

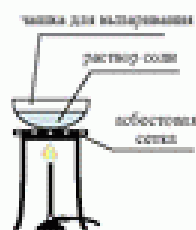
# КРИСТАЛЛИЗАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ РАЗДЕЛЕНИЯ СМЕСЕЙ

Основаны на различии составов жидкой (паровой) и твердой фаз, образующихся при частичной кристаллизации раствора, расплава, газовой фазы.



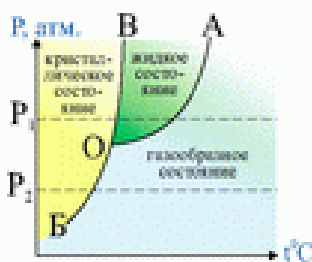
## РАЗДЕЛЕНИЕ И ОЧИСТКА ТВЕРДЫХ ВЕЩЕСТВ

### Выпаривание

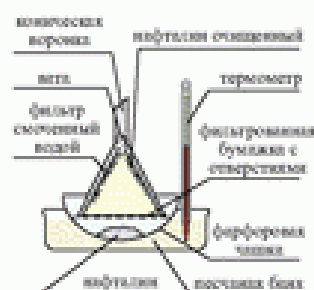


### Возгонка (сублимация)

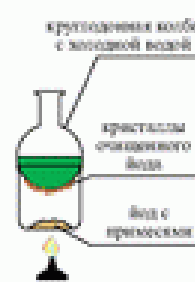
Диаграмма состояния  
однокомпонентной системы



Возгонка нафталина



Возгонка воды



### Перекристаллизация

1



Растворение вещества  
в горячей воде.

2



Фильтрация через сложенный  
фильтр на воронке для горячего  
фильтрации.

3



Охлаждение  
водой и льдом.

4



Фильтрация на  
воронке Бюхнера  
"под вакуумом".

88, 811, 897

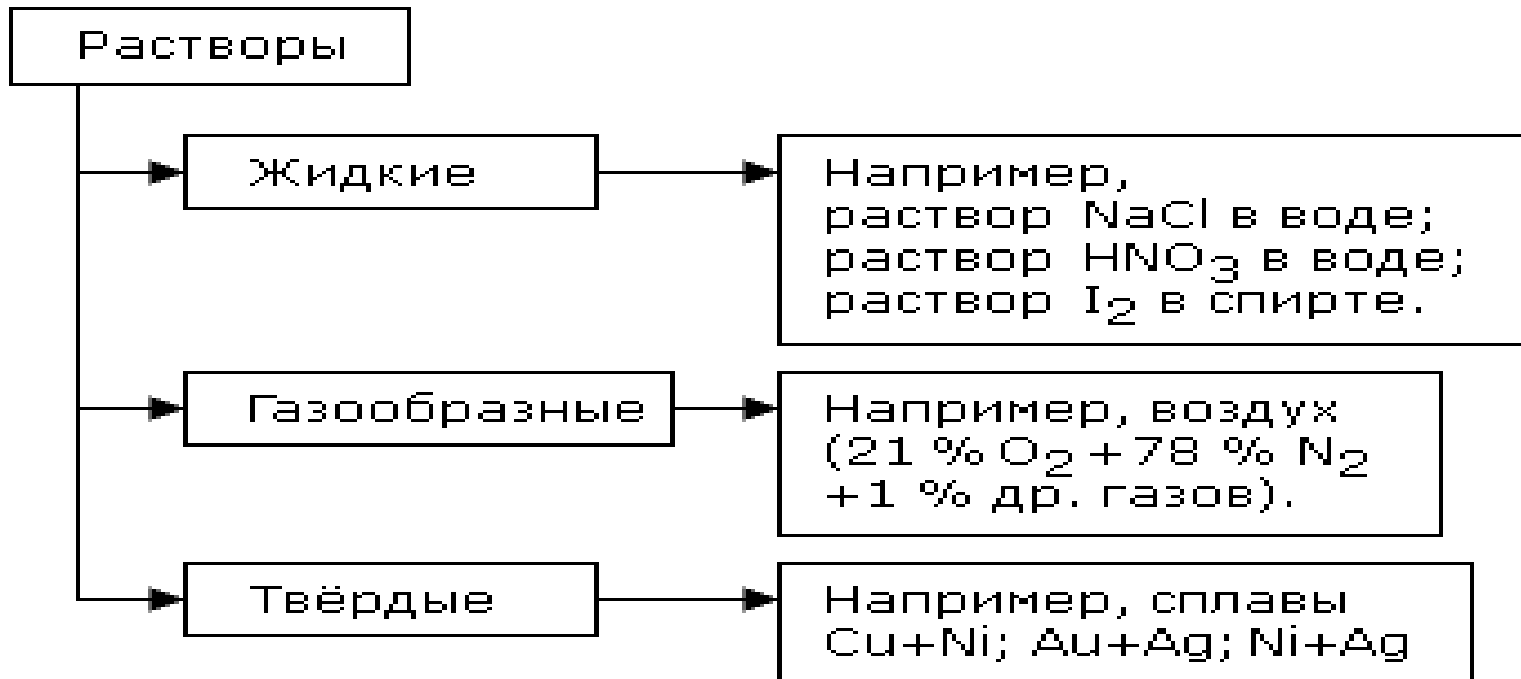
Как промышленный метод очистки может складываться из следующих операций:

