

# Адсорбция



## Сущность процесса и область применения

Под адсорбцией понимают процесс поглощения одного или нескольких компонентов из газовой смеси или раствора твердым веществом – адсорбентом.

Поглощаемое вещество носит название адсорбата или адсорбтива.

Процессы адсорбции избирательны и обычно обратимы.

# Требования к промышленным адсорбентам

- обладать **избирательностью** (селективностью) - способностью поглощать только тот компонент (те компоненты), которые необходимо выделить или удалить из смеси;
- иметь максимальную **адсорбционную емкость** (активность) - количество адсорбтива, поглощенного единицей массы или объема адсорбента;
- обладать способностью предельно **десорбироваться**, необходимой для регенерации адсорбента;
- иметь достаточную **прочность гранул** адсорбента, так как их разрушение ухудшает гидродинамику процесса;
- обладать **химической инертностью** по отношению к поглощаемым веществам;
- иметь **низкую стоимость**.

# Адсорбенты

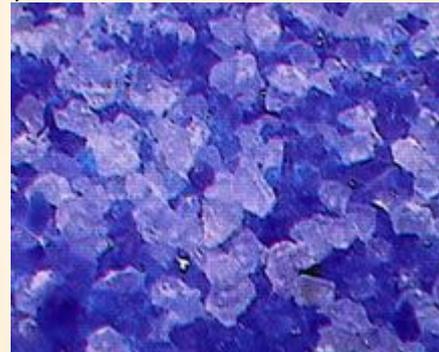
- В качестве адсорбентов широко применяются активные угли, которые получают при сухой перегонке углесодержащих веществ, таких, как дерево, торф, кости и др.
- Активирование проводят в основном прокаливанием углей при температурах выше  $900^{\circ}\text{C}$ , перед обугливанием вводят активирующие добавки (растворы хлористого цинка, кислот, щелочей и др.).
- Для обесцвечивания сахарных сиропов применяется активированный уголь, полученный на базе костяного угля. Типичным мелкозернистым углем для обесцвечивания сахарных сиропов, коньяков, вин, фруктовых соков, эфирных масел, желатина является уголь деколар.
- Удельная площадь поверхности активированных углей составляет **600-1750 м<sup>2</sup>/г.**

# Адсорбенты

- Цеолиты – водные алюмосиликаты природного или синтетического происхождения. Размер пор синтетических цеолитов соизмерим с размерами сорбируемых молекул, поэтому они могут адсорбировать молекулы, проникающие в поры. Такие цеолиты называют молекулярными ситами.
- Цеолиты некоторых марок используются для концентрирования соков.
- Цеолиты характеризуются высокой поглотительной способностью и применяются для осушки газов и жидкостей.

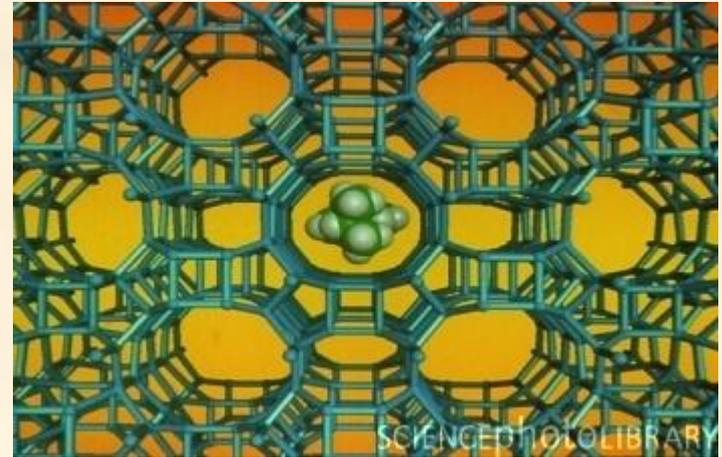
## Селикагели:

- гранулы пористых форм окси кремния
- аморфны
- гидрофильны
- 400-800 м<sup>2</sup>/g
- осушители

