

## Жидкостная экстракция как метод извлечения, разделения и концентрирования

# Жидкостная экстракция

## Применение

### В лаборатории



- Аналитическая химия
- Органическая химия
- Биохимия

### В промышленности



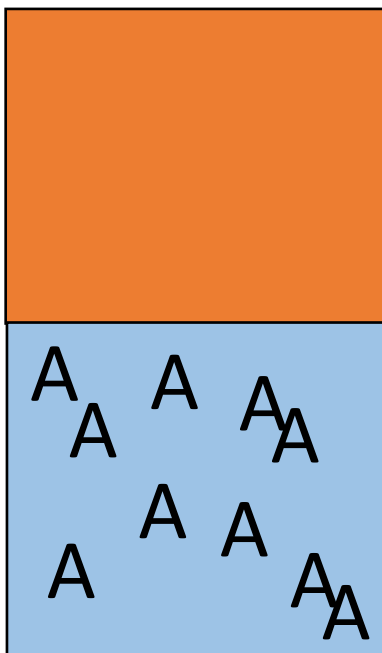
- Пищевая
- Биотехнология
- Гидрометаллургия

# Жидкостная экстракция

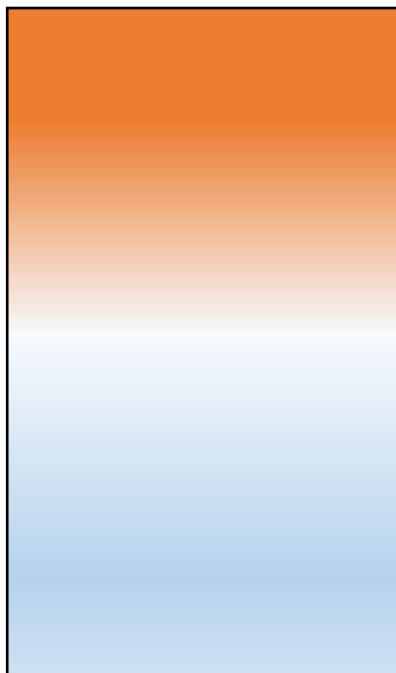
## Общее рассмотрение

Перераспределение компонента между двумя несмешивающимися жидкими фазами, первоначально растворённого в водной фазе:

**1**

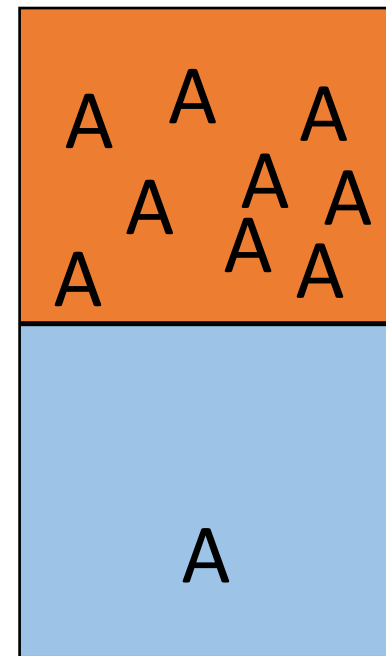


**2**

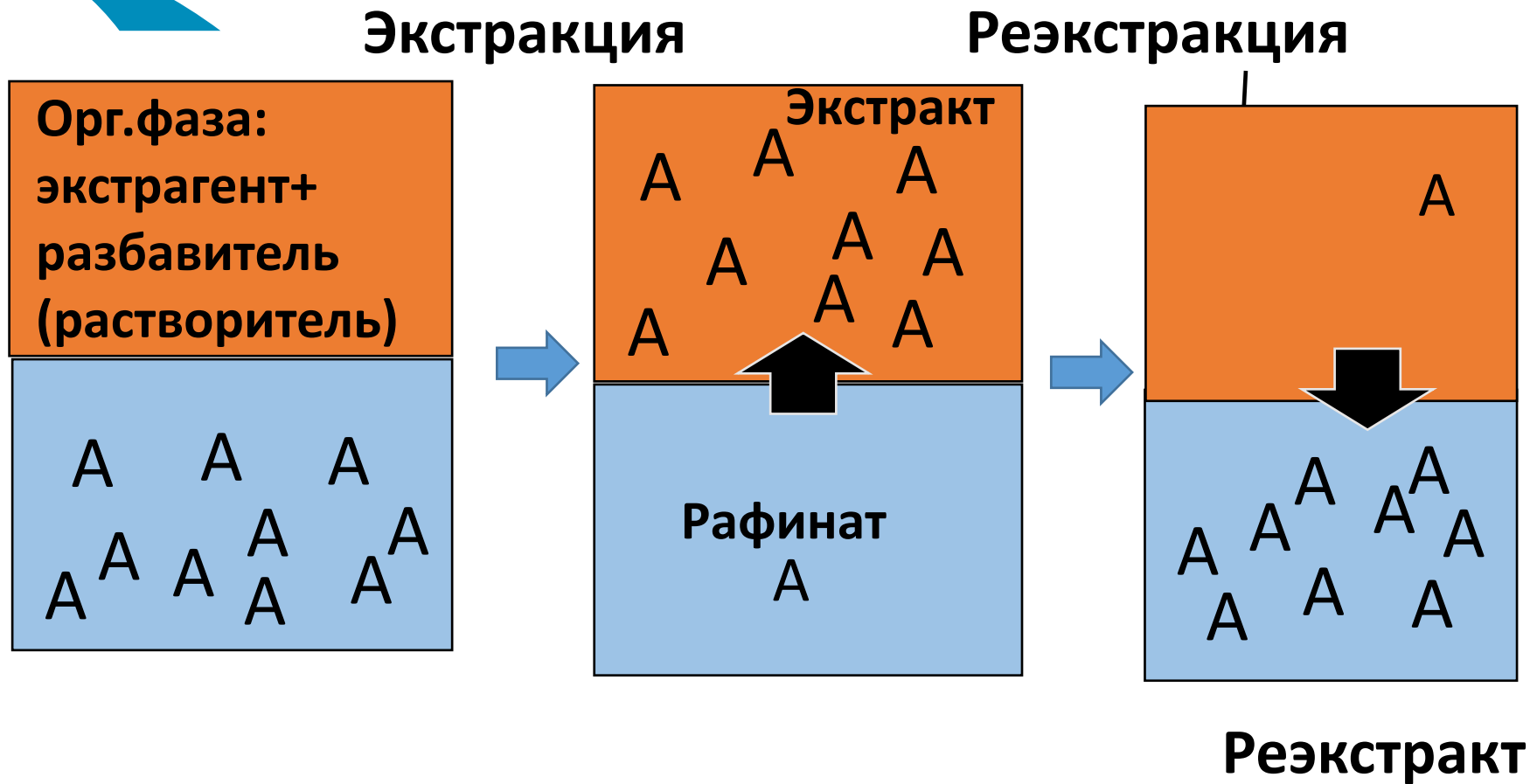


Контакт фаз

**3**

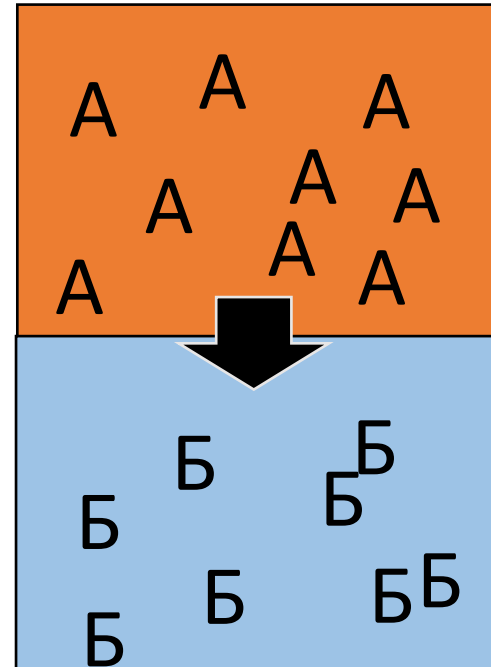
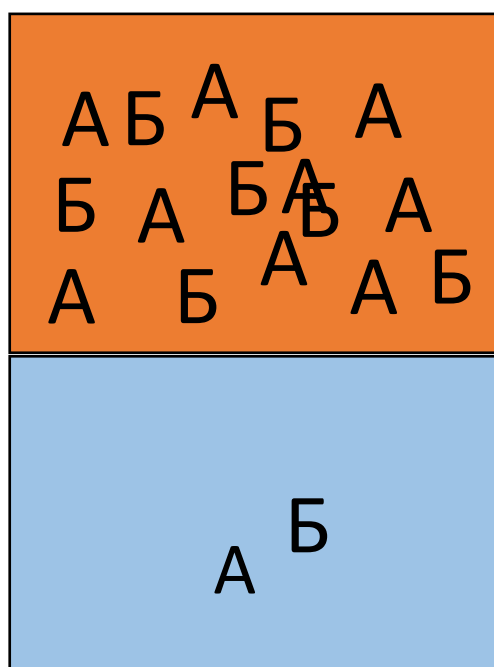


Разделение фаз



# Жидкостная экстракция

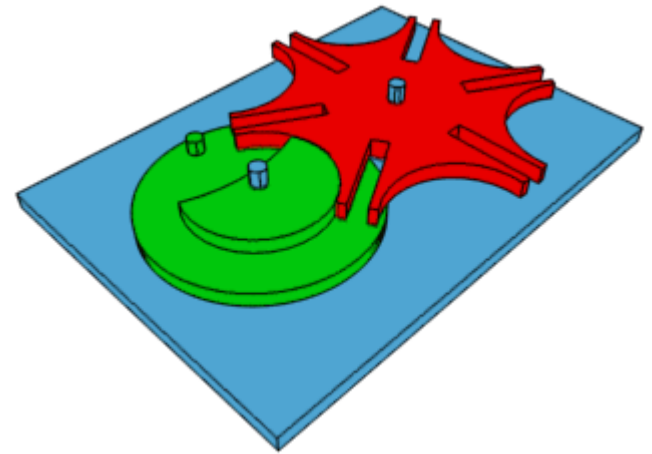
## Терминология



**Промывка**

# Механизмы экстракции

- Физическое распределение
- Сольватный
- Гидратно-сольватный
- Катионнообменный
- Анионнообменный



# Механизмы экстракции

## Физическое распределение

Движущая сила — сольватация

органическим растворителем

Таким образом

экстрагируются:

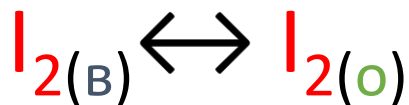
неполярные соединения

молекулярного строения

Например: малополярные

органические соединения,

галогены,  $\text{OsO}_4$



Экстракция йода  
толуолом

По такому механизму может экстрагироваться вода, а экстрагент может переходить в водную фазу

# Механизмы экстракции

## Сольватный механизм

**Движущая сила** – образование органорастворимого комплекса

**Экстрагент** – содержит электроно-донорные атомы, нейтральное соединение

Таким образом экстрагируются:

Соли металлов и кислоты

**Уравнение экстракции в общем виде:**



Характерные группы:

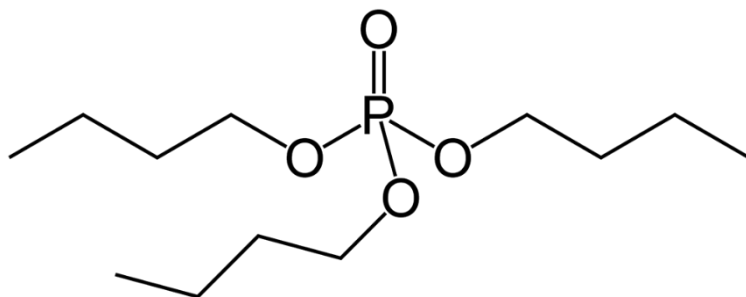
**O:** -OH(R), P=O, C=O, S=O

**N:** -NH<sub>2</sub>, -NHR, -NR<sub>2</sub>, Py

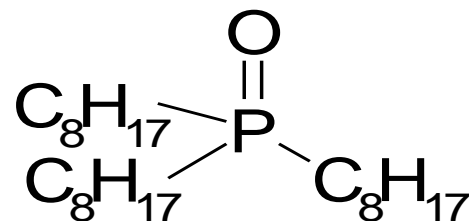
**S:** -SH, C=S, P=S, тиофен

# Сольватный механизм

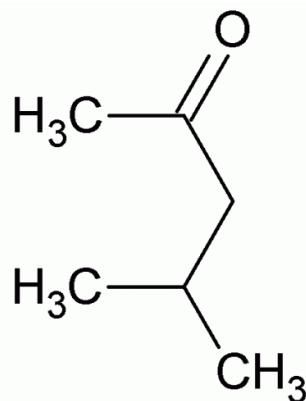
## Типичные экстрагенты



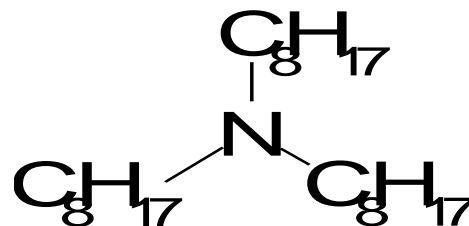
Трибутилфосфат  
(ТБФ)



Триоктилфосфин  
оксид (ТОФО)



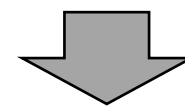
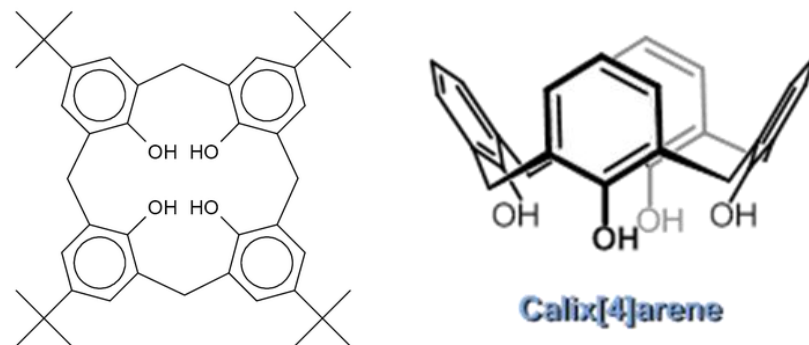
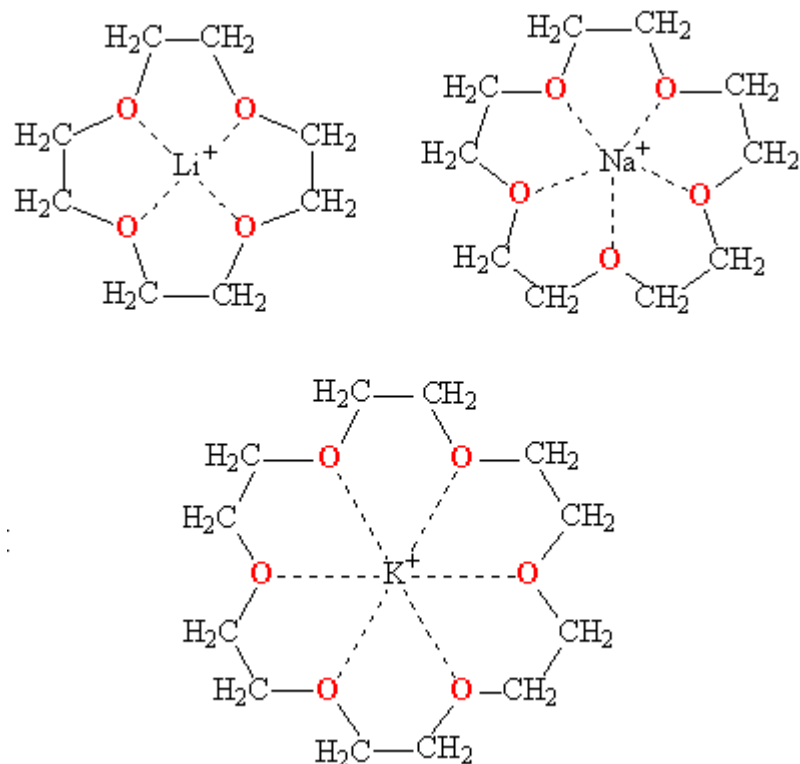
Метилизобутилкетон  
(МИБК), Гексон