- Растворение твердых смесей или расплавов (или плавление),
- Кристаллизация,
- Фильтрование,
- Промывка осадка,
- Повторение операций.

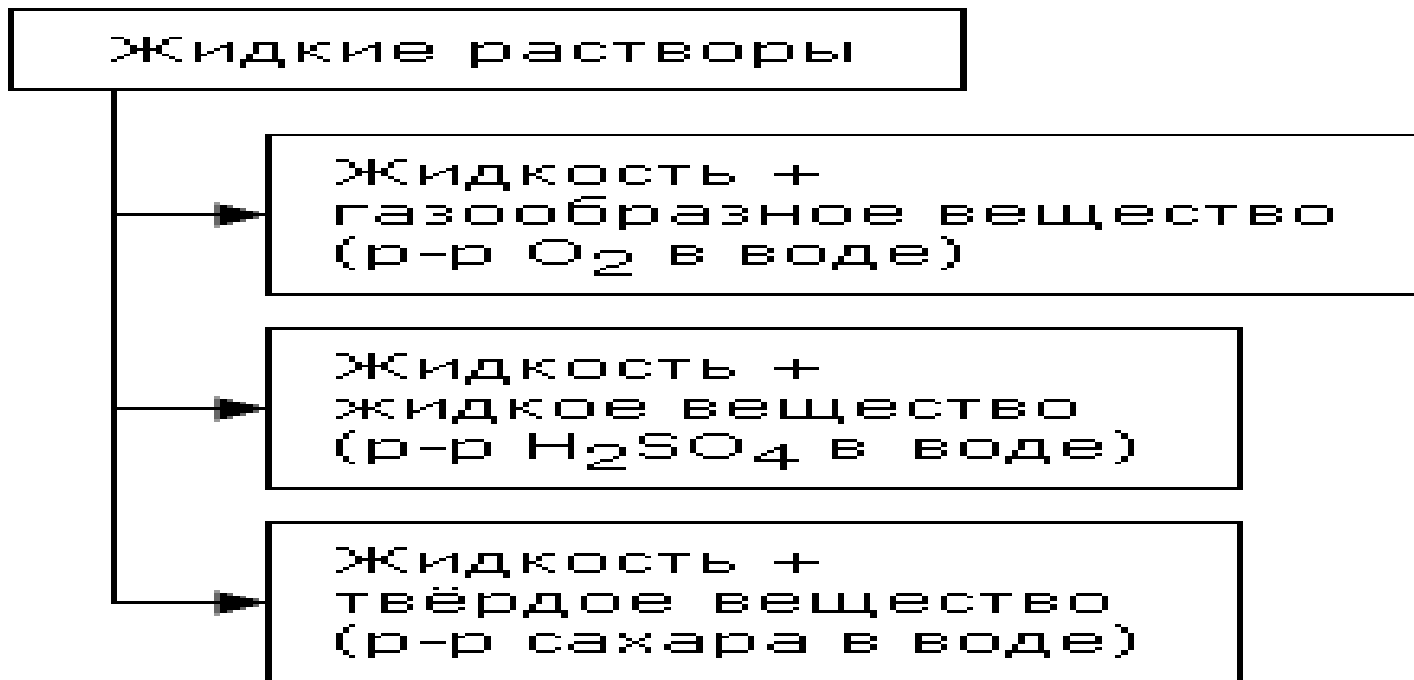
# Растворение

Растворы — гомогенные (однородные) системы переменного состава, которые содержат два или несколько компонентов.

