

**Тема: Использование  
сорбционных методов очистки  
природных и  
сточных вод. Ионный обмен**

**Адсорбцию** используют для обезвреживания сточных вод от фенолов, гербицидов, пестицидов, ароматических нитросоединений, ПАВ красителей и др.



*Регенеративной*, т. е. с извлечением вещества из адсорбента и его утилизацией.

*Деструктивной*, при которой извлеченные из сточных вод вещества уничтожаются вместе с адсорбентом.

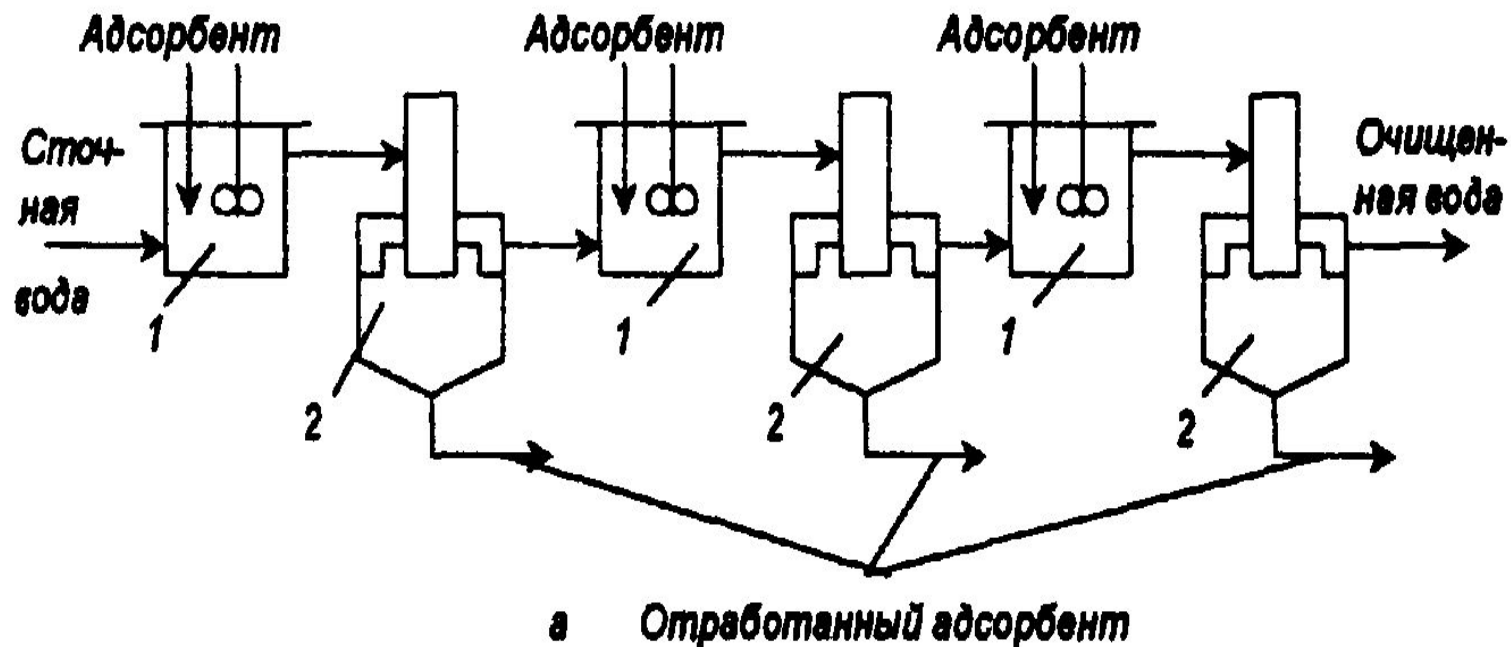
Эффективность адсорбционной очистки достигает **80-95%**.

В общем случае процесс адсорбции складывается из трех стадий:

- 1) переноса вещества из сточной воды к поверхности зерен адсорбента (**внешнедиффузионная область**),
- 2) собственно **адсорбционный процесс**,
- 3) перенос вещества внутри зерен адсорбента (**внутридиффузионная область**).

Процесс адсорбционной очистки сточной воды ведут при интенсивном перемешивании адсорбента с водой. При смешивании адсорбента с водой используют активный уголь в виде частиц 0,1 мм и меньше. Процесс проводят в одну или несколько ступеней.

