

КГЭУ

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Казанский государственный энергетический университет»**

## **Лекция № 4**

**Области использования флотации и мембранных  
методов очистки. Основы адсорбции и ионного  
обмена. Окислительно-восстановительные процессы  
в водоочистке**

Кафедра «Химия и водородная энергетика»

**Цель лекции:** познакомить с основами флотации и мембранных методов очистки воды, изучить основы адсорбции и ионного обмена в процессах водоочистки, роль окислительно-восстановительных процессов в очистке воды от загрязнений.

## Задачи:

01



Представить области применения флотации и мембранных методов очистки.

02



Объяснить основы адсорбции и ионного обмена в контексте водоочистки.

03



Рассмотреть окислительно-восстановительные процессы и их роль в водоочистке.

04



Подчеркнуть важность этих методов для эффективной очистки воды от загрязнений и обеспечения безопасности питьевой воды.

# Основные вопросы

---

1

Флотация,  
мембранные  
методы очистки  
воды

2

Окислительно-  
восстановительн  
ые процессы и  
водоочистка.

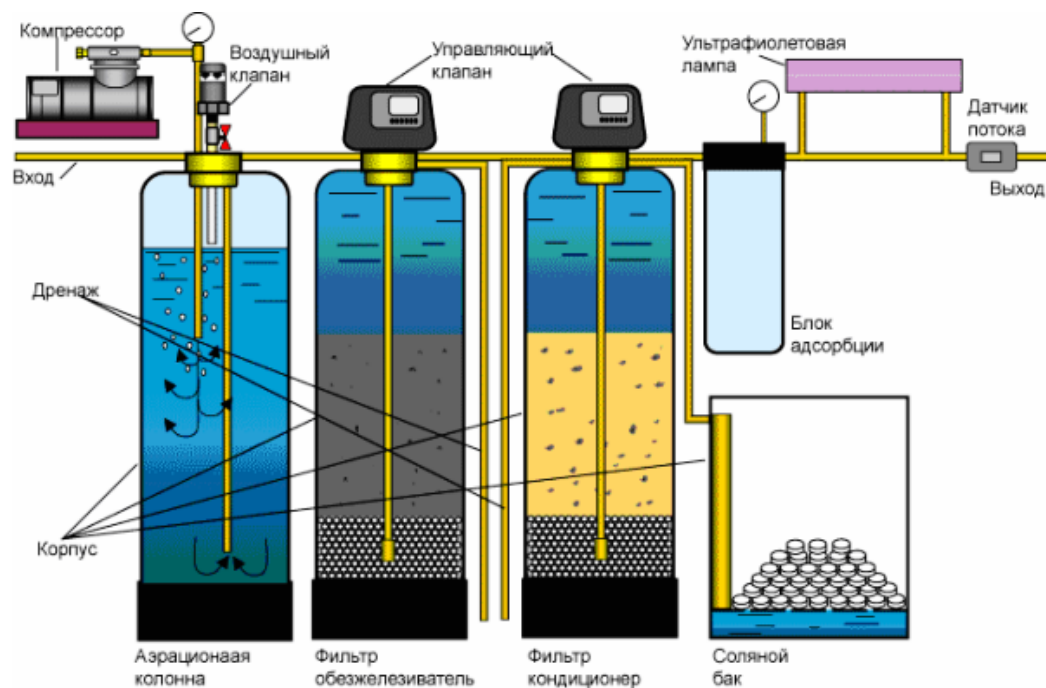
3

Адсорбция,  
ионный обмен

# Ионный обмен при водоочистке

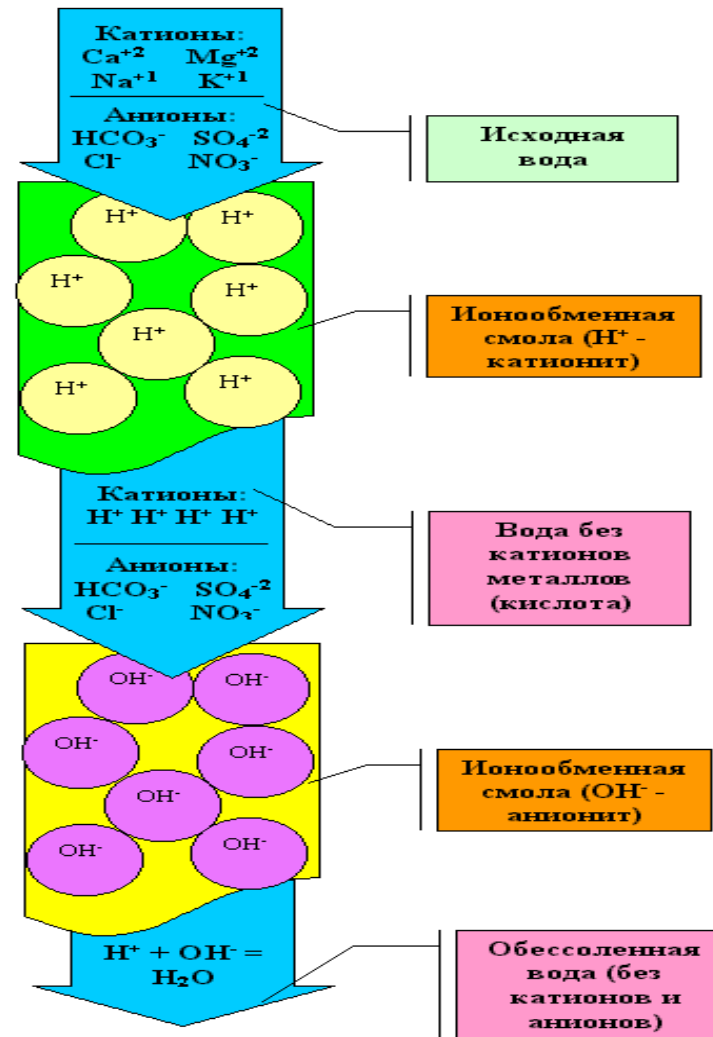
Ионообменный способ очистки воды относится комплексу водоподготовки. Он используется для удаления солей жесткости и называется умягчением. В процессе удаляются соли кальция, магния, марганца, а также тяжелые металлы, радионуклиды, органические загрязнители.

Обессоливание воды ионитами основано на замене ионов солей на ионы водорода и гидроксила. Затем ионы водорода и гидроксила соединяются, образуя воду. Существует два вида ионитов - катиониты и аниониты. Каждый из этих видов имеет подвиды, различающиеся по видам извлекаемых ионов (сильно- и слабокислотные