко обессоленная
и деаэрированная вода**

Мембранные ТЕХНОЛОГИИ



1. Общая информация о мембранной технике

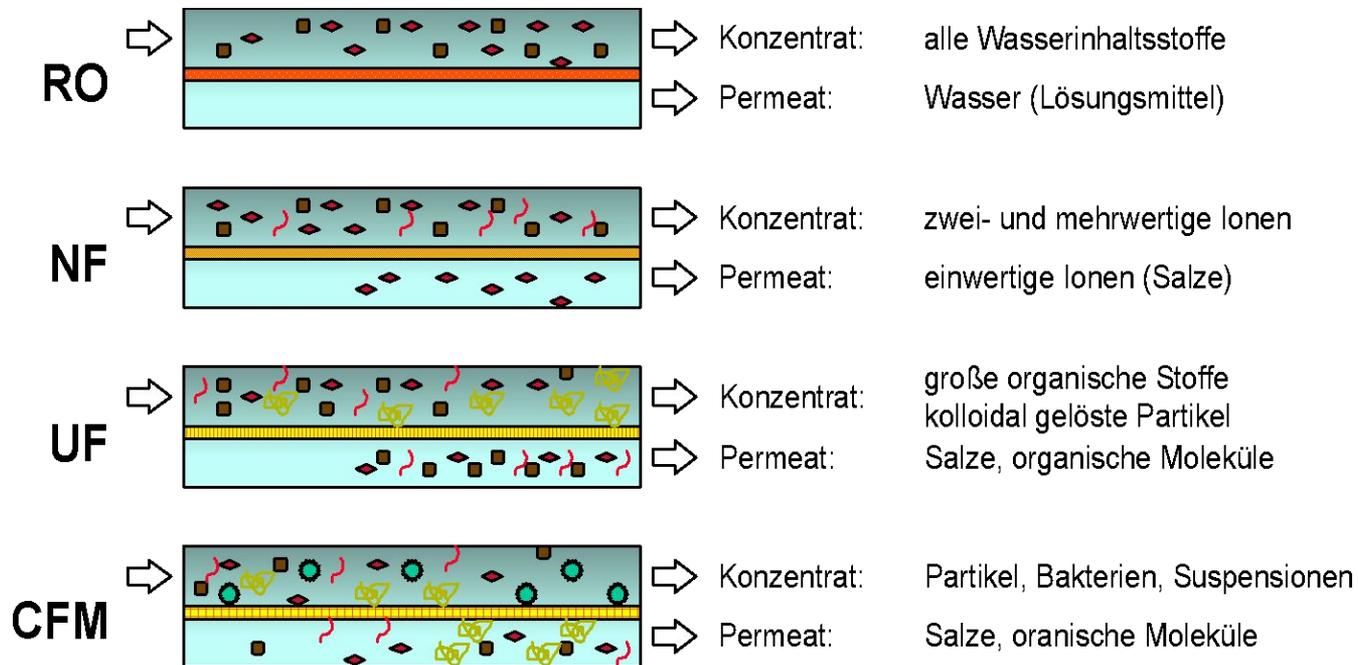
Мембранные технологии позволяют удалять из воды все виды загрязнений, включая бактерии, молекулы и ионы.

С экономической точки зрения, целесообразным является предварительное удаление из воды взвешенных и коллоидных веществ другими методами.

В мембранных технологиях не используются химические реагенты, что делает этот метод наиболее экологичным

