

Сорбционные методы

- ***Сорбционные методы*** представляют собой выделение растворенного в жидкой фазе компонента с помощью твердофазного ***сорбента***.

- Далее следует ***отделение твердой фазы*** от рафината – раствора, из которого извлечен растворенный компонент, и последующая ***десорбция*** этого компонента из сорбента в новую жидкость, отличающуюся от исходного раствора какими-то свойствами или просто более чистую, не содержащую посторонних примесей, которые есть в исходном растворе.

Ионный обмен

- Ионообменный метод основан на способности специальных сорбентов – **ионообменных смол** – сорбировать биологически активные вещества, имеющие ионную природу (т.е. являющиеся кислотой, основанием или солью), благодаря эквивалентному обмену между ионами вещества, находящегося в растворе, и ионами сорбента.

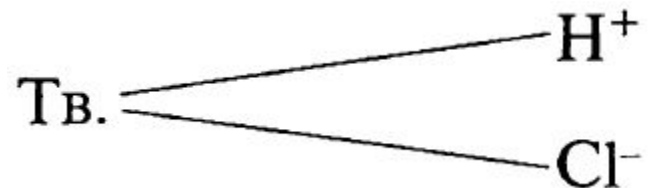
- **Ионообменные смолы, или иониты,** представляют собой синтетические высокомолекулярные органические вещества, практически нерастворимые в воде.
- Они содержат обменные ионы, один из которых связан с носителем и называется **фиксированным, или анкерным** ионом.
- С ним электростатически связан противоположно заряженный ион, называемый **подвижным ионом, или противоионом.**

- По этому подвижному иону ионообменные смолы подразделяются на **катионообменники** и **анионообменники**:

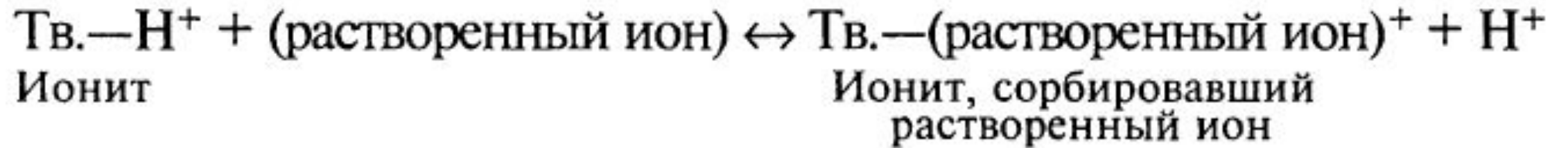
Тв. – H^+ (катионообменник);

Тв. – OH^- или Тв. – Cl^- (анионообменник);

- Кроме того, существуют и амфотерные иониты, которые содержат и катионо-, и анионообменные группы, обладая, таким образом, двойственными свойствами:



- Сам процесс ионного обмена имеет обратимый характер и протекает следующим образом:



- Высвобождающийся противоион диффундирует далее через поры ионита в жидкость.
- Движение ионов растворенного вещества внутрь гранулы ионита и, наоборот, вывод противоионов в окружающую жидкость происходят за счет *диффузии*.

- В процессах ионообмена процесс десорбции имеет название **элюция**,
- а десорбирующая жидкость – **элюентом**.

Статический способ ионного обмена

- Наиболее прост.
- В аппарат с мешалкой загружают ионит и обрабатываемый раствор.
- Затем при перемешивании ионит суспендируется и дается время, достаточное для установления равновесия.
- Далее раствор сливают или фильтруют (если гранулы ионита слишком мелкие).
- Раствор обычно направляют в канализацию (так как он обеднен по целевому продукту) или повторно используют на стадии ферментации.

- Ионит же возвращают в аппарат, заливают элюентом, т.е. водным раствором, часто с измененным значением рН или с добавлением противоиона.
- Происходит обратный процесс (десорбция, элюция) – противоион сорбируется в ионите, а сорбированное ранее вещество переходит в элюент.
- При этом продукт освобождается от примесей, которые не сорбируются и уходят с исходным раствором.