# Классификация растворов по агрегатному состоянию



# Составы жидких растворов



Жидкие растворы могут быть водные и неводные.

- *Водные растворы* – растворы, в которых растворителем является вода.
- *Неводные растворы* – растворы, в которых растворителем являются другие жидкости (бензол, спирт, эфир и т. д.).

# Растворимость газов в газах

Газы смешиваются в любых соотношениях (при очень высоких давлениях, когда плотность газов приближается к плотности жидкостей, может наблюдаться ограниченная растворимость).



Газовые смеси описываются *законом*  
*Дальтона*:

Общее давление газовой смеси равно  
сумме парциальных давлений всех  
входящих в неё газов.

- $$P_{\text{общ}} = \sum P_i = \frac{RT}{V} \sum v_i$$

# Растворимость газов в жидкостях зависит от ряда факторов:

- природы газа и жидкости,
- давления,
- температуры,
- концентрации растворенных в жидкости веществ (особенно сильно влияет на растворимость газов концентрация электролитов).

Наибольшее влияние на растворимость газов в жидкостях оказывает природа веществ.

Так, в 1 литре воды при  $t = 18^{\circ}\text{C}$  и  $P = 1$  атм. растворяется

0,017 л. азота,

748,8 л. аммиака

427,8 л. хлороводорода.

Зависимость растворимости газов от давления выражается *законом Генри – Дальтона*, по которому растворимость газа в жидкости прямо пропорциональна его давлению над жидкостью.

- $C = kP$

Здесь  $C$  – концентрация раствора газа в жидкости,  $k$  – коэффициент пропорциональности, зависящий от природы газа.

справедлив только для разбавленных растворов при малых давлениях, когда газы можно считать идеальными. Газы, способные к специфическому взаимодействию с растворителем, данному закону не подчиняются.

# Растворимость газов в жидкостях

зависит от температуры и определяется уравнением Клапейрона – Клаузиуса

$$\frac{x_1}{x_2} = \frac{\lambda}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

$x$  – мольная доля газа в растворе,

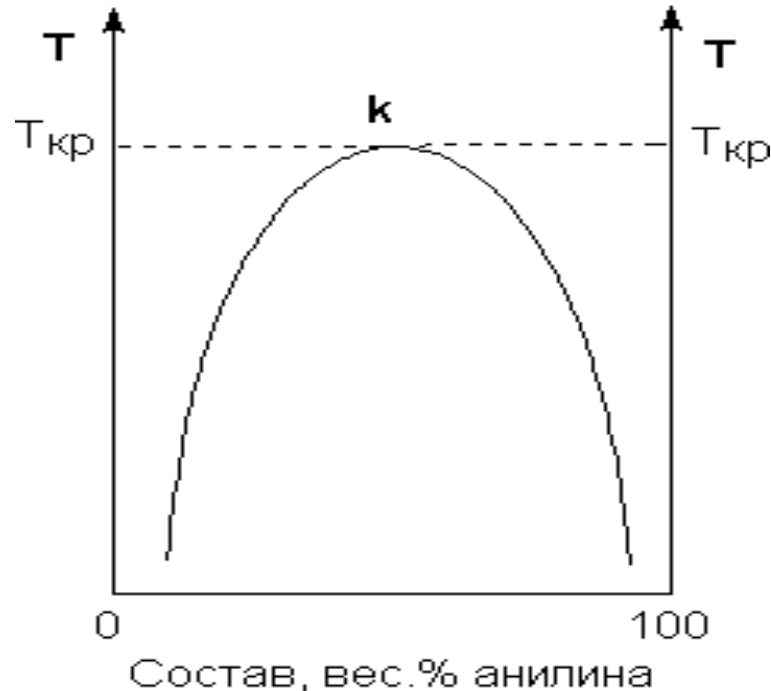
$\lambda$  – тепловой эффект растворения 1 моля газа в его насыщенном растворе

# Взаимная растворимость жидкостей

В зависимости от природы жидкости могут:

- смешиваться в любых соотношениях (в этом случае говорят о неограниченной взаимной растворимости),
- быть практически нерастворимыми друг в друге
- обладать ограниченной растворимостью.