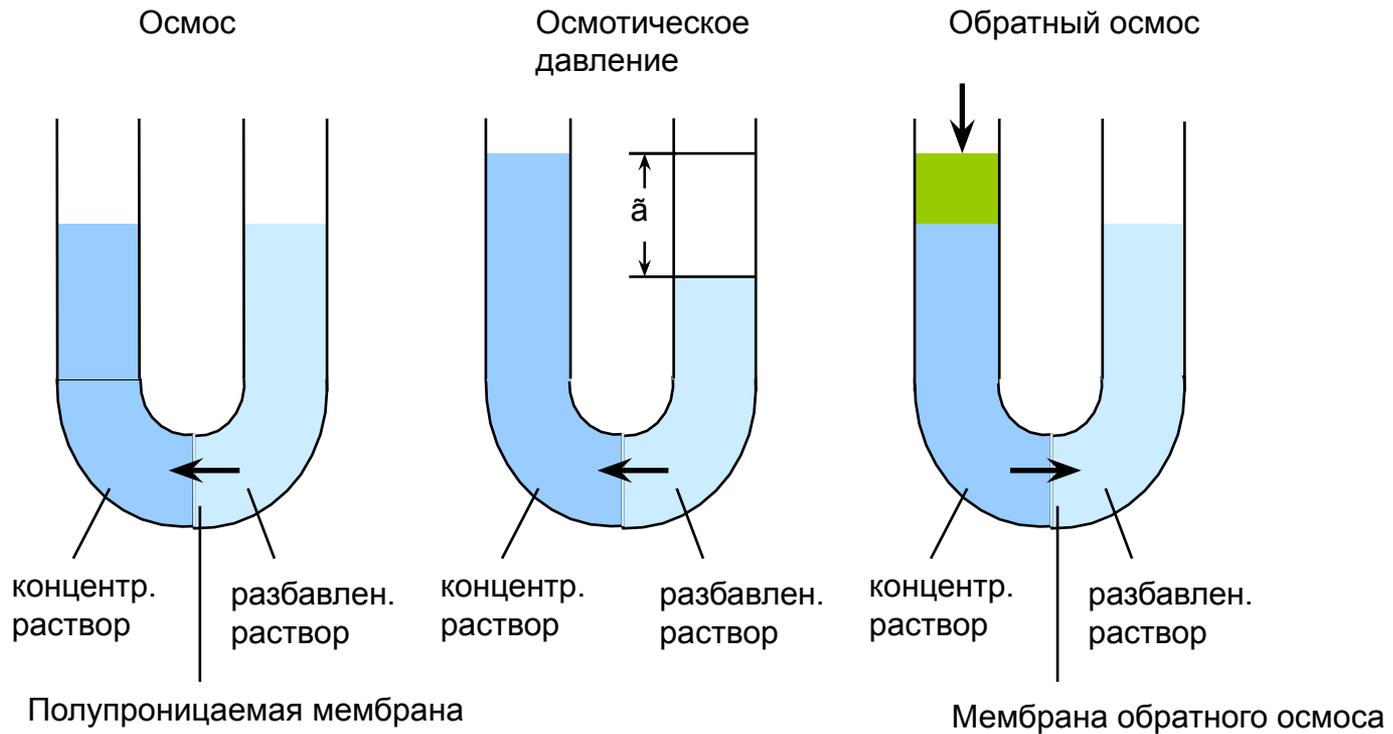
2. Метод очистки с помощью мембран

Рабочая среда должна пропускаться через мембрану под давлением. Существует четыре различных мембранных процесса: обратный осмос (англ. **Reverse Osmosis**) (**RO**), нанофильтрация (**NF**), ультрафильтрация (**UF**) и поперечная микрофильтрация (**CFM**). Они различаются в основном типом применяемых мембран и коэффициентом очистки различных веществ, содержащихся в воде.



3. Осмос – Обратный осмос

При обратном осмосе из концентрированного раствора (вода с содержанием солей) растворитель (чистая вода) переносится в раствор с меньшей концентрацией солей.



3. Обратный осмос

Метод обратного осмоса основывается на принципе обратном естественному осмосу. К раствору с большей концентрацией прикладывается давление выше, чем осмотическое. При этом молекулы воды диффундируют через мембрану из раствора с большей концентрацией к раствору с меньшей концентрацией. Технический элемент, в котором проходит данный процесс, называется модулем обратного осмоса. Этот модуль состоит из мембраны и напорного бака.

Изменения температуры воды оказывают большое влияние на количество пермеата. Вязкость воды изменяется с повышением температуры. При этом происходит 3%-ное увеличение расхода пермеата на каждый градус увеличения температуры. В водоподготовке этот метод обессоливания представляет собой высокоэкономичную технологию. Не требуются химические реагенты для проведения регенераций.

4. Основные понятия мембранной техники

Полупроницаемая мембрана:

Полупроницаемая мембрана пропускает только определенные частицы вещества или смеси веществ. Однако она является проницаемой для растворителей.

Пермеат:

Очищенный в результате пропускания через мембрану раствор называется пермеат (= часть питательной воды, которая прошла через мембрану).

Концентрат:

Концентрат – это вода с высокой концентрацией солей, которая увеличивается в процессе обратного осмоса и зависит от количеству полученного пермеата. Концентрат содержит растворенные вещества, присутствующие в питательной воде, в высококонцентрированной форме.

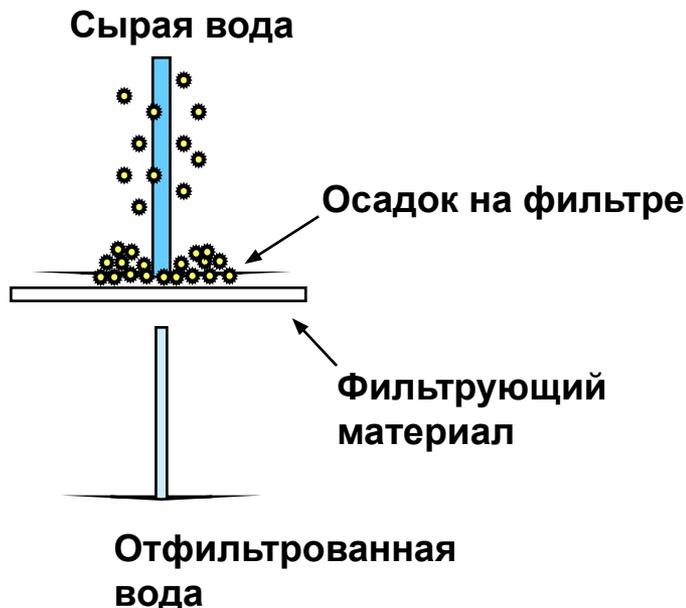
Выход (эффективность):

Это – отношение количества пермеата к количеству питательной воды в %. При этом является важным, что при увеличении эффективности возрастает концентрация солей в пермеате. Поэтому в каждом отдельном случае должно быть определено оптимальное соотношение между качеством пермеата и эффективностью установки обратного осмоса.

$$\text{Ausbeute [\%]} = \frac{\text{Permeat}}{\text{Rohwasser}} * 100 \%$$

5. Конструкция спиралевидного модуля

Классическая фильтрация

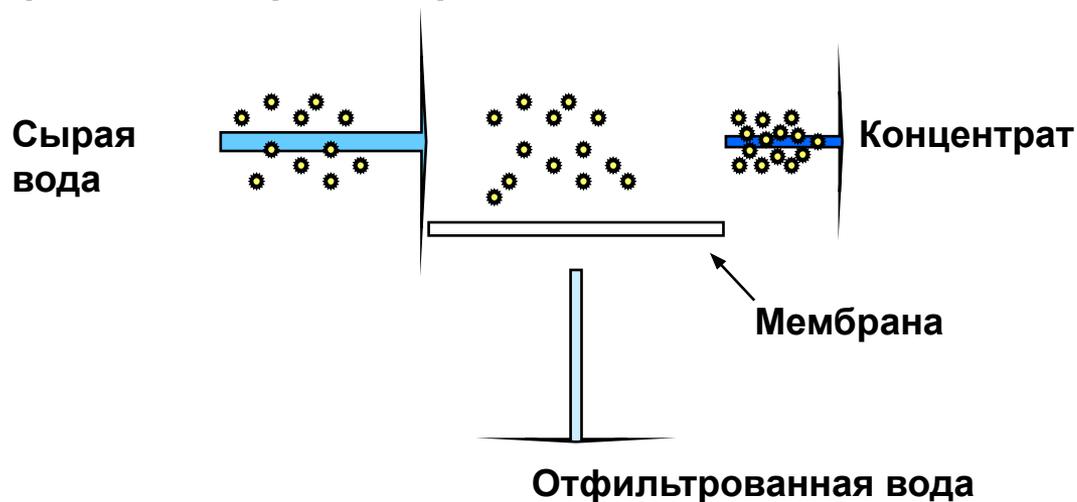


Классическая фильтрация:

Вся питательная вода проходит через фильтрующий материал. Направление потока при этом перпендикулярно фильтру. На поверхности фильтрующего материала образуется осадок, который способствует увеличению перепада давления между сырой и отфильтрованной водой, скорость фильтрации при этом уменьшается.