Динамический способ

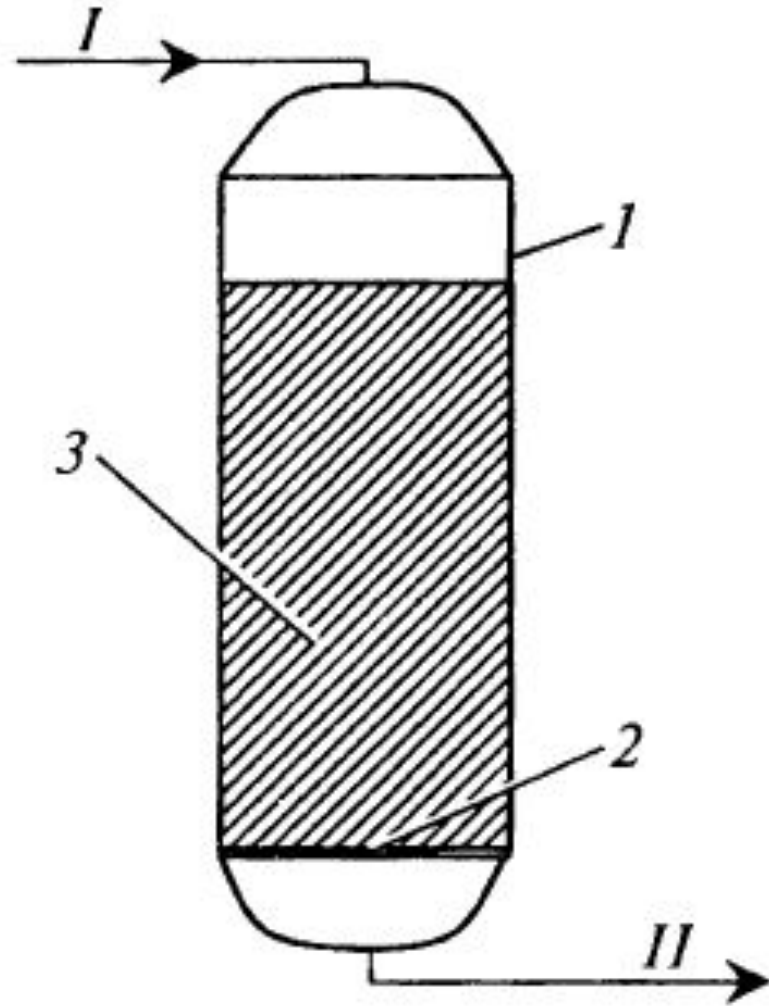
- Чаще всего используется в промышленности.
- В этом способе ионит загружается в аппарат и обрабатываемый раствор непрерывно протекает через слой ионита.
- Назвать этот процесс полностью непрерывным нельзя, так как ионит загружается и выгружается периодически, поэтому процесс *нестационарный*.

- Аппарат с загруженным ионитом называется ***ионообменной колонной***.
- Возможны два варианта таких «фильтров»:
- закрытый (напорный);
- открытый (безнапорный).

Закрытый фильтр

- Представляет собой колонну, заполненную гранулами ионита.
- Жидкость подается под напором сверху.
- У днища внутри аппарата устанавливается колпачковый фильтр с прорезями 0,2-0,3 мм, через которые проходит жидкость, но задерживаются гранулы ионита.

Схема «закрытого фильтра»