# Схема адсорбционной установки с последовательным введением адсорбента



1 — смесители, 2 — отстойники

Расход адсорбента для одноступенчатого процесса определяют из уравнения материального баланса:

$$m = Q(C_n - C_k) / a$$

где  $m$  — расход адсорбента;  $Q$  — объем сточных вод;  $C_n$  и  $C_k$  — начальная и конечная концентрации загрязненной сточной воды;  $a$  — коэффициент адсорбции

Конечная концентрация загрязнений в сточной воде после очистки в установке с  $n$  ступенями рассчитывается по формуле:

$$c_k = \left[ Q / (Q + k_m) \right]^n \cdot c_n$$

где  $K_m$  - коэффициент распределения, равный

$$k_m = (c_k - c_n) / (p - \dots) \approx 0,7 - 0,8$$

где  $c_p$  - Ср равновесная концентрация вещества

### *Регенерация адсорбента.*

Адсорбированные вещества из угля извлекают десорбцией насыщенным или перегретым водяным паром, либо нагретым инертным газом. Температура перегретого пара при этом (при избыточном давлении 0,3-0,6МПа равна 200-300°С, а инертных газов 120-140°С. Расход пара при отгонке легколетучих веществ равен 2,5-3 кг на 1 кг отгоняемого вещества, для высококипящих — в 5-10 раз больше. После десорбции пары конденсируют и вещество извлекают из конденсата.

## *Ионный обмен.*

Ионообменная очистка применяется для извлечения из сточных вод металлов (цинка, меди, хрома, никеля, свинца, ртути, кадмия, ванадия, марганца и др.), а также соединений мышьяка, фосфора, цианистых соединений и радиоактивных веществ. Метод позволяет рекуперировать ценные вещества при высокой степени очистки воды. Ионный обмен широко распространен при обессоливании в процессе водоподготовки.

## ***Сущность ионного обмена.***

Ионный обмен представляет собой процесс взаимодействия раствора с твердой фазой, обладающей свойствами обменивать ионы, содержащиеся в ней, на другие ионы, присутствующие в растворе.

Вещества, составляющие эту твердую фазу, носят название — ***ионитов***. Они практически не растворимы в воде.

Те из них, которые способны поглощать из растворов электролитов положительные ионы, называются ***катионитами***, отрицательные ионы — ***анионитами***.

Первые обладают кислотными свойствами, вторые — основными. Если иониты обменивают и катионы, и анионы, их называют ***амфотерными***.

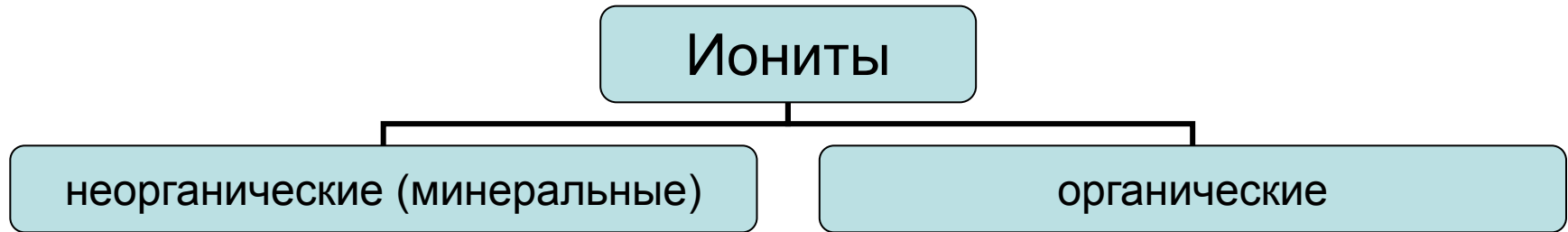


Поглотительная способность ионитов характеризуется **обменной емкостью**, которая определяется числом эквивалентов ионов, поглощаемых единицей массы или объема ионита.

Различают:

- 1) **Полная емкость** — это количество поглощаемого вещества при полном насыщении единицы объема или массы ионита
- 2) **Статическая емкость** — это обменная емкость ионита при равновесии в данных рабочих условиях.
- 3) **Динамическая обменная емкость** — это емкость ионита до "проскока" ионов в фильтрат, определяемая в условиях фильтрации.

# Классификация ионитов



К *неорганическим природным ионитам* относятся цеолиты, глинистые минералы, полевые шпаты, различные слюды и др. Катионообменные, свойства их обусловлены содержанием алюмосиликатов.

К *неорганическим синтетическим ионитам* относятся силикагели, пермутиты. Катионообменные свойства, например, силикагеля, обусловлены обменом ионов водорода гидроксидных групп на катионы металлов, проявляющиеся в щелочной среде.

**Органические природные иониты** — это гуминовые кислоты почв и углей. Они проявляют слабокислотные свойства.

К **органическим искусственным ионитам** относятся ионообменные смолы с развитой поверхностью. Синтетические ионообменные смолы представляют собой высокомолекулярные соединения, углеводородные радикалы которых образуют пространственную сетку с фиксированными на ней ионообменными функциональными группами.

Пространственная углеводородная сетка (каркас) называется **матрицей**, а обменивающиеся ионы — **противоионами**. Каждый противоион соединен с противоположно заряженными ионами, называемыми **фиксированными** или **анкерными**.

При сокращенном написании ионита матрицу обозначают в общем виде (**R**), а активную группу указывают полностью. Например, сульфокатиониты записывают как:



где **R** — матрица,  
**H** — противоион,  
**SO<sub>3</sub>** — анкерный ион.