5. Конструкция спиралевидного модуля

Поперечная фильтрация Cross Flow-Filtration

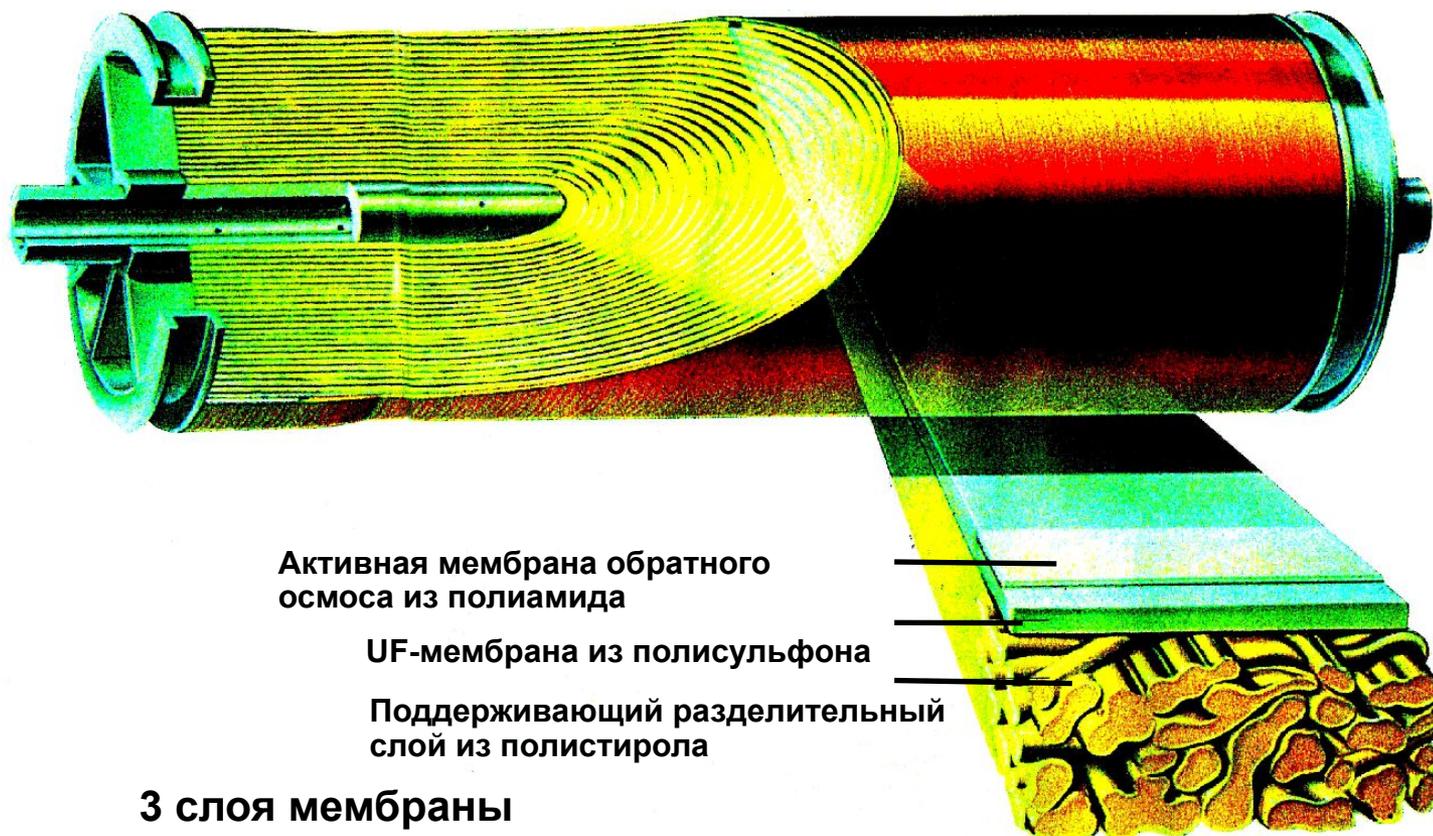


Поперечная фильтрация:

Растворенные соли или органические соединения не проходят через полупроницаемую мембрану установки обратного осмоса. Они задерживаются на поверхности мембраны, где увеличивается их концентрация. Увеличение концентрации вызывает повышение осмотического давления со стороны сырой воды и существенное снижение потока пермеата. Это блокирует поперечную фильтрацию. Поток сырой воды в установке обратного осмоса разделяется на два: очищенный пермеат и концентрат. Концентрат содержит растворенные и нерастворенные примеси сырой воды.