катиониты, сильно- и слабоосновные аниониты). Из фильтров с ионитами составляются различные схемы водоподготовки в зависимости от качества исходной воды и поставленной цели. Регенерация фильтров ведется кислотой и щелочью. Часто в схемах с ионитами присутствует декарбонизатор для снижения щелочности воды.



# Катионирование при водоочистке

Система обессоливания ионитовая состоит из емкостей цилиндрического типа с дренажной системой щелевого типа, заполненных ионообменными смолами. Через слой этих смол пропускается с определенной скоростью исходная вода. Для управления системой и распределения потоков используются чаще всего многоходовые управляющие вентили либо клапанная система с контроллерами. Растворы регенерантов готовятся в отдельных емкостях. Применяется также система нейтрализации стоков.



# Оборудование ионитной части водоподготовительных установок

Ионообменная технология очистки воды и конденсатов реализуется в насыпных ионитных фильтрах следующих типов:

- 1) ФИПа I - фильтры ионитные параллельноточные первой ступени;
- 2) ФИПа II - фильтры ионитные параллельноточные второй ступени;
- 3) ФИПр - фильтры ионитные противоточные; ФИПр-2П - фильтры ионитные двухпоточно-противоточные;
- 4) ФИСДНр - фильтры ионитные смешанного действия с наружной (выносной) регенерацией;
- 5) ФИСДВр - фильтры ионитные смешанного действия с внутренней регенерацией;
- 6) ФР - фильтры регенераторы для ФИСД с наружной регенерацией.

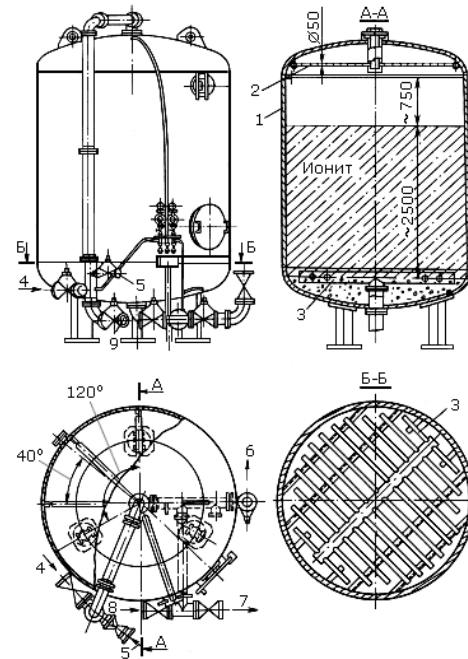


Рис. 1..Конструкция фильтра типа ФИПа-1: 1 – корпус; 2, 3 – верхнее и нижнее дренажно-распределительное устройства; 4 – подвод обрабатываемой воды; 5 – подвод регенерационного раствора; 6 – выход фильтрата; 7 – спуск регенерационного раствора к промывочной воде; 8 – подвод воды для взрыхления; 9 – выход взрыхляющей воды