# Диаграмма растворимости системы анилин – вода



Эта система относится к т.н. системам с верхней критической температурой расслоения; существуют также и системы, для которых повышение температуры приводит к уменьшению взаимной растворимости компонентов.

# Растворимость твердых веществ в жидкостях

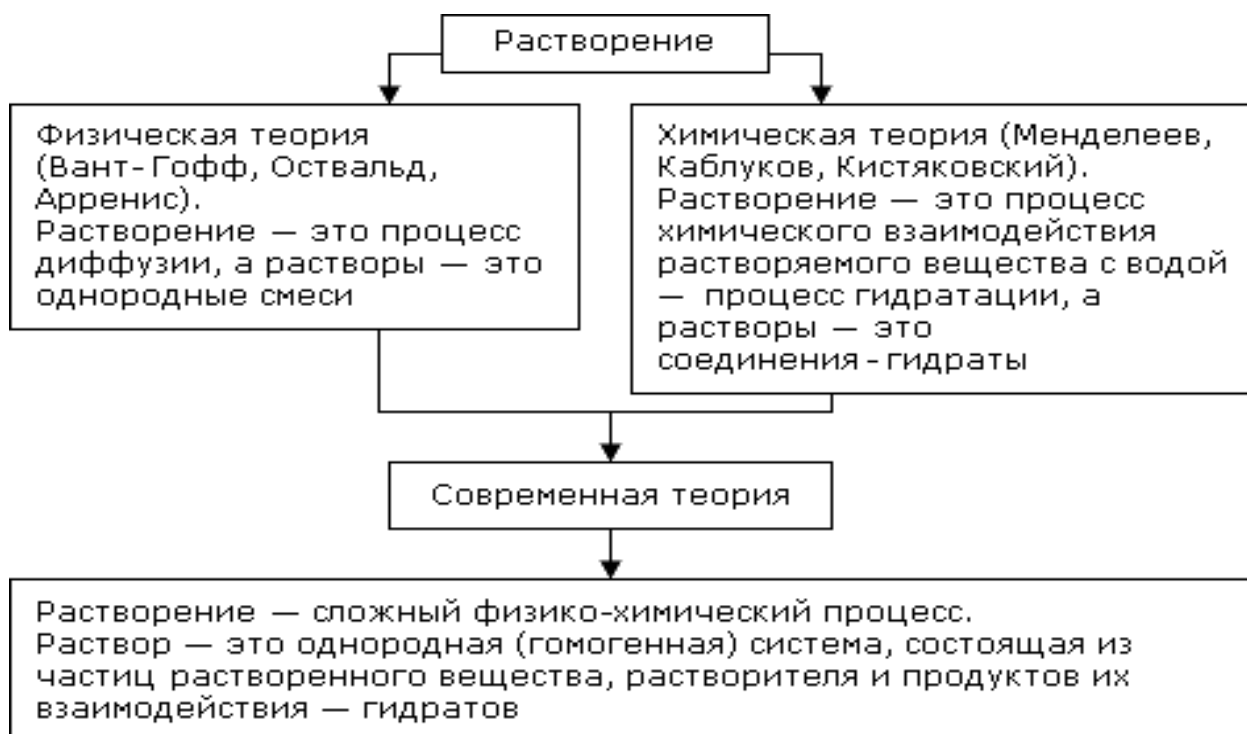
Растворимость твердых веществ в жидкостях определяется природой веществ и обычно зависит от температуры.

Сведения о растворимости твердых тел целиком основаны на опытных данных.

Качественным обобщением экспериментальных данных по растворимости является принцип «подобное в подобном»: полярные растворители хорошо растворяют полярные вещества и плохо – неполярные, и наоборот.