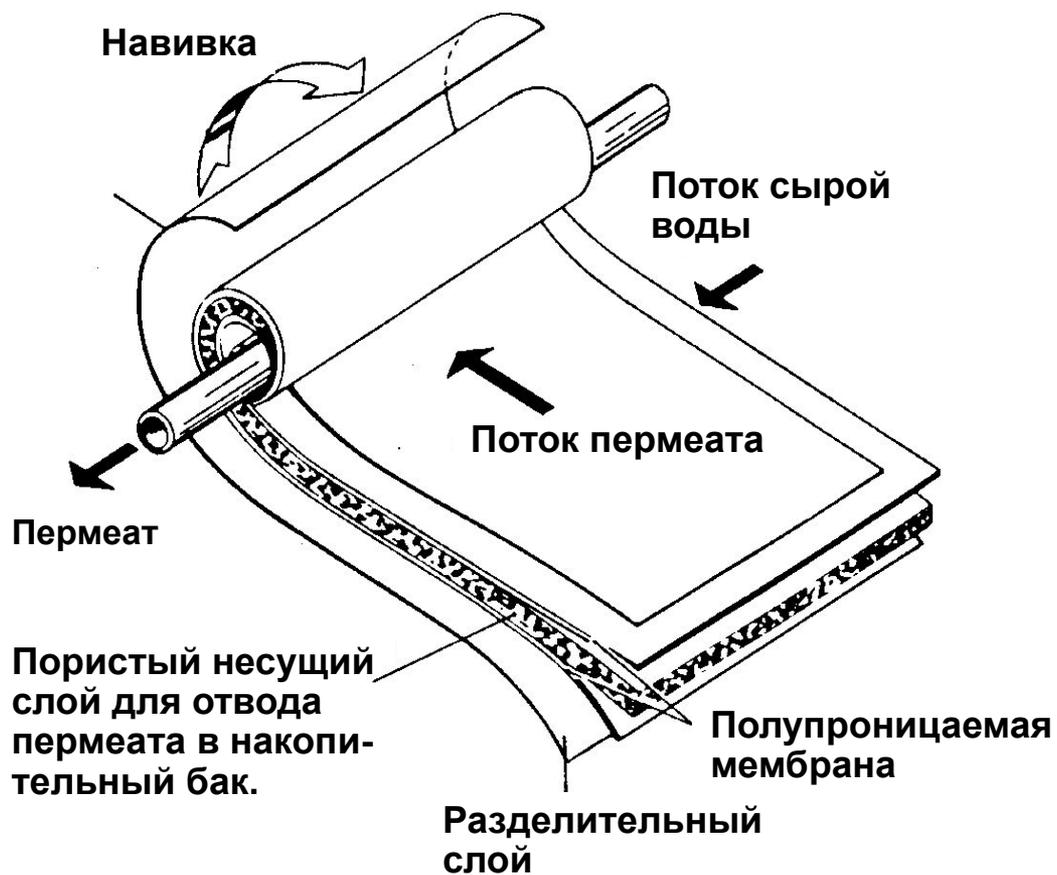
5. Конструкция спиралевидного модуля

Мембранный элемент

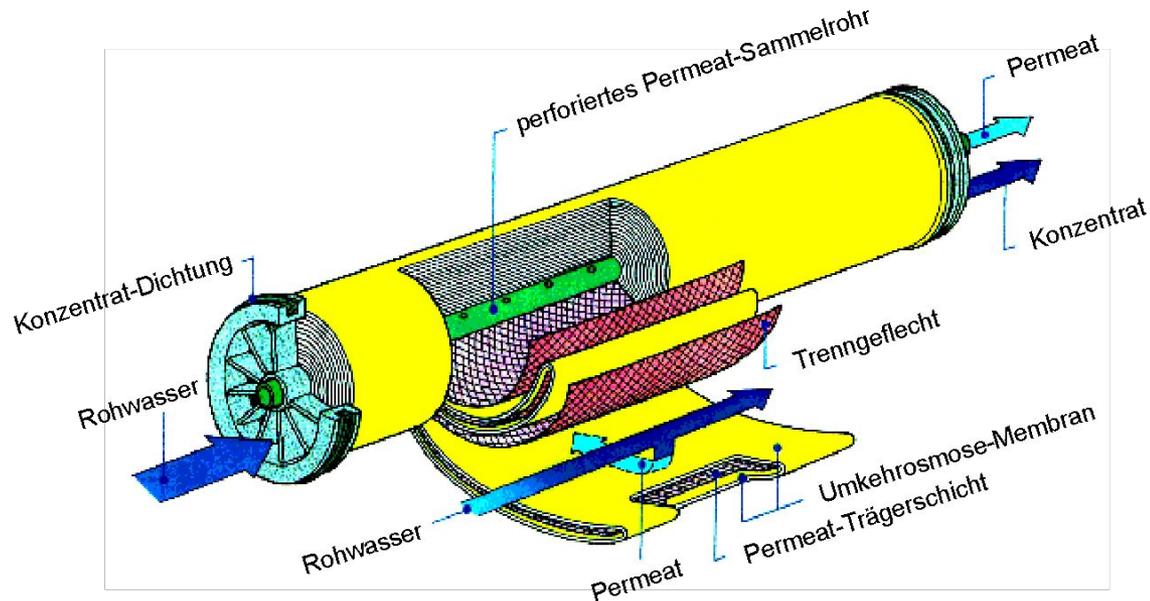


5. Конструкция спиралевидного модуля

Мембранный элемент



5. Конструкция спиралевидного модуля Мембранный элемент



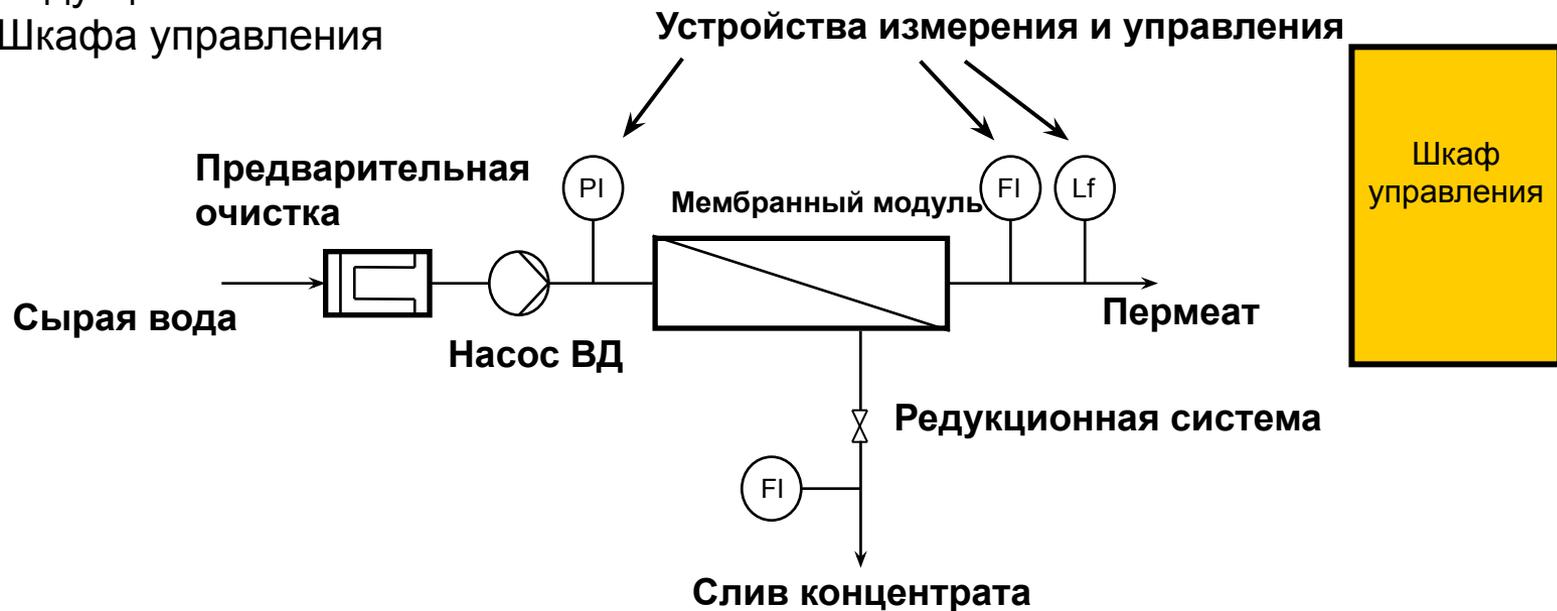
Мембрана:

- активный разделительный слой из полиамида 0,2 - 2,5 μm
- несколько поддерживающих слоев из полисульфона 60 - 2000 μm
- Мембрана низкого давления: рабочее давление 7 - 16 (20) бар, конечная электропроводность 10 (5) - 30 $\mu\text{S/cm}$
- Обессоливание морской воды: рабочее давление до 70 бар

6. Конструкция установки обратного осмоса

Установка обратного осмоса состоит из следующих главных компонентов:

- Ступени предварительной очистки
- Насоса высокого давления
- Мембранного модуля (напорный сосуд + мембранный элемент)
- Устройств измерения и управления
- Редукционной системы
- Шкафа управления



7. Полная комплектация водоподготовительного оборудования с установкой обратного осмоса

- **Предварительная подготовка:**

- фильтр тонкой очистки
 - разделитель систем
 - умягчитель

- по потребности:

- фильтр для удаления железа
 - фильтр для удаления марганца
 - фильтр с активированным углем

- **Установка обратного осмоса**

- **Бак с чистой водой**

- **Повысительная установка**

9. Требования к исходной воде для установок обратного осмоса

- Железо: $\leq 0,2$ ppm
- Марганец: $\leq 0,05$ ppm
- Кремниевая кислота SiO_2 : ≤ 15 ppm. При более высоком значении падает эффективность
- Свободный хлор: n.p.
 $\leq 0,2$ ppm при использовании фильтра с активированным углем
- Коллоидный индекс: ≤ 3
- pH: 3 - 9
- Температура: 10 - 20 (30) °C
- Общая жесткость: $< 0,1$ мг-экв/л ($< 0,3$ °dH)

Если указанные значения будут превышены, то необходима предварительная соответствующая очистка вода!

10. Исходные данные для подбора установок обратного осмоса

- **Анализ исходной воды (требования к пермеату)**
- **Дневная потребность в пермеате**
- **Дневная продолжительность эксплуатации в часах (8; 16 или 24 ч.)**
- **тах. часовой расход**
- **Давление перед установкой**
- **Давление, необходимое для потребителя**

ВОДОПОДГОТОВКА

Установка GENO-OSMO Тип РК

Производительность
по пермеату:
более 2000 л/ч



*

•3.4 Деаэрация воды (удаление O_2 , H_2S , CO_2)

Применяется для всех типов котлов, как правило, на заключительной стадии водоподготовки

химические методы

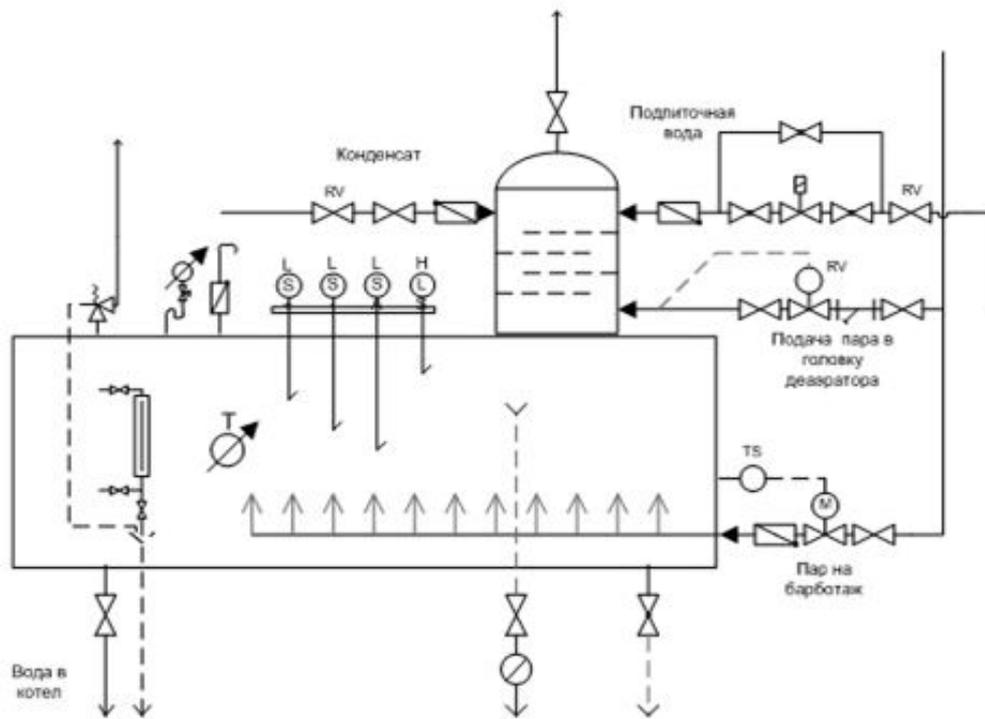
физические методы (в т.ч. термические)

- Химические методы
- Обескислороживание
- $2\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{O}_2 = 2\text{Na}_2\text{SO}_4$
- $\text{N}_2\text{H}_4 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + \text{N}_2\uparrow$
- Удаление остальных газов химическими способами при подготовке подпиточной воды не практикуется!