# Оборудование ионитной части водоподготовительных установок

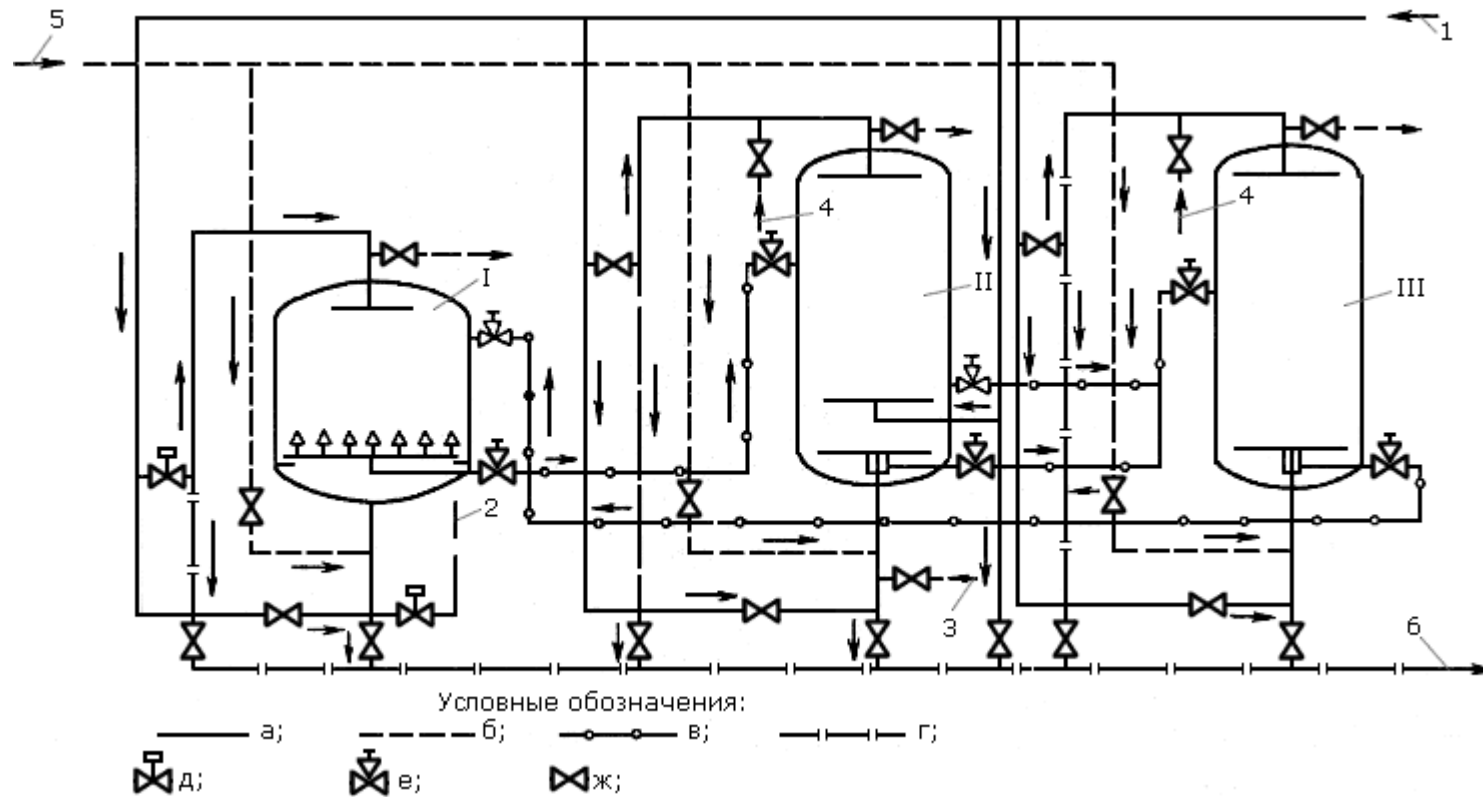
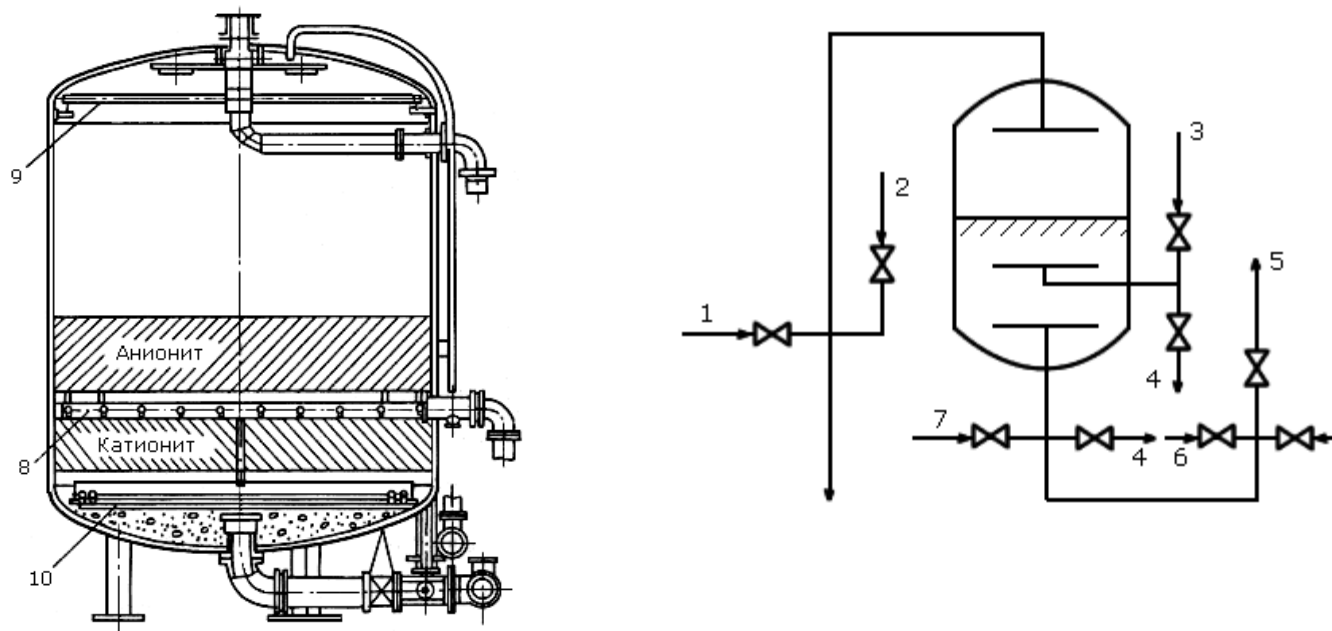