Триоктиламин

## Краун-эфиры и каликс-арены

Супрамолекулярная химия, «гость-хозяин»



Широкие возможности  
для модификации

Разделение щелочных и  
щелочноземельных металлов

# Механизмы экстракции

## Гидратно-сольватный механизм

**Движущая сила** – образование органорастворимого комплекса

**Экстрагент** – содержит электроно-донорные атомы, нейтральное соединение

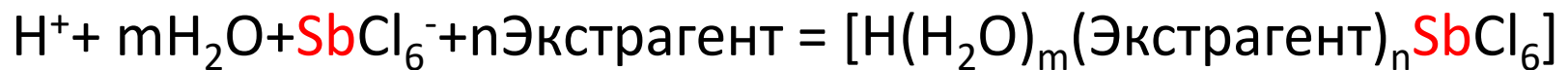
Таким образом экстрагируются:

Комплексные кислоты

**Например:** - In, Sn, As, Sb, Te, Re

В комплекс обязательно переходит  $\text{H}_3\text{O}^+$

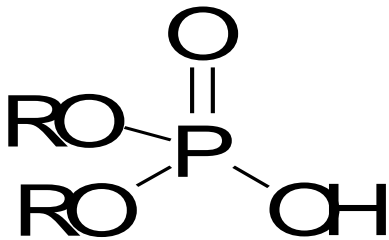
Концентрированные (>1M) растворы HHal кислот:  
 $\text{H}[\text{InCl}_4]$ ,  $\text{H}[\text{SbCl}_6]$ ,  $\text{H}_2[\text{TeCl}_6]$   
 $\text{HReO}_4$



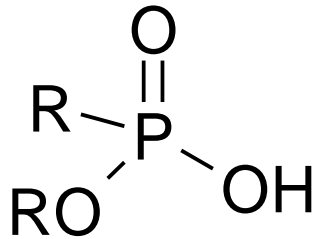
## Катионнообменный механизм

**Движущая сила** – образование органорастворимой соли

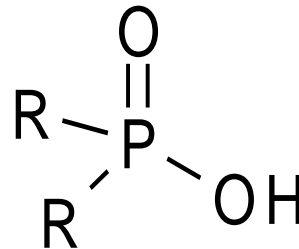
**Экстрагент** – органорастворимые кислоты:



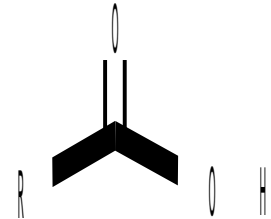
Фосф**ор**ные



Фосф**о**новые



Фосф**и**новые

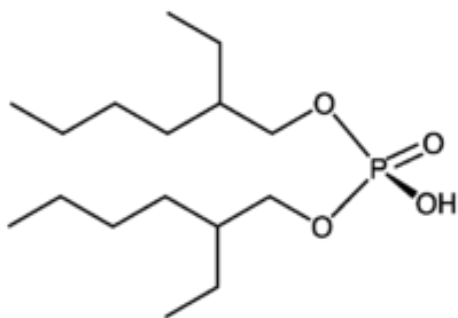


Карбо**н**овые

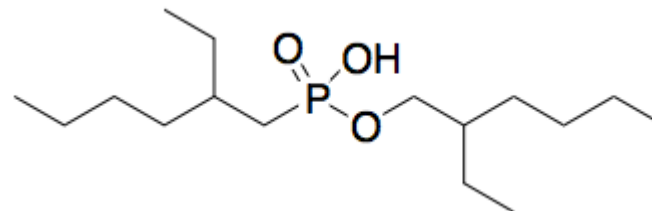
Таким образом экстрагируются:

Катионы металлов, соли металлов

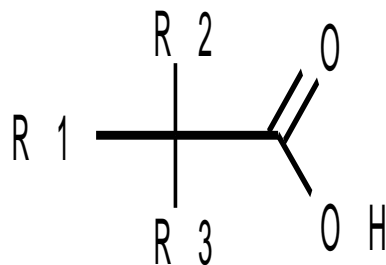
## Типичные экстрагенты



Ди(2-этилгексил)фосфорная кислота (**Д2ЭГФК**)



Моно-(2-этилгексилового) эфира (2-этилгексил)-фосфоновой кислоты.  
**PC-88A, HEN(ENP)**

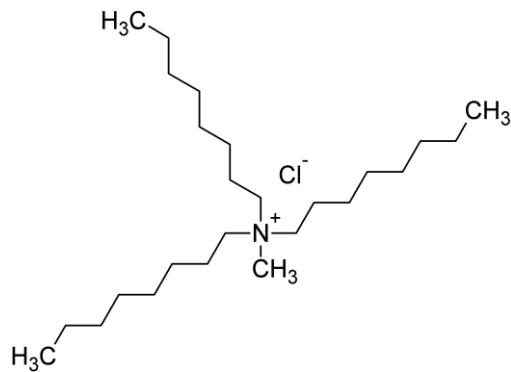


Смеси высших карбоновых кислот (**Версатик 10**)

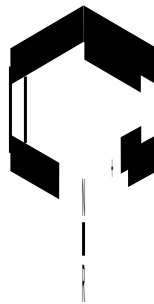
## Анионообменный механизм

**Движущая сила** – образование органорастворимой соли, обмен анионами

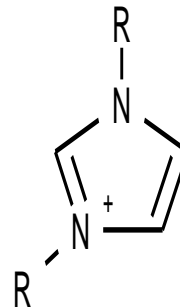
**Экстрагент** – содержит органический катион:



Четвертичное аммониевое  
основание (ЧАО)



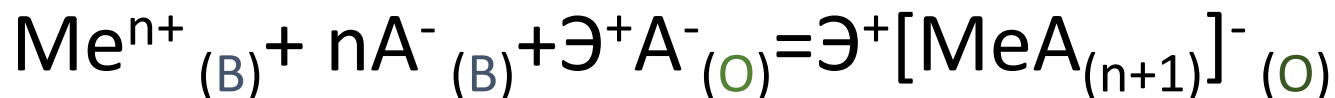
Катион пиридиния



Катион имидазолия

Таким образом экстрагируются:

Анионы металлов, анионные комплексы:  $\text{TcO}_4^-$ ,  $\text{Ln}(\text{NO}_3)_4^-$



# Описание экстракционного равновесия

## Извлечение:

Коэффициент распределения ( $K_d$ ,  $D$ ):

$$D = \frac{C[\text{орг}]}{C[\text{вод}]}$$

при равенстве  $V_{\text{орг}} = V_{\text{вод}}$

Степень извлечения ( $E$ ):

$$E = \frac{C[\text{орг}]}{C(\text{исх})} = \frac{D}{D+1}$$

Ёмкость экстрагента:

максимальная концентрация  
экстрагируемого вещества в орг.фазе  
при данных условиях

## Разделение:

Коэффициент разделения ( $SF$ ,  $\beta$ ):

$$SF(A/B) = \frac{D(A)}{D(B)}$$