Сильноосновные иониты содержат четвертичные аммониевые основания (**R<sub>3</sub>NOH**)

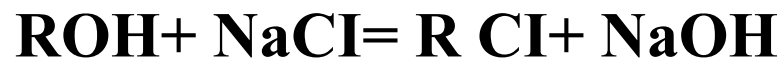
Катиониты в качестве противоионов могут содержать не ионы водорода, а ионы металлов, т. е. находиться в солевой форме. Точно также и аниониты могут находиться в солевой форме, если в качестве противоионов они содержат не ионы гидроксида, а ионы тех или иных кислот.

Реакция ионного обмена протекает следующим образом:

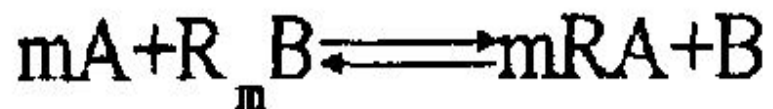
а) при контакте с катионитом



б) при контакте с анионитом



В общем виде эти реакции можно представить следующим образом:



Реакция идет до установления ионообменного равновесия.

Процесс переноса вещества может быть представлен в виде нескольких стадий:

- 1) перенос ионов  $A$  из ядра потока жидкости к внешней поверхности пограничной жидкой пленки, окружающей зерно ионита;
- 2) диффузия ионов через пограничный слой;
- 3) переход иона через границу раздела фаз в зерно смолы;
- 4) диффузия ионов  $A$  внутри зерна смолы к ионообменным функциональным группам;
- 5) собственно химическая реакция двойного обмена ионов  $A$  и  $B$ ;
- 6) диффузия ионов  $B$  внутри зерна ионита к границе раздела фаз;
- 7) переход ионов  $B$  через границу раздела фаз на внутреннюю поверхность пленки жидкости;
- 8) диффузия ионов  $B$  через пленку;
- 9) диффузия ионов  $B$  в ядро потока жидкости.

## *Регенерация ионитов.*

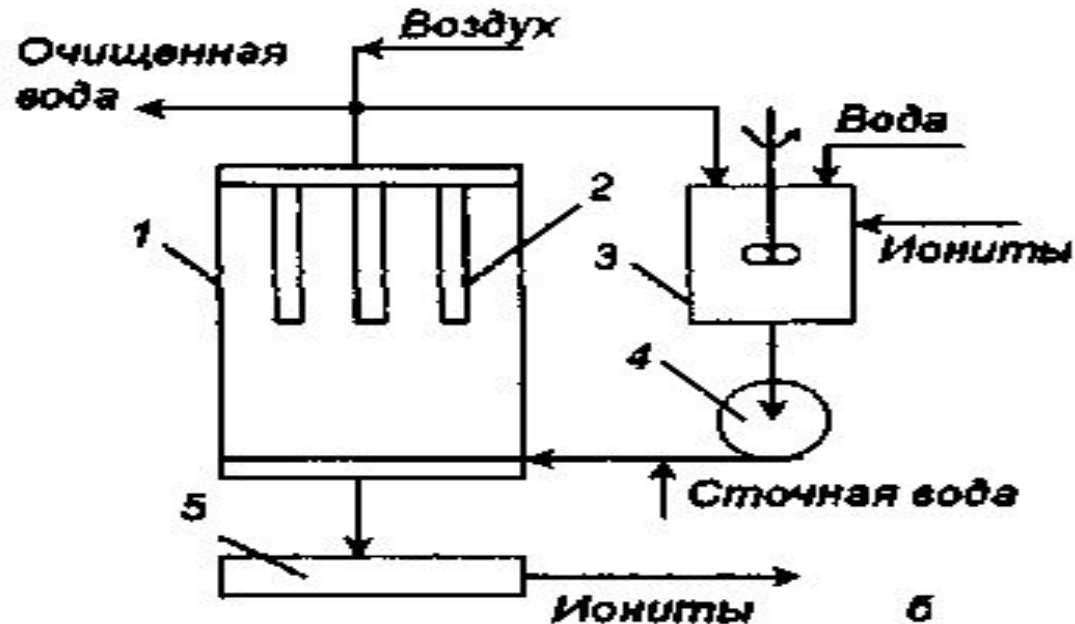
Катиониты регенерируют 2-8% растворами кислот. При этом они переходят в *H-форму*.

Регенерационные растворы — **элюаты** содержат катионы.

Отработанные аниониты регенерируют 2-6% растворами щелочи. Аниониты при этом переходят в *ОН-форму*.

Элюаты содержат в сконцентрированном виде все извлеченные из сточных вод анионы.

## Схема ионообменной установки с намывным фильтром



1 — корпус, 2 — фильтрующий элемент, 3 — емкость для приготовления суспензии ионита, 4 — насос, 5 — сборник отработанного ионита