Рис. 2. Принципиальная схема установки фильтров смешанного действия с наружной регенерацией: I – фильтр смешанного действия; II – первый фильтр-регенератор; III – второй фильтр-регенератор; 1 – подвод турбинного конденсата на обработку; 2 – отвод очищенного конденсата; 3 – подвод регенерационного раствора  $H_2SO_4$ ; 4 – подвод регенерационного раствора  $NaOH$ ; 5 – подвод сжатого воздуха; 6 – сброс на нейтрализацию стоков; а – конденсат; б – воздух; в –

# Оборудование ионитной части водоподготовительных установок

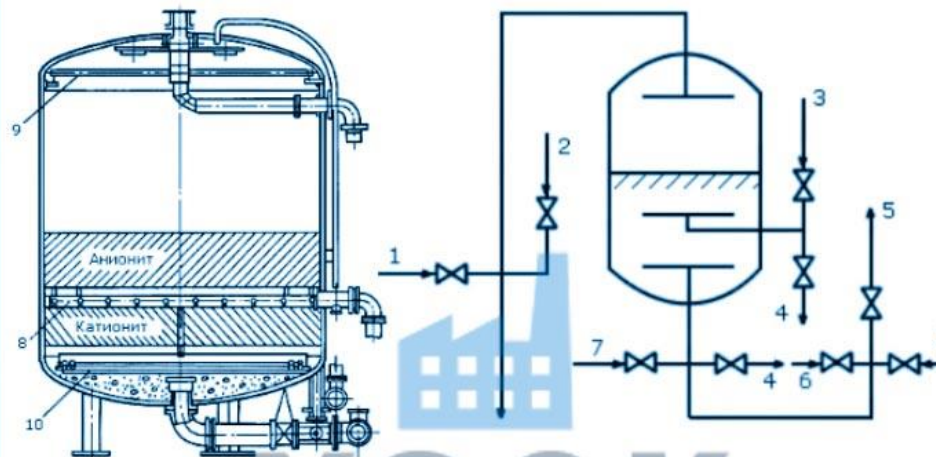


**Рис. 3. Конструкция (а) и принципиальная схема (б) фильтра смешанного действия с внутренней регенерацией:** 1 – подвод обрабатываемой воды; 2 – подвод регенерационного раствора щелочи; 3 – подвод обессоленной воды; 4 – спуск в дренаж; 5 – выход фильтрата; 6 – подвод регенерационного раствора кислоты; 7 – подвод сжатого воздуха; 8 – средняя дренажная система; 9, 10 – верхняя и нижняя дренажные системы



