

**Тема: Экстракция,  
мембранные и  
электрохимические методы  
очистки сточных вод.**

**Жидкостную экстракцию** применяют для очистки сточных вод, содержащих фенолы, масла, органические кислоты, ионы металлов.

Очистка сточных вод экстракцией состоит из трех стадий.

**Первая стадия** — интенсивное смешение сточной воды с **экстрагентом** (органическим растворителем). В условиях развитой поверхности контакта между жидкостями образуются две жидкие фазы. Одна фаза — **экстракт** содержит извлекаемое вещество и экстрагент, другая — **рафинат** — сточную воду и экстрагент.

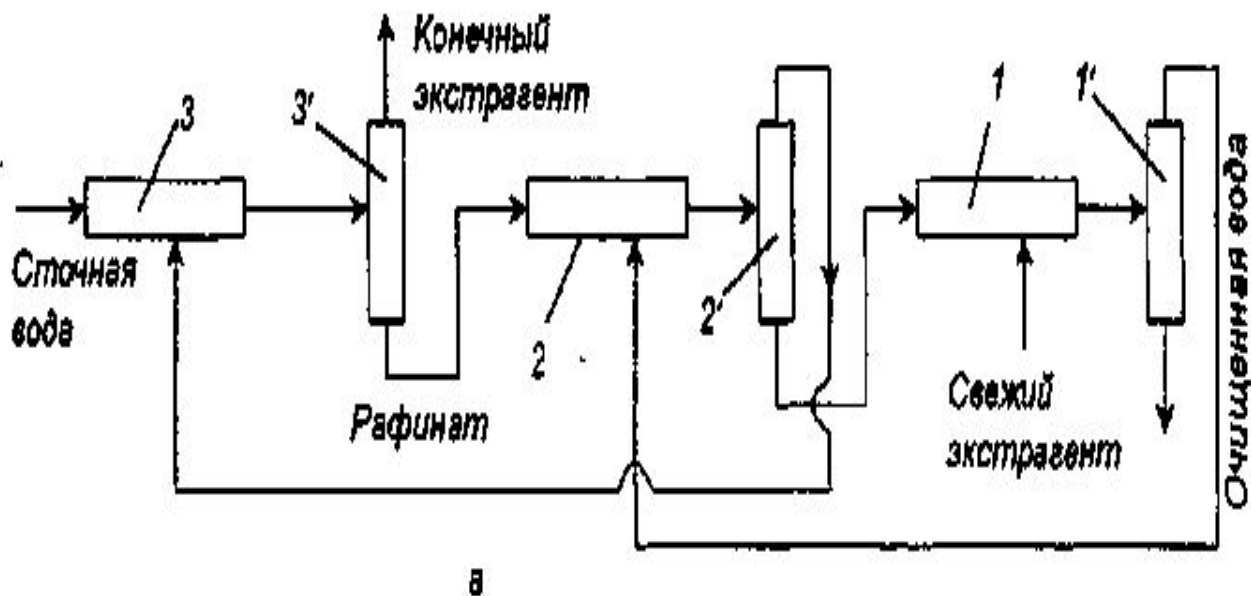
**Вторая стадия** — разделение экстракта и рафината.