- Термическая деаэрация
- Деаэраторы повышенного давления
- Деаэраторы атмосферного типа
- Вакуумные деаэраторы

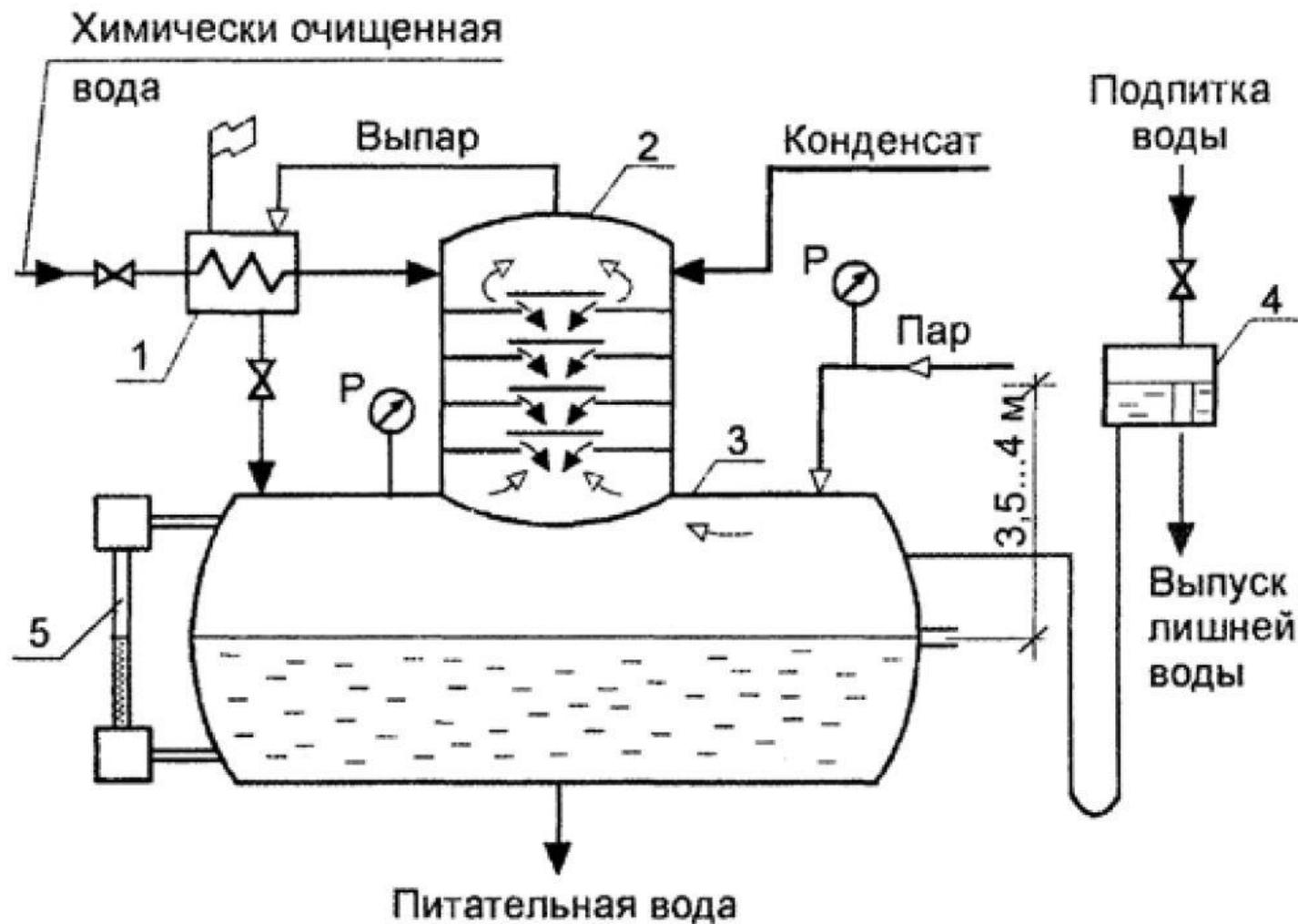
Термическая деаэрация



Температура воды 103°C

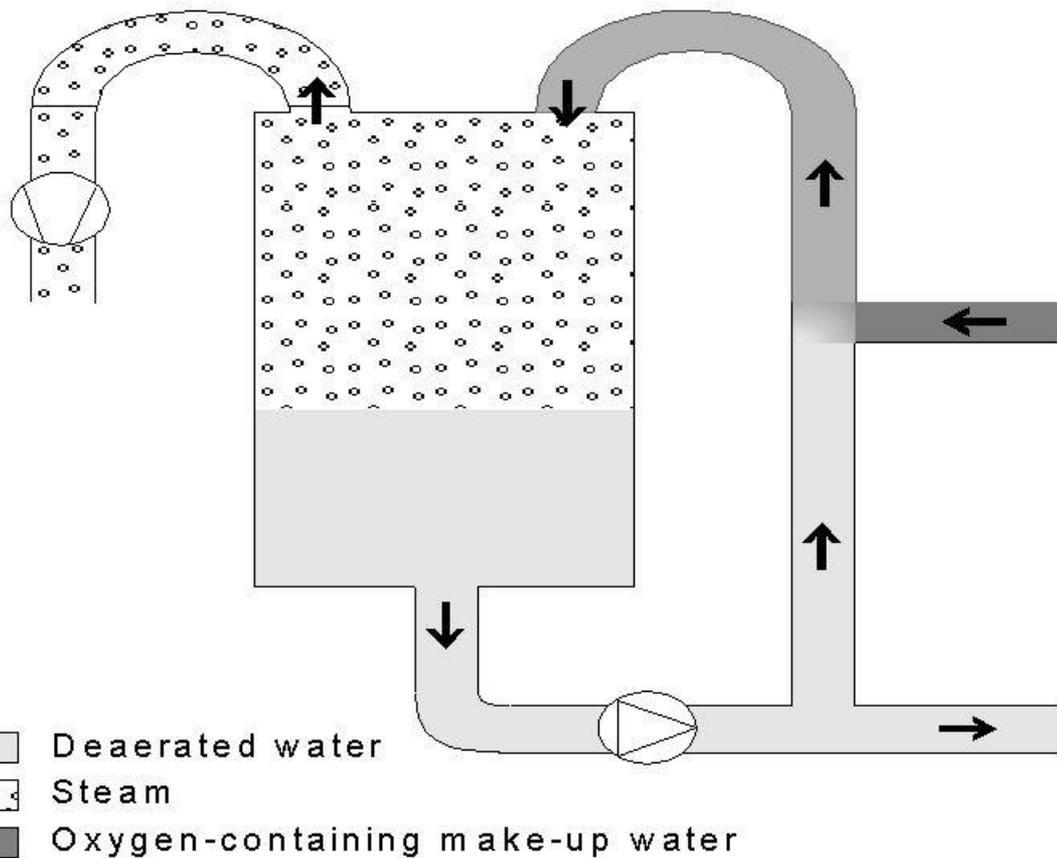
*

Водоподготовка

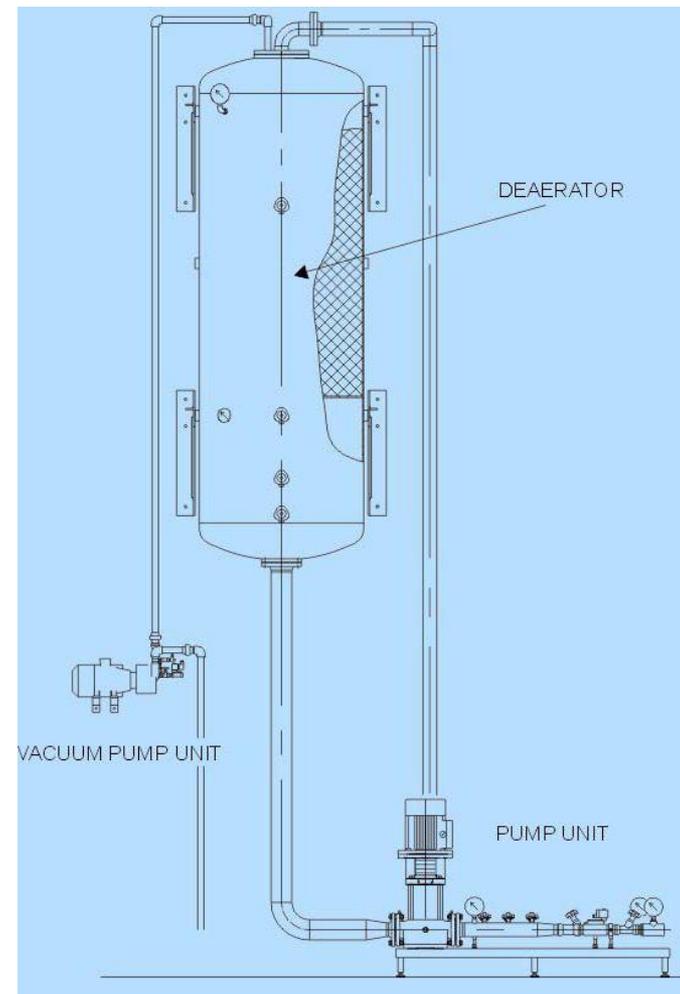


1 – охладитель пара; 2 – колонка (головка) деаэратора; 3 – бак (аккумулятор); 4 – гидрозатвор; 5 – водоуказательное стекло