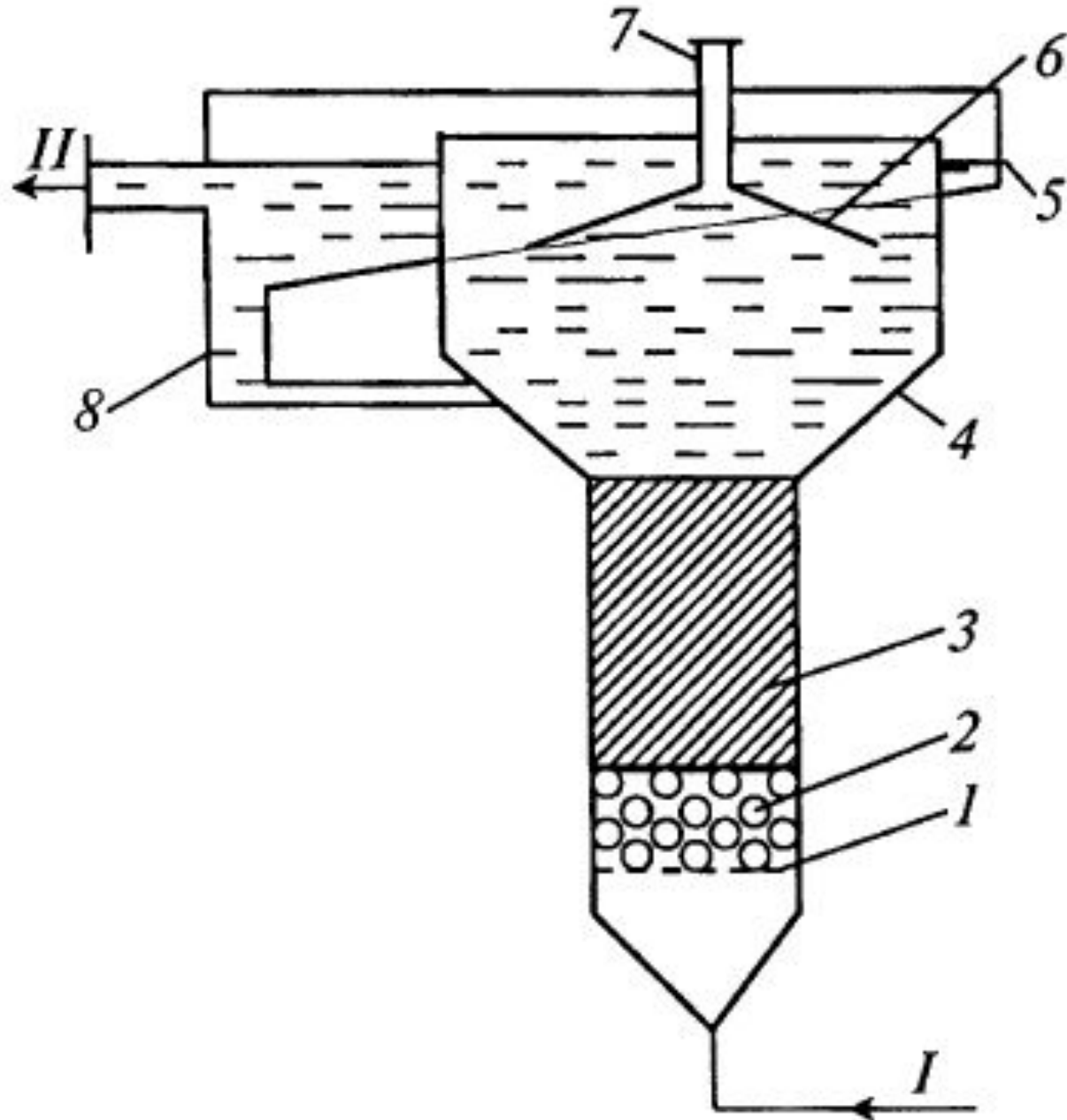


I — корпус; *2* — колпачковый фильтр; *3* — слой ионита;
I — исходный раствор; *II* — отработанный раствор

Открытый фильтр

- Раствор подается в него снизу через специальный слой зернистого материала.
- Скорость потока в аппарате выбирается таким образом, чтобы слой ионита находился во взвешенном состоянии.
- Чтобы при этом не происходило выноса гранул ионита, верхняя часть колонны выполнена расширенной.
- В этой части колонны скорость потока снижается, что способствует оседанию гранул.
- Вывод отработанного раствора из колонны снабжен системой улавливания гранул ионита.

Схема «открытого фильтра»



I — колпачковый фильтр; *2* — слой зернистого материала; *3* — слой ионита; *4* — корпус; *5* — кольцевой карман; *6* — экран для задержания гранул ионита; *7* — патрубок сообщения с атмосферой; *8* — переливной патрубок; *I* — исходный раствор; *II* — отработанный раствор

- Обычно существует батарея ионообменных колонн, работающих в различных режимах.

- Далее осуществляют процесс извлечения полезного вещества из сорбента – *элюция*.
- Элюат (чистый раствор, содержащий десорбированное вещество) поступает на дальнейшие стадии концентрирования.
- Элюция прекращается после снижения концентрации в выходном потоке до предельного уровня.

- После элюции проводится процесс *регенерации ионита*.
- Для этого через слой ионита пропускают раствор противоиона, который сорбируется на ионите, занимая там свое «законное место».

- Главное в этом методе – это отделение продукта от примесей.
- Способность ионообменных смол сорбировать именно целевой продукт называют ***селективностью***.

Матрицы в смолах:

- полистирол (поливинилбензол);
- полиакрилат, полиметакрилат;
- полиамин;
- целлюлозу, декстран и др.

Функциональные группы:

- карбоксильные;
- сульфоновые;
- аминогруппы (от первичной до четвертичной).

Адсорбция микропористыми сорбентами

- В процессе адсорбции на микропористых сорбентах обычно сорбируются не ионы, а целиком молекулы, чаще неполярных веществ.
- Собственно в качестве сорбентов выступают не ионообменные смолы, а материалы без функциональных групп или микропористые адсорбционные смолы.