# Фильтр ионитный с внутренней регенерацией ионитов ФИСДВР (ФСДВР)

Фильтры ФИСДВР (ФСДВР) – это фильтры ионитные смешанного действия с внутренней регенерацией ионитов, которые служат для скоростного ионирования турбинного конденсата. Фильтры ФИСДВР применяются на последнем этапе обработки воды в составе установок глубокого обессоливания и очистки конденсата на электростанциях.



- 1 — подвод обрабатываемой воды
- 2 — подвод регенерационного раствора щелочи
- 3 — подвод обессоленной воды
- 4 — спуск в дренаж
- 5 — выход фильтрата
- 6 — подвод регенерационного раствора кислоты
- 7 — подвод сжатого воздуха
- 8 — средняя дренажная система
- 9 — верхнее распределительное устройство ВДРУ
- 10 — нижнее распределительное устройство НДРУ

# Ионообменные смолы

Ионообменные СМОЛЫ представляют собой нерастворимые высокомолекулярные соединения с функциональными ионогенными группами, способными вступать в реакции обмена с ионами раствора.



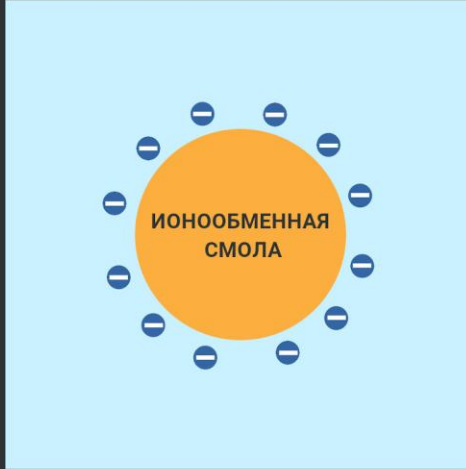
# Ионообменные смолы

## Как работает ионообменная смола?

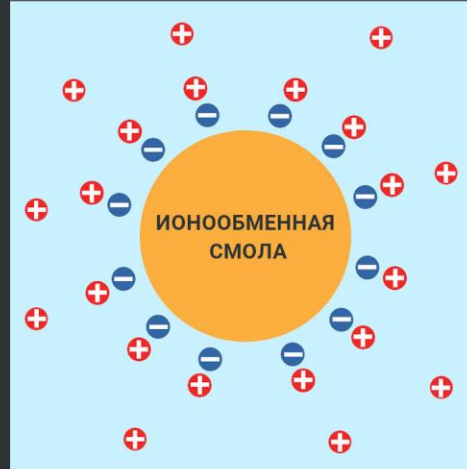
1. На поверхности каждой гранулы сосредотачивают электрический заряд с отрицательным и положительным знаком. Катионит имеет на поверхности большое количество отрицательно заряженных точек.
2. Согласно уравнению равновесия ионообмена, эти отрицательно заряженные точки уравниваются положительно заряженными ионами раствора воды.
3. При прохождении раствора воды через ионообменные смолы соли кальция и магния улавливаются ионитом и задерживаются на нём.
4. Положительно заряженные ионы отсоединяются и уступают им место. Этот процесс лимитируется количеством удержанных ионов.
5. Далее происходит перезарядка ионов- регенерация, основанная на обратимости ионообменного процесса.
6. Теперь через ионообменную смолу пропускается регенерирующий раствор, который снимает ионы с гранулы и уносит их.
7. Ионообменная смола вновь готова к работе. Ионообменный процесс на анионите отличается только знаками заряда ионов и химическими соединениями.

# КАК РАБОТАЕТ ИОНООБМЕННАЯ СМОЛА

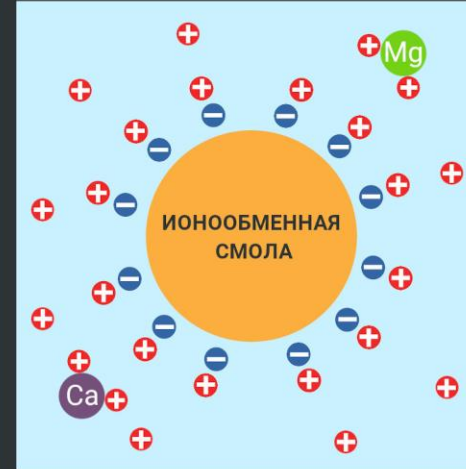
1. На поверхности каждой гранулы сосредотачивают электрический заряд с отрицательным и положительным знаком. Катионит имеет на поверхности большое количество отрицательно заряженных точек.