Вакуумная деаэрация



Температура воды 60-90°C



*

- **3.5 Коррекционная обработка воды**

- Применяется для связывания остаточных солей жесткости (на заключительном этапе водоподготовки)

- Применяемые реагенты:

- **Na_3PO_4 – тринатрийфосфат**

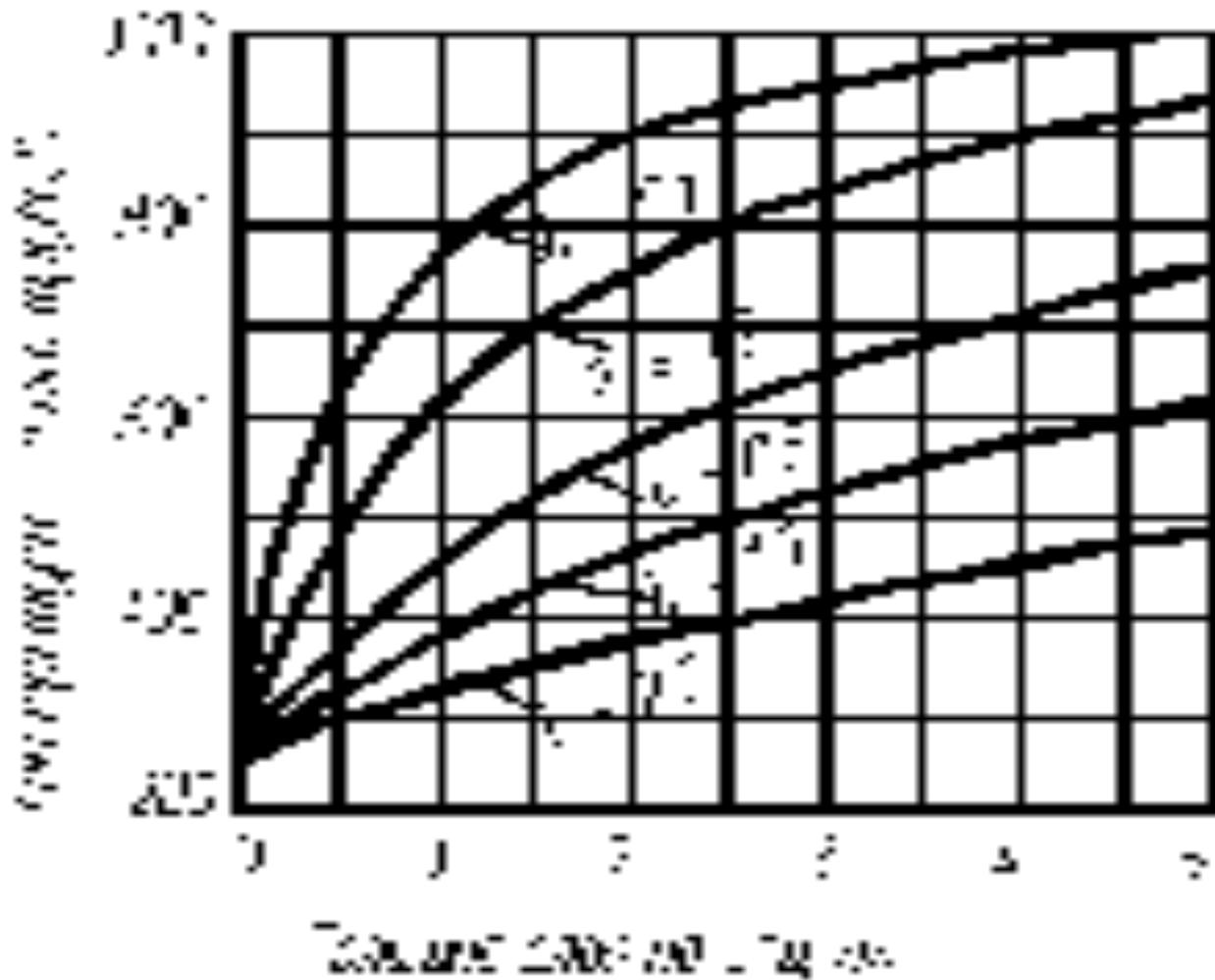
- При добавлении тринатрийфосфата образуются вещества, связывающие кальций и магний, которые выпадают в виде шлама и удаляются при продувках