**Третья стадия** — регенерация экстрагента из экстракта и рафината.

## **Экстрагент должен отвечать следующим требованиям:**

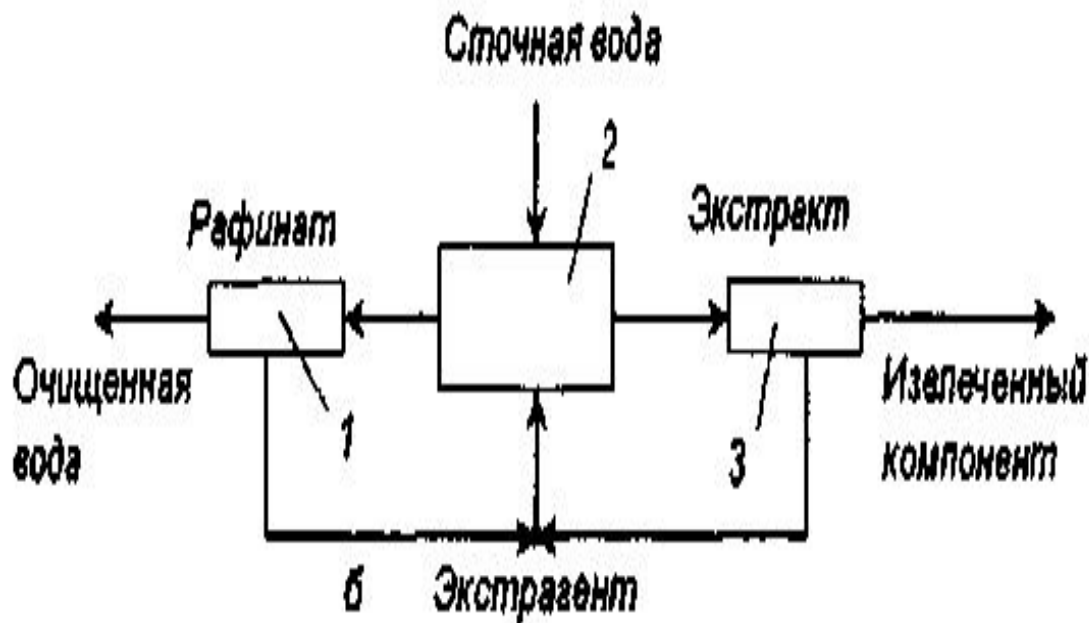
- растворять извлекаемое вещество значительно лучше, чем вода;
- обладать большой селективностью растворения;
- иметь по возможности наибольшую растворяющую способность по отношению к извлекаемому компоненту;
- иметь низкую растворимость в сточной воде и не образовывать устойчивых эмульсий;
- значительно отличаться по плотности от сточной воды (обычно она меньше);
- обладать большим коэффициентом диффузии;
- иметь температуру кипения, значительно отличающуюся от температуры экстрагируемого вещества;
- не взаимодействовать с извлекаемым веществом;
- по возможности не быть вредным, взрыво- и огнеопасным и не вызывать коррозию материала аппаратов;
- иметь небольшую стоимость.

## Схема многоступенчатой экстракционной установки



1-3 — смесители, 1'-3' — отстойники

## Схема непрерывной противоточной экстракции с регенерацией экстрагента из экстракта и рафината

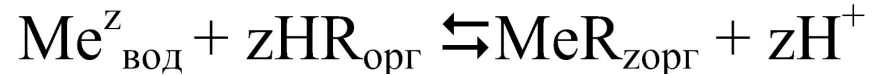


1 — система для удаления экстрагента из рафината, 2 — колонна, 3 — система для удаления экстрагента из экстракта

Извлечение металлов из водной в органическую фазу проводят тремя способами:

- 1) **катионообменной экстракцией** — т. е. обменом экстрагирующегося катиона металла на катион экстрагента;
- 2) **анионообменной экстракцией**, т. е. обменом металлсодержащего в воде аниона на анион экстрагента;
- 3) **координационной экстракцией**, при которой экстрагируемое соединение образуется в результате координации молекулы или иона экстрагента непосредственно с атомом (ионом) экстрагируемого металла

**Катионообменная экстракция** в общем виде описывается уравнением

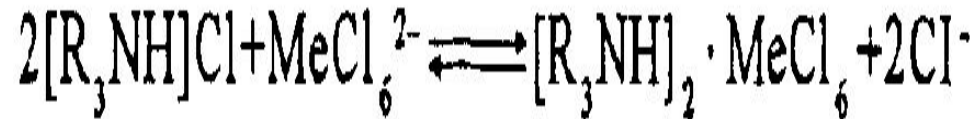
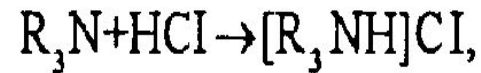


где **Me** — металл валентностью **z**;

**R** — кислотный остаток органической кислоты.

**Катионообменными экстрагентами** являются кислоты жирного ряда типа  $\text{RCOOH}$  (например, карбоновые кислоты) с числом углеродных атомов в радикале от 7 до 9 ( $\text{C}_7 - \text{C}_9$ ) и нафтеновые кислоты.