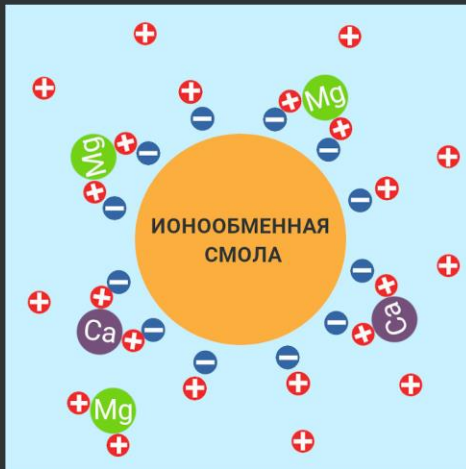
2. Согласно уравнению равновесия ионообмена, эти отрицательно заряженные точки уравниваются положительно заряженными ионами раствора воды.



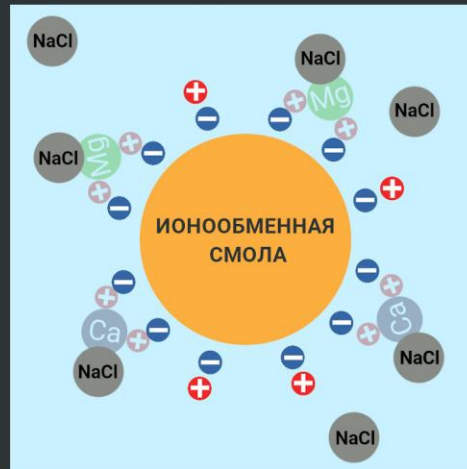
3. При прохождении раствора воды через ионообменные смолы соли кальция и магния улавливаются ионитом и задерживаются на нём.



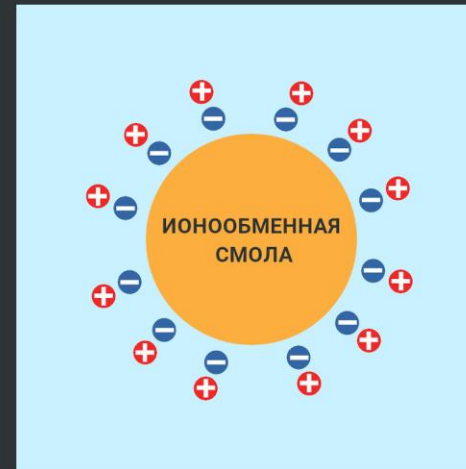
4. Положительно заряженные ионы отсоединяются и уступают им место. Этот процесс лимитируется количеством удержанных ионов.



5. Регенерация - это перезарядка ионов, основанная на обратимости ионообменного процесса. Через ионообменную смолу пропускается регенерирующий раствор, который снимает ионы с гранулы и уносит их.