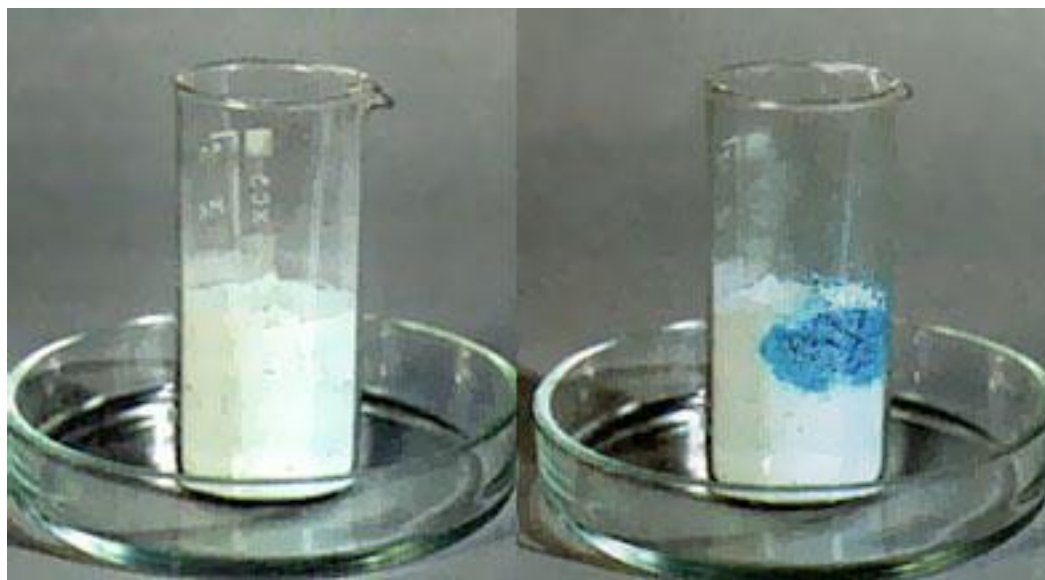


# Процесс растворения



Сольваты — продукты переменного состава, которые образуются при химическом взаимодействии частиц растворённого вещества с молекулами растворителя.

Если растворителем является вода, то образующиеся сольваты называются *гидратами*.



**Безводный сульфат меди  $\text{CuSO}_4$  бесцветный (слева), но при соприкосновении с водой он мгновенно превращается в медный купорос**



Растворы йода в воде, этаноле, бензоле и четыреххлористом углероде

# Энергетической характеристикой растворения

является теплота образования раствора, рассматриваемая как алгебраическая сумма тепловых эффектов всех эндо- и экзотермических стадий процесса. Наиболее значительными среди них являются:

- поглощающие тепло процессы - разрушение кристаллической решётки, разрывы химических связей в молекулах;
- выделяющие тепло процессы - образование продуктов взаимодействия растворённого вещества с растворителем (гидраты) и др.

Если энергия разрушения кристаллической решетки меньше энергии гидратации растворённого вещества, то растворение идёт с выделением теплоты (наблюдается разогревание).

Если энергия кристаллической решётки больше энергии гидратации, то растворение протекает с поглощением теплоты (при приготовлении водного раствора  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  наблюдается понижение температуры).

# Характеристики растворимости веществ

Предельная растворимость многих веществ в воде (или в других растворителях) представляет собой постоянную величину, соответствующую концентрации насыщенного раствора при данной температуре.

Количественной характеристикой растворимости является коэффициент растворимости.

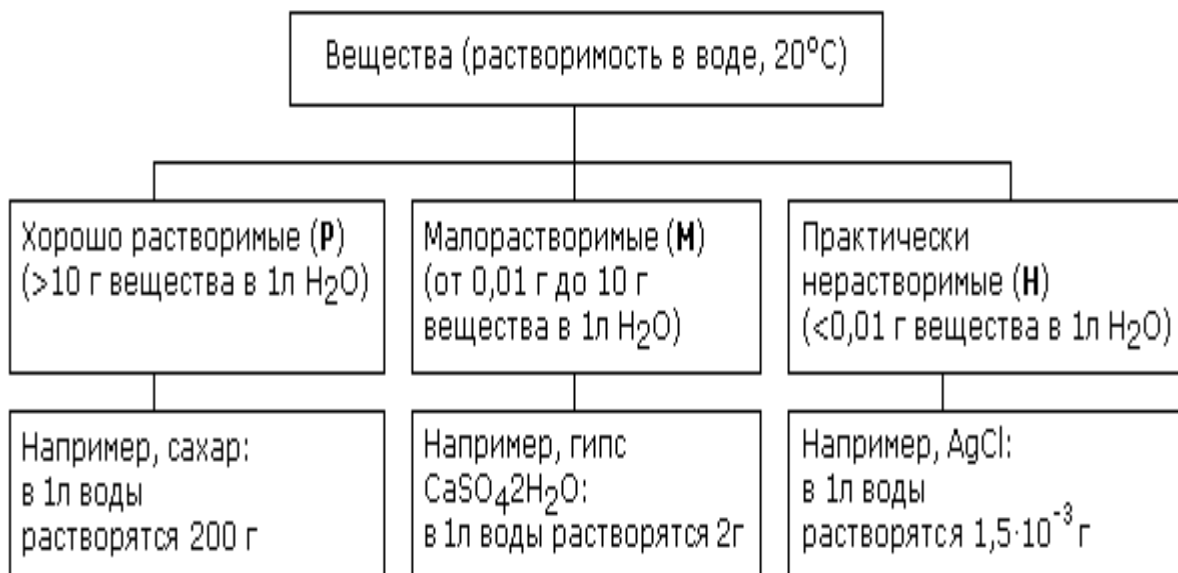
*Коэффициент растворимости* показывает, какая максимальная масса вещества может раствориться в 1000 мл растворителя при данной температуре.