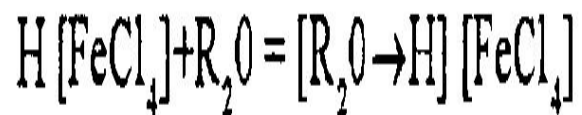
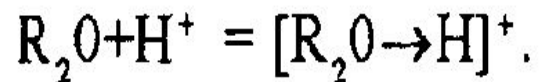
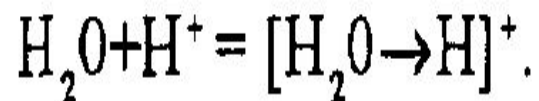
**Анионообменная экстракция** в общем виде описывается следующими уравнениями



**Анионообменными экстрагентами** являются амины первичные  $RNH_2$ ; вторичные  $R_2NH$  и третичные  $R_3N$  ( $R-C_7-C_9$ ).

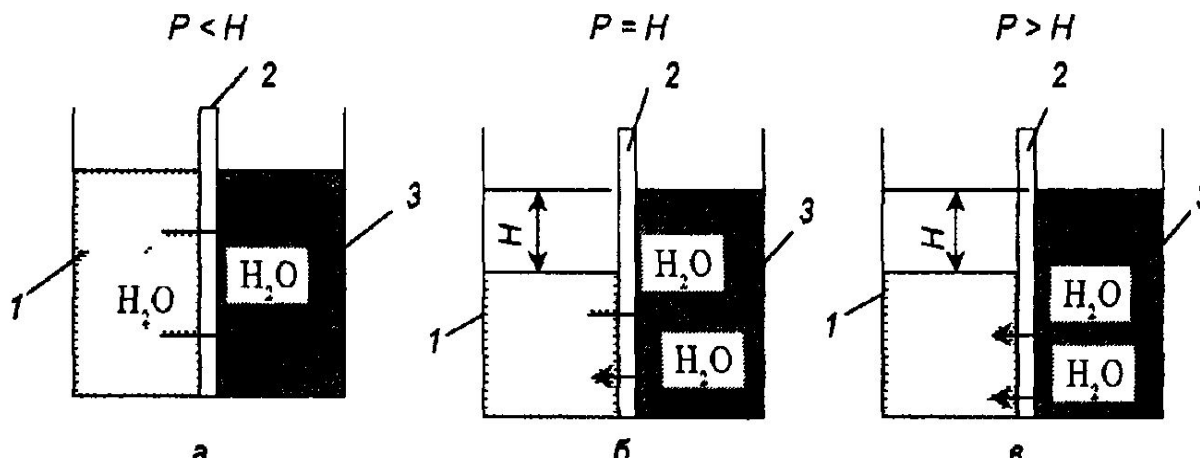


**Координационная экстракция** в общем виде описывается следующими уравнениями



К **нейтральным экстрагентам** относятся: 1) органические спирты общей формулы  $\text{ROH}$  (в углеродном радикале от 7 до 9 атомов углерода); 2) кетоны; 3) простые эфиры  $\text{R}_2\text{O}$ ; 4) сложные эфиры,

**Обратным осмосом и ультрафильтрацией** называют процессы фильтрования растворов через полупроницаемые мембраны под давлением, превышающим осмотическое давление.