- Связывание на этих сорбентах происходит под воздействием сил Ван-дер-Ваальса.

Важнейшими *характеристиками* этих сорбентов являются:

- объем пор;
- удельная поверхность;
- средний диаметр пор;
- распределение пор по размерам.

Наиболее типичным и первым из такого рода сорбентов является **активированный уголь**.

- Выпускаются полимерные сорбенты, которые по качеству превосходят активированный уголь.

Химический состав этих сорбентов:

- Неполярные – стирол;
- Полуполярные – акриловые эфиры;
- Полярные – сульфоксиды, амиды.

- *Особенность адсорбентов* – их ёмкость увеличивается при возрастании концентрации солей в среде (для ионообменников, наоборот, уменьшается).
- Соответственно аппараты и технологические схемы также аналогичны используемым для ионного обмена.

Хроматография

- В биологических растворах часто оказывается смесь близких по природе веществ, имеющих в то же время различную биологическую активность.
- Для разделения этих веществ используют процесс **хроматографии**.

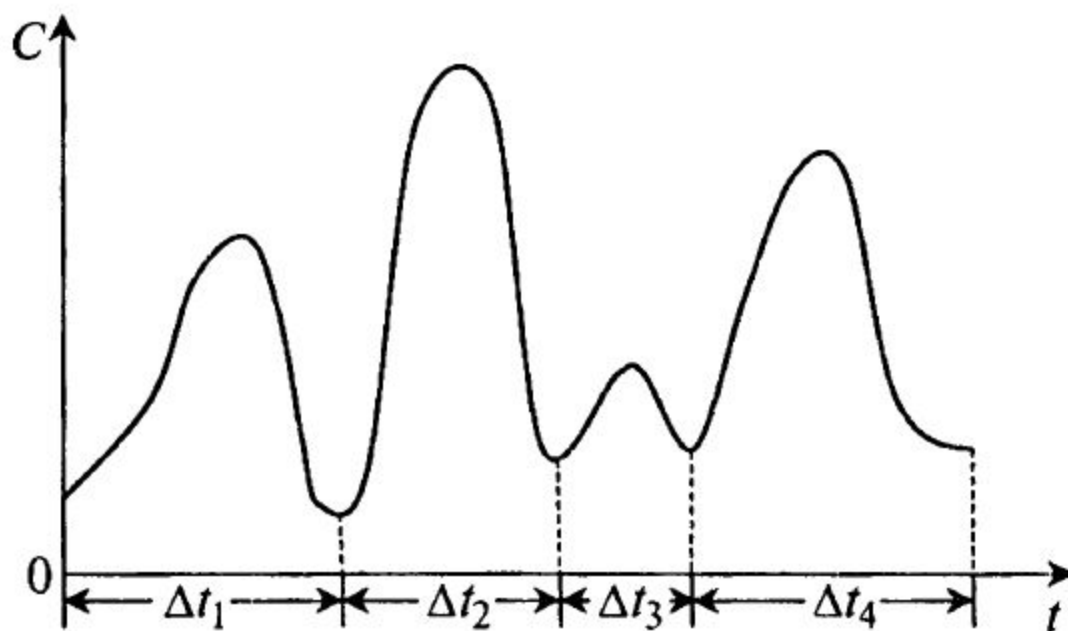
- В технологии этот процесс называют **препаративная хроматография.**

- При препаративной хроматографии поток элюента, выходящий из слоя сорбента не сорбируется весь в одну емкость, а фракционируется в приёмники по времени пропускания элюента через колонку.
- Дело в том, что десорбция разных по сродству к сорбенту веществ протекает с разной скоростью.
- Поэтому сначала в поток перейдут вещества менее связанные с сорбентом, а затем все более и более трудно десорбируемые.

Система для препаративной хроматографии



- Если измерять концентрацию вещества в потоке элюента во времени, то можно наблюдать ряд пиков различной высоты, разделенных участками низкой концентрации.



C — концентрация вещества в элюате;
 t — время от начала десорбции (элюирования); Δt_1 , Δt_2 , Δt_3 , Δt_4 — интервалы времени для сбора различных фракций элюата, содержащих различные вещества

- **Адсорбционная хроматография** основана на поверхностном связывании растворенного компонента.
- В **ионообменной хроматографии** сначала связываются, а затем с различной скоростью десорбируются ионы растворенных компонентов.

- **Аффинная хроматография** – в ней для сорбции и десорбции используют биоспецифическое вещество, которое подходит к соответствующей выделяемой молекуле как ключ к замку.
- Это могут быть ферменты или иммуносорбенты.