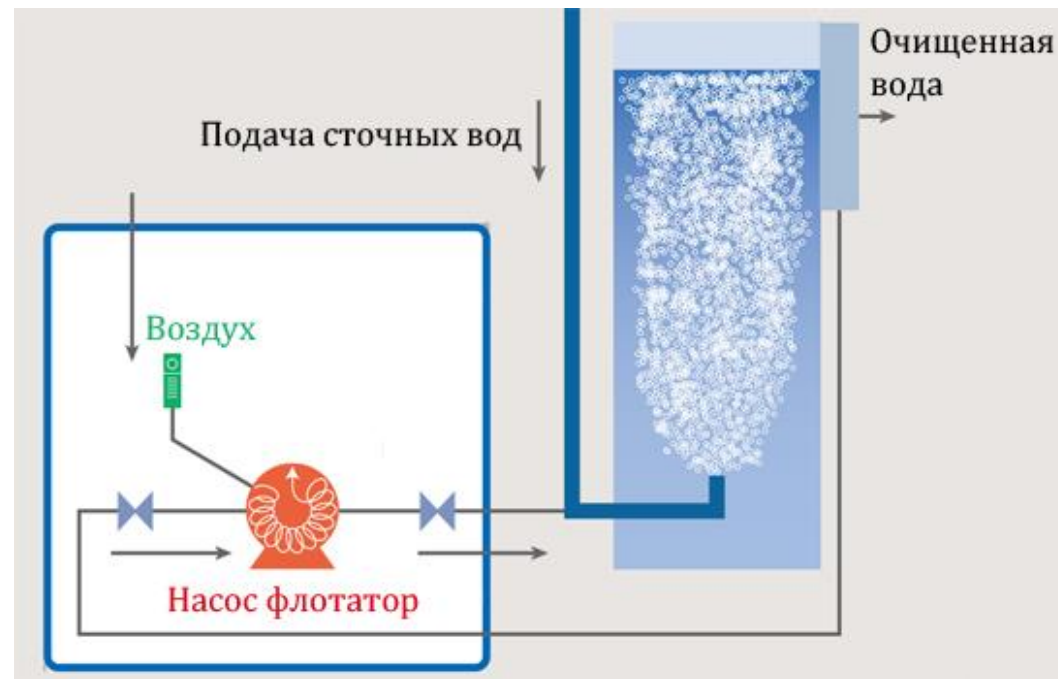


6. Ионообменная смола вновь готова к работе. Ионообменный процесс на анионите отличается только знаками заряда ионов и химическими соединениями.



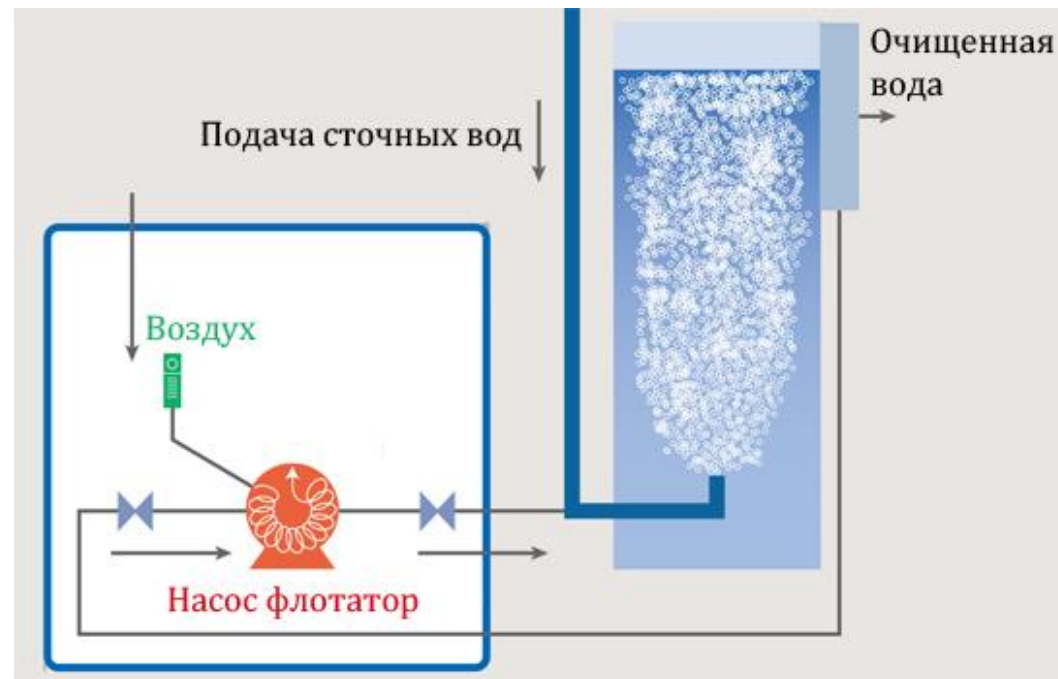
# Флотация

Флотация в водоочистке — это процесс разделения воды с частицами меньшей плотности. При этом загрязнения образуют на поверхности воды пену, а осветленную жидкость можно отправлять на дальнейший этап очистки.