Схемы осмоса ( $H$  — осмотическое давление,  $P$  — рабочее давление) *а* — прямой осмос, *б* — осмотическое равновесие, *в* — обратный осмос, 1 — чистая вода, 2 — мембрана, 3 — раствор

**Селективность  $\phi$**  (в %) процесса разделения определяют по формуле:

$$\phi = 100 (c_0 - c_\phi) / c_0 = 100(1 - c_\phi / c_0),$$

где  $c_0$  и  $c_\phi$  — концентрации рассоренного вещества соответственно в исходной сточной воде и фильтрате.

**Проницаемость** определяется количеством фильтрата  $V_\phi$  полученного в единицу времени с единицы рабочей поверхности:

$$V_\phi = K_1 (\Delta P - \Delta P_o),$$

где  $\Delta P$  — разность давлений вводы до и после мембраны;  $\Delta P_o$  — разность осмотических давлений;  $K_1$  — коэффициент пропорциональности.

При **обратном осмосе** отделяются частицы (молекулы, гидратированные ионы), размеры которых не превышают размеров молекул растворителя. При **ультрафильтрации** размер отдельных частиц  $d_4$  на порядок больше.

Условные границы применения этих процессов

Процесс	Обратный осмос	Ультрафильтрация	Макрофильтрация
<u>d, мкм</u>	0,0001—0,001	0,001—0,02	0,02—10

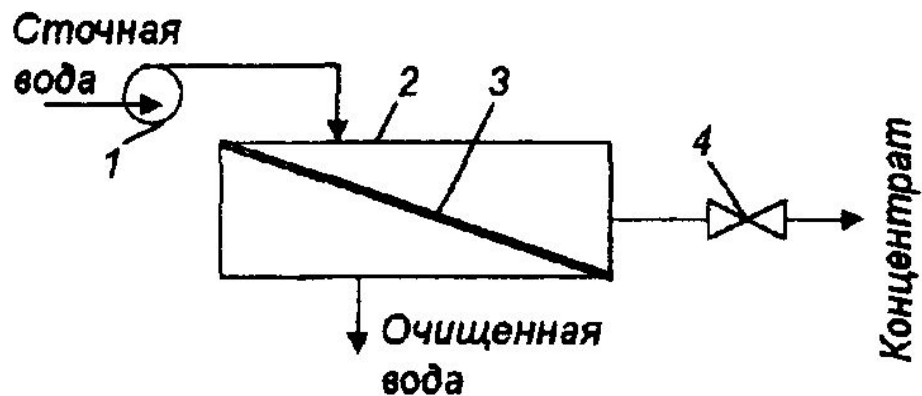


Схема установки обратного осмоса 1 — насос высокого давления, 2 — модуль обратного осмоса, 3 — мембрана, 4 — выпускной клапан