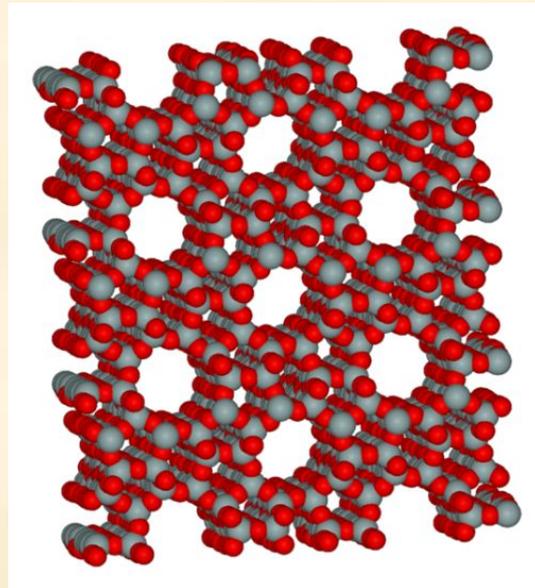


# Цеолиты

- пористые кристаллические материалы
- гидрофильны
- 600-700 м<sup>2</sup>/г
- имеют высокоструктурированную пористую структуру



Морденит - природный минерал цеолита



Микропористая молекулярная структура цеолита ZSM-5

# Адсорбенты

- Глины и другие природные глинистые адсорбенты – бентонитовые глины и отбеливающие глины, гумбрин, асканит и др. – являются высокодисперсными системами со сложным химическим составом.
- Наиболее распространенным методом активации природных глин является обработка их минеральными кислотами.
- Удельная площадь поверхности глин составляет от 20 до 100 м<sup>2</sup>/г.

# Равновесие при адсорбции и материальный баланс

Количество вещества, адсорбированное единицей массы или объема данного поглотителя при достижении состояния равновесия зависит от температуры и концентрации поглощаемого вещества в парогазовой смеси или растворе. Соответственно зависимость между равновесными концентрациями фаз при адсорбции имеет вид:

$$X^* = f(Y, T) \quad (8)$$

или при постоянной температуре

$$X^* = f_i(Y) \quad (9)$$

где:

\*X – относительная концентрация адсорбтива в адсорбенте, равновесная с концентрацией адсорбтива в газовой или жидкой фазе, кг адсорбтива/кг адсорбента;

Y – относительная концентрация адсорбтива, кг/кг носителя газовой смеси или раствора.

- Концентрация  $Y$  поглощаемого компонента может быть заменена его парциальным давлением растворов парогазовой смеси, тогда:
- Представленные две зависимости  $X^* = f_z(p)$  представляют собой выраженные в самом общем виде уравнения линии равновесия при адсорбции, или изотермы адсорбции.
- Несмотря на сложность и своеобразие процесса, основные закономерности для процесса адсорбции имеют сходство с закономерностями абсорбционного процесса.
- Уравнение материального баланса имеет вид

$$G(Y_H - Y_K) = L(X_K - X_H) \quad (10)$$

где:

$X_H$  – начальное содержание сорбтива, отнесенное к единице веса сорбента;

$X_K$  – конечное содержание сорбтива, по окончании цикла работы аппарата.

# Равновесие при адсорбции и материальный баланс

- В последнее время стали применять адсорберы непрерывного действия, в которых адсорбент движется навстречу газовой смеси. В этом случае уравнение вполне идентично уравнению материального баланса процесса абсорбции.
- Количество адсорбированного вещества за время  $\tau$  может быть по аналогии с процессом абсорбции найдено из уравнения:

$$M = \beta \Delta C F \tau, \quad (11)$$

где  $\beta$  – коэффициент адсорбции;  $F$  – поверхность адсорбента,  $\text{м}^2$ ;  
 $\Delta C$  – движущая сила выражаемая разностью концентраций.

# Равновесие при адсорбции и материальный баланс

Величину коэффициента адсорбции  $\beta$  рассчитывают, используя известное уравнение критериальной зависимости

между диффузионными критериями Нуссельта и

Прандтля:

Величину коэффициента адсорбции  $\beta$  определяют

$$Nu_{\delta} = A Re^m Pr_{\delta}^n .$$

где  $m$  и  $n$

определяют экспериментально. Так при поглощении паров активированным углем

при ориентировочных расчетах можно принять:

$$Nu_{\delta} = 1,6 Re^{0,54} .$$

Из уравнения  $M = \beta \Delta C F t$  можно определить необходимую поверхность адсорбента  $F$  и расход адсорбента. Далее рассчитываются размеры аппарата, для которого была подобрана требуемая поверхность массообмена.

# Аппараты для проведения процесса адсорбции

В пищевой промышленности наибольшее распространение адсорберы с неподвижным слоем адсорбента.

**Конструкции адсорберов изучить самостоятельно.**