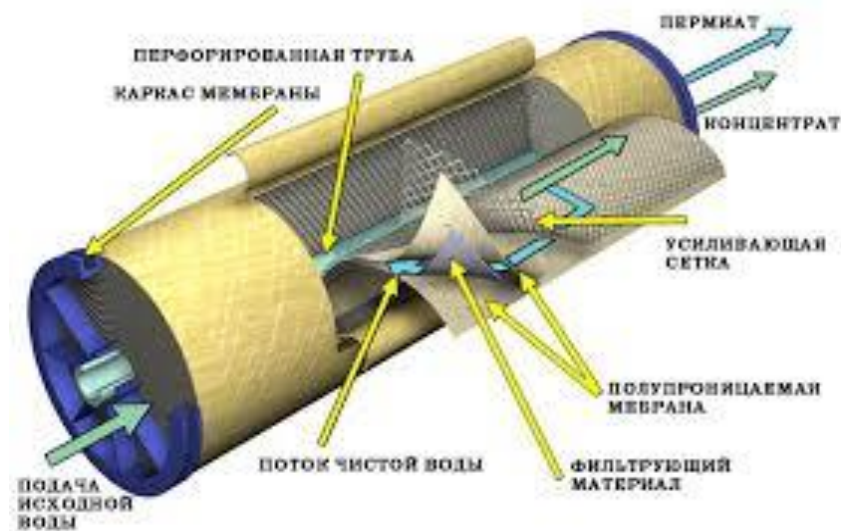
# Флотация

Флотация в водоочистке — это процесс разделения воды с частицами меньшей плотности. При этом загрязнения образуют на поверхности воды пену, а осветленную жидкость можно отправлять на дальнейший этап очистки.



# Мембранная очистка воды

Мембранная очистка воды - это фильтрация воды при помощи мембраны. Загрязненная жидкость пропускается через особую пленку (полупроницаемую мембрану), в которой сделано множество мельчайших пор. Они настолько миниатюрные, что не видны невооруженным взглядом. После очистки все примеси остаются снаружи, а дальше проходит только чистая вода. Эта технология используется при фильтрации воды от механических и органических примесей, бактерий и вирусов, при разделении растворов, умягчении воды, очистке стоков и выработке стерильных жидкостей.



# Мембранные методы очистки

- 1. Обратный осмос. Этот метод используется для очистки воды путем пропускания ее через полупроницаемую мембрану, которая удерживает соли, микроорганизмы и другие загрязнители.
- 2. Ультрафильтрация. Мембранный метод, при котором частицы и макромолекулы задерживаются на поверхности мембраны, позволяя проходить только растворенным веществам.
- 3. Микрофильтрация. Используется для удаления частиц большего размера из жидкости, и он эффективен для очистки воды от микроорганизмов, песка и других твердых включений.
- 4. Нанофильтрация. Позволяет удалять соли, органические соединения и некоторые микроорганизмы, сохраняя при этом полезные минеральные вещества.
- 5. Очистка сточных вод. Мембранные методы эффективно используются для очистки сточных вод в различных отраслях, таких как пищевая промышленность, фармацевтика и муниципальное хозяйство



# Мембранные методы очистки



# Окислительно-восстановительные процессы (ОВП) в водоочистке

Окислительно-восстановительные процессы (ОВП) играют ключевую роль в водоочистке, поскольку они позволяют эффективно удалять загрязнители из воды путем окисления и восстановления различных веществ. Ниже приведены некоторые основные аспекты ОВП и их роль в водоочистке:

1. Окисление:

**Хлорирование.** Хлор используется для окисления органических веществ, бактерий и вирусов в воде. Этот процесс обычно применяется для дезинфекции питьевой воды.

**Озонирование.** Озон применяется для окисления органических загрязнителей, фенолов, аммиака и других веществ в воде. Озонирование также улучшает вкус и запах воды.

**Ультрафиолетовая обработка.** УФ-лучи используются для окисления органических загрязнителей и инактивации микроорганизмов в воде без добавления химикатов.

# Окислительно-восстановительные процессы в водоочистке

---

## 2. Восстановление:

Железо и марганец. Процессы восстановления используются для удаления железа и марганца из воды путем окисления этих элементов до их нерастворимых форм, которые затем могут быть легко удалены фильтрацией.

Нитраты и нитриты. Окислительно-восстановительные процессы могут быть использованы для превращения нитратов и нитритов в более безвредные формы, такие как азот.

Хром и тяжелые металлы. Окислительное восстановление может помочь в удалении тяжелых металлов, таких как хром, путем превращения их в менее токсичные формы.

# Окислительно-восстановительные процессы (ОВП) в водоочистке

ОВП позволяют эффективно удалять органические загрязнители, бактерии, вирусы, тяжелые металлы и другие вредные вещества из воды; способствуют улучшению качества питьевой воды и обеспечивают безопасность для здоровья человека. Технологии ОВП помогают обеспечить соответствие стандартам качества воды и защитить окружающую среду от загрязнения. Процессы окисления и восстановления также могут быть важными шагами в обработке сточных вод и водоснабжении для производства и промышленности. В целом, окислительно-восстановительные процессы играют важную роль в водоочистке, обеспечивая эффективное удаление загрязнителей и обеспечивая безопасность и чистоту воды для различных промышленных, коммерческих и бытовых целей

Спасибо за внимание!