# Электрохимические методы

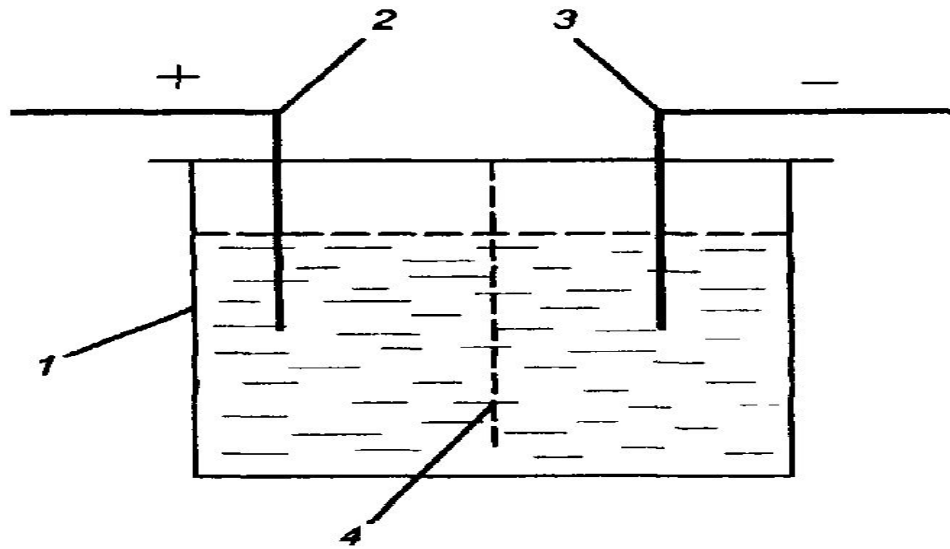


Схема электролизера: 1 — корпус; 2 — анод;  
3 — катод; 4 — диафрагма

# Электрокоагуляция.

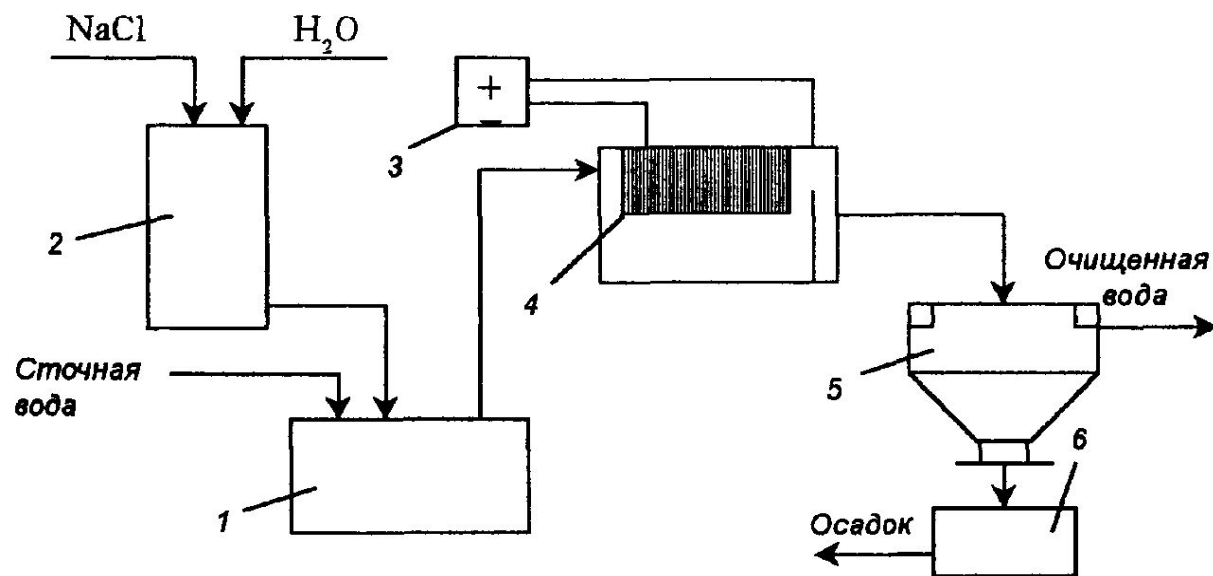


Схема электрокоагуляционной установки:

- 1 — усреднитель; 2 — бак для приготовления раствора;
- 3 — источник постоянного тока;
- 4 — электрокоагулятор; 5 — отстойник;
- 6 — аппарат для обезвоживания осадка