Растворимость выражают в граммах на литр (г/л) или грамм вещества на 100 грамм растворителя.

Растворимость зависит:

- от природы растворяемого вещества и растворителя, температуры
- давления.

# Природа растворяемого вещества.



# Природа растворителя.

При образовании раствора связи между частицами каждого из компонентов заменяются связями между частицами разных компонентов. Чтобы новые связи могли образоваться, компоненты раствора должны иметь одготипные связи, т.е. быть одной природы.

Поэтому ионные вещества растворяются в полярных растворителях и плохо в неполярных, а молекулярные вещества - наоборот.

# Влияние температуры.

Если растворение вещества является экзотермическим процессом, то с повышением температуры его растворимость уменьшается (Например,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  в воде) и наоборот.

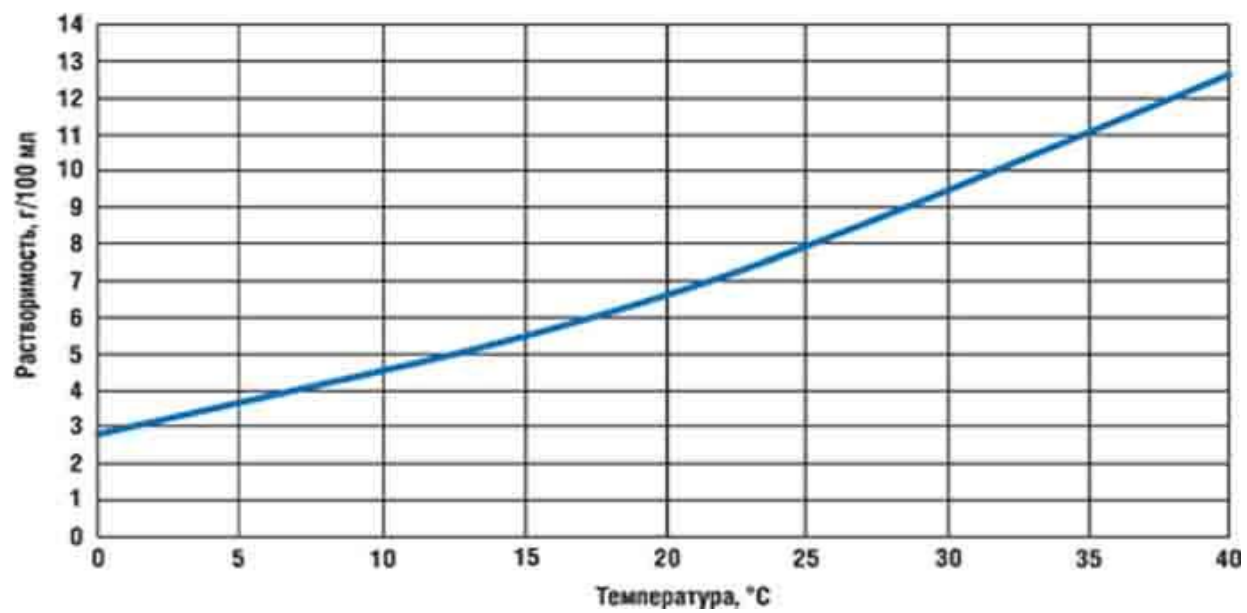
Для большинства солей характерно увеличение растворимости при нагревании.