$$t_{\text{СТ}} = t_{\text{Н}} + q \left(\frac{\delta_{\text{СТ}}}{\lambda_{\text{СТ}}} + \frac{\delta_{\text{НАК}}}{\lambda_{\text{НАК}}} + \frac{1}{\alpha_2} \right),$$

Вид накипи и ее химический состав	Характер отложений	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)*
Накипь, содержащая масло	Твердая	0,116–0,175
Силикатная накипь (с содержанием SiO ₂ , равным 20–25 % и выше)	Твердая	0,058–0,232
Гипсовая накипь (с содержанием CaSO ₄ до 50 %)	Твердая, плотная	0,580–2,900
Карбонатная накипь (с содержанием CaCO ₃ + MgCO ₃ больше 50 %)	От аморфного порошка до твердого котельного камня	0,580–7,000
Смешанная накипь, состоящая из гипса, карбонатов и силикатов кальция и магния	Твердая, плотная	0,800–3,500

*



Зависимость температуры стенки кипятильной трубы от толщины слоя накипи для различных значений коэффициента ее теплопроводности

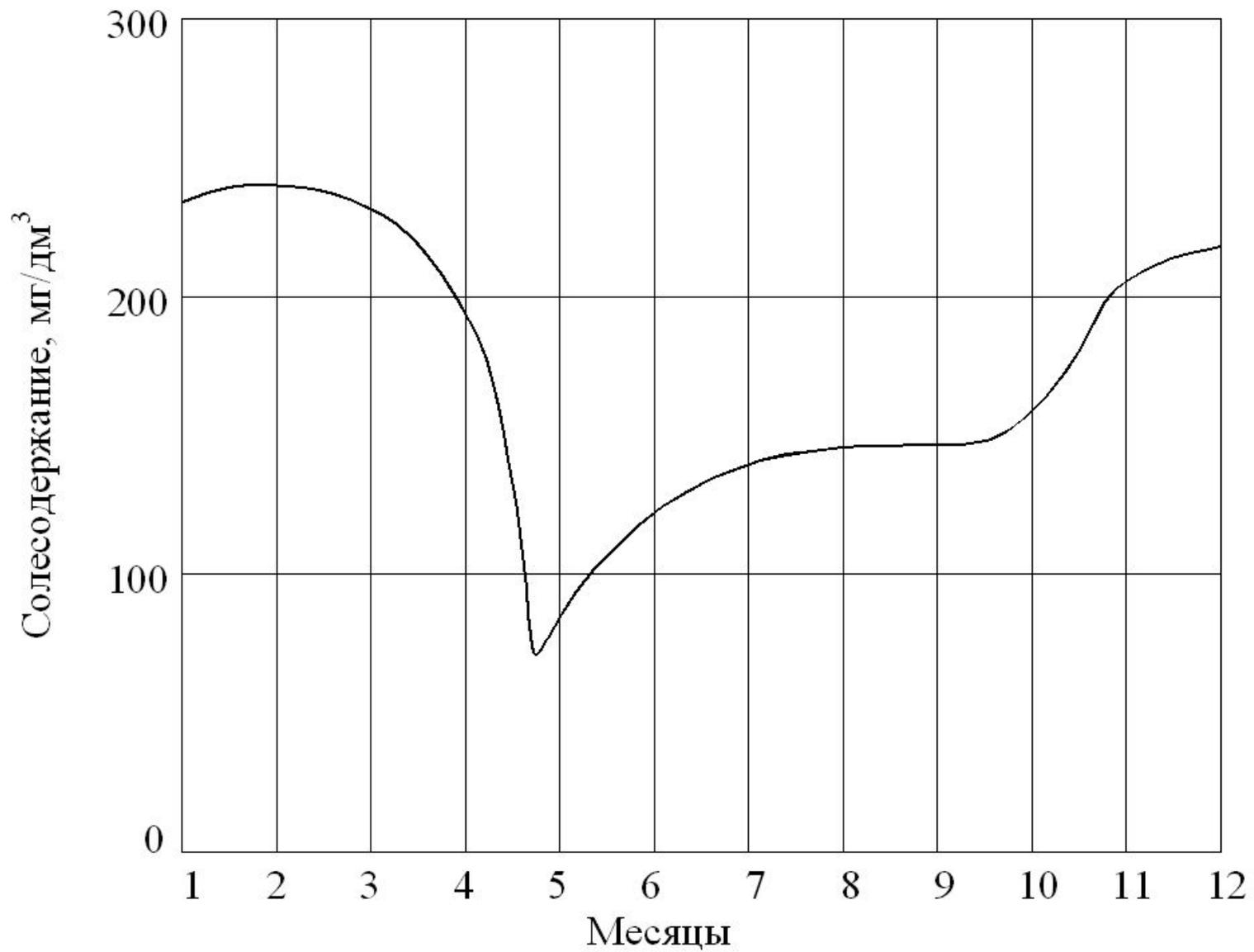


Рис. 1.1. Изменение солесодержания речной воды по временам года