# Электрофлотация

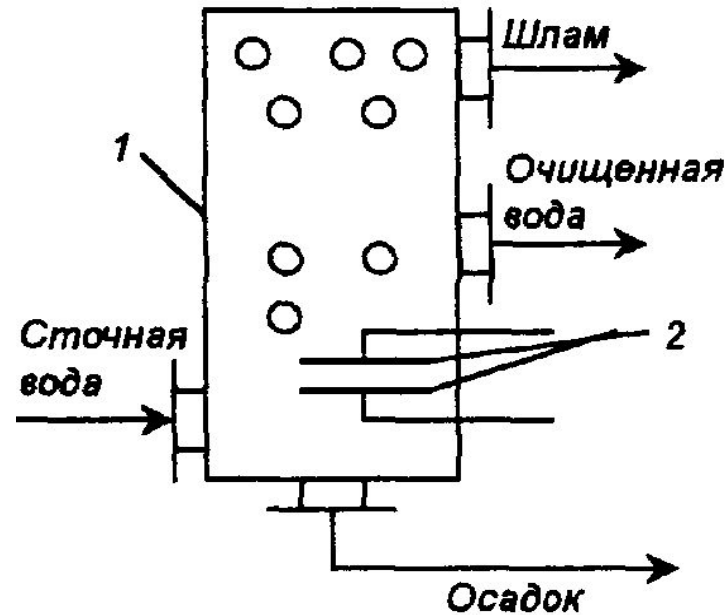
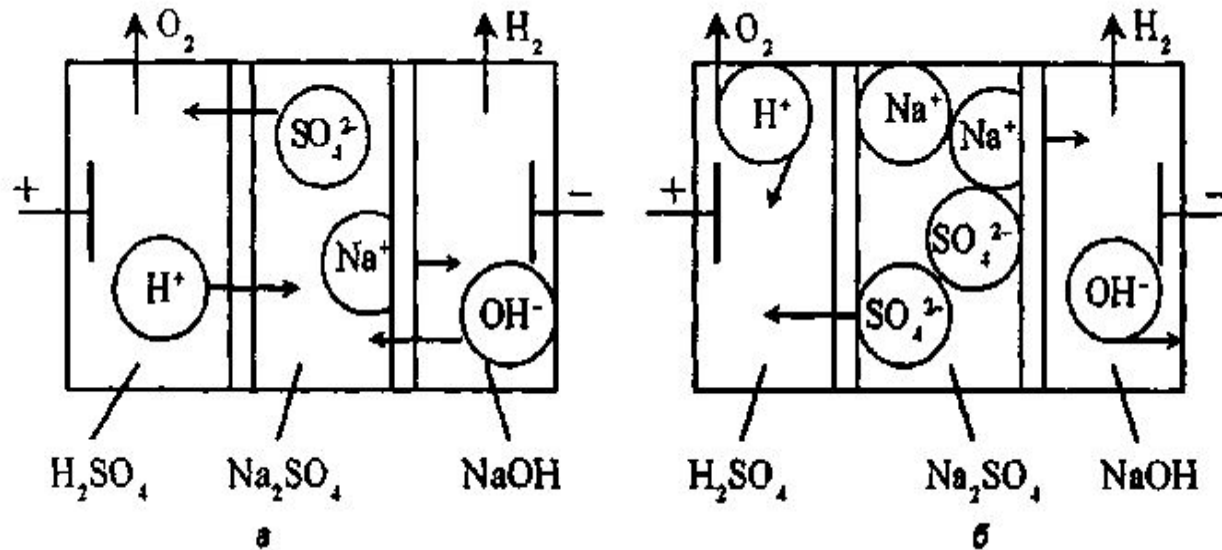


Схема однокамерной электрофлотационной установки (1 — корпус; 2 — электроды)

На аноде возникают пузырьки кислорода, а на катоде — водорода.



# Электродиализ



Схемы электродиализаторов с пористыми диафрагмами (а) и ионитовыми мембранами (б)

Процесс очистки сточных вод **электродиализом** основан на разделении ионизированных веществ под действием электродвижущей силы, создаваемой в растворе по обе стороны мембран. Этот процесс используют для опреснения соленых вод.

Процесс проводят в **электродиализаторах**, простейшая конструкция которых состоит из трех камер, отделенных одна от другой мембранами

В среднюю камеру заливают раствор, а в боковые, где расположены электроды чистую воду. Анионы током переносятся в анодное пространство. На **аноде** выделяется **кислород** и образуется **кислота**. Одновременно катионы переносятся в катодное пространство. На **катоде** выделяется **водород** и образуется **щелочь**. По мере прохождения тока концентрация солей в средней камере уменьшается до тех пор, пока не станет близкой к нулю.