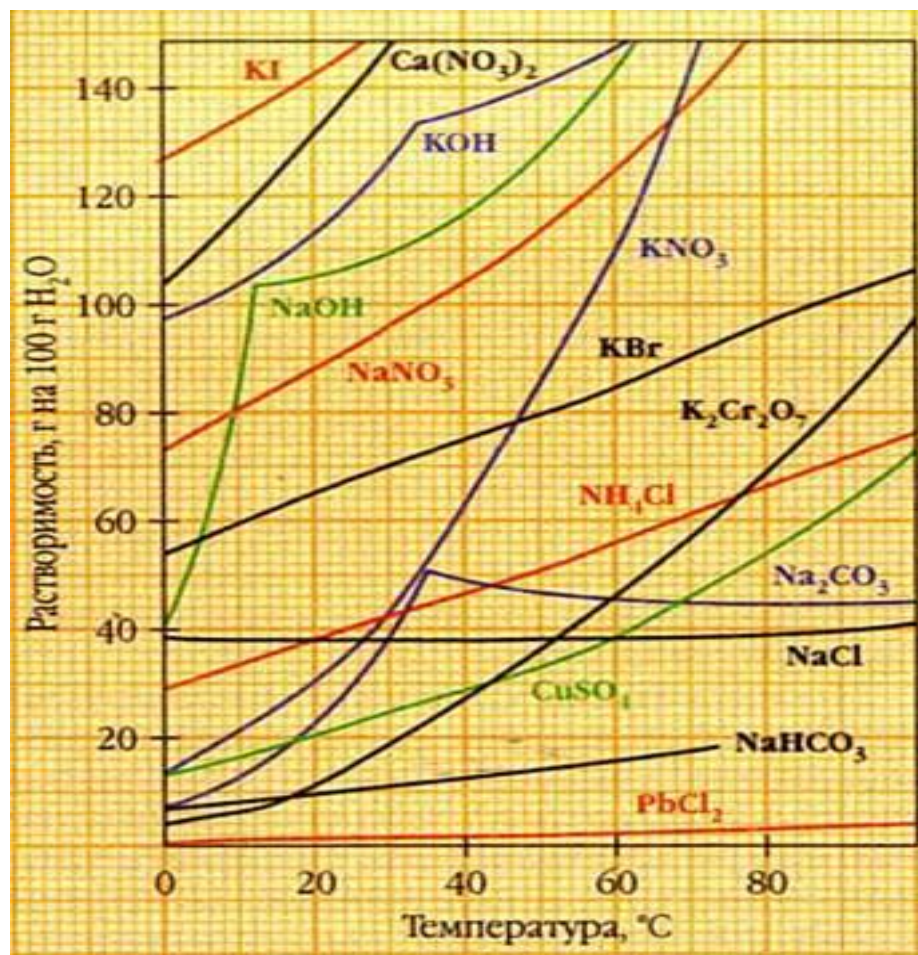
Практически все газы растворяются с выделением тепла. Растворимость газов в жидкостях с повышением температуры уменьшается, а с понижением увеличивается.





## Растворимость перманганата калия





# Влияние давления.

С повышением давления растворимость газов в жидкостях увеличивается, а с понижением уменьшается.

- *Насыщенный раствор* — раствор, который содержит максимальное количество растворяемого вещества при данной температуре.
- *Ненасыщенный раствор* — раствор, который содержит меньше растворяемого вещества, чем насыщенный при данной температуре.
- *Перенасыщенный раствор* содержит избыточное количество растворенного вещества, превышающее растворимость при данной температуре. Такой раствор неустойчив, из него выделяется избыточное количество растворенного вещества в виде кристаллов.

$$\Pi = \frac{C}{C_0}$$

- Пересыщенное состояние раствора может быть достигнуто следующими способами:
- концентрированием раствора за счет удаления части растворителя при кипении или испарении;
- уменьшением растворимости при охлаждении раствора;
- добавлением в раствор веществ, связывающих растворитель или уменьшающих растворимость.
- Состояние раствора характеризуется коэффициентом пересыщения  $\Pi$ :
- , 
$$\Pi = \frac{C}{C_0}$$
- где  $C$  и  $C_0$  - молярные концентрации данного и насыщенного растворов в кмоль/м<sup>3</sup>.

# Задача

- Воду объёмом 1000 мл насыщают нитратом калия  $\text{KNO}_3$  при  $60^\circ\text{C}$ . Раствор охлаждают до  $30^\circ\text{C}$ . Какая масса соли выпадает в осадок?

По кривой растворимости нитрата калия находим растворимость  $\text{KNO}_3$  при  $60^\circ\text{C}$  и при  $30^\circ\text{C}$ .

При  $60^\circ\text{C}$  растворимость  $\text{KNO}_3$ : 1100 г

При  $30^\circ\text{C}$ : 440 г

Рассчитываем массу соли, выпавшей в осадок:

$$m(\text{KNO}_3) = 1100 \text{ г} - 440 \text{ г} = 560 \text{ г}$$



*Ответ:*

При охлаждении насыщенного раствора  $\text{KNO}_3$  от  $60^\circ\text{C}$  до  $30^\circ\text{C}$  выпадает в осадок 500 г соли.

## Пример 2.

Рассчитать растворимость нитрата калия в воде при обычной температуре ( $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), если при выпаривании 50 г насыщенного раствора масса сухой соли оказалась равной 13,02 г.

Масса нитрата калия в 100 г раствора равна  
 $13,02 \times 100 / 50 = 26,04$  г.

Эта масса нитрата калия приходится на 100 –  
 $26,04 = 73,96$  г воды в насыщенном растворе.  
Составляем соотношение:

$$\left. \begin{array}{l} 26,04 \text{ г нитрата калия} - 73,96 \text{ г воды,} \\ x \text{ г нитрата калия} - 100 \text{ г воды.} \end{array} \right\}$$

- Откуда  $x = 26,04 \times 100 / 73,96 = 35,2$  г.

Это и есть растворимость, т. е. масса  
растворенного вещества в насыщенном  
растворе, приходящаяся на 100 г воды.

# КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ

Кристаллизация представляет собой процесс выделения твердой фазы при затвердевании веществ, находящихся в жидком состоянии (из расплава), или процесс выделения твердого растворенного вещества из раствора.

Кристаллизация является одним из важнейших способов получения твердых веществ в чистом виде.

Чтобы **кристаллизация** протекала с конечной скоростью, исходную фазу необходимо:

- переохладить (перегреть),
- перенасытить кристаллизующимся веществом,
- внести во внеш. поле, снижающее растворимость кристаллизующейся фазы.

В переохлажденной (перегретой) либо пересыщенной фазе происходит *зарождение новой фазы* - образуются центры **кристаллизация**, которые превращаются в кристаллы и растут, как правило, изменяя форму, содержание примесей и дефектность.

- Форма и величина кристаллов оказывают существенное влияние на их дальнейшую обработку путем фильтрования, при котором оба эти фактора значительно влияют на скорость процесса. Известно, что чем крупнее кристаллы и отчетливее выражена их кристаллическая форма, тем эффективнее протекает процесс фильтрования.

- Поэтому, например, процессы нейтрализации сернокислых растворов мелом необходимо проводить при определенной температуре (60...65°) и заданном соотношении реагирующих масс (равномерное и одновременное приливание водной суспензии мела и нейтрализуемой жидкости), что обуславливает образование крупнокристаллического осадка сернокислого кальция (гипса) определенной гидратной формы.

При синтезе органических полупродуктов и красителей антрахинонового ряда нередко от способа выделения кристаллов в значительной степени зависит успех всего производства.

Быстрое осаждение антрахинона и его производных без нагревания приводит к образованию осадков, которые практически не фильтруются, а медленное осаждение в разведенной среде при кипячении раствора дает крупнокристаллические, сравнительно легко фильтруемые осадки.



# Методы кристаллизации

- 1) изогидрическая кристаллизация, т.е. кристаллизация охлаждением горячих насыщенных растворов (без потери растворителя);
- 2) изотермическая кристаллизация, осуществляется удалением части растворителя путем выпаривания;
- 3) вакуум-кристаллизация при которой горячий насыщенный раствор, попадая в область пониженного давления, охлаждается до температуры насыщения, соответствующей этому давлению, за счет самоиспарения части растворителя;
- 4) кристаллизация высоливанием, осуществляется добавлением к раствору вещества, понижающего растворимость выделяемой соли;
- 5) кристаллизация вымораживанием (применяется преимущественно для выделения отдельных компонентов из естественных рассолов );
- 6) кристаллизация в результате химической реакции (этим путем, например, в коксо- химическом производстве в больших масштабах получают кристаллический сульфат аммония при кристаллизации растворов серной кислоты аммиаком, содержащимся в коксовом газе);
- 7) сублимация кристаллизация из пересыщенной паровой фазы, в процессе которой продукт переходит в твердое состояние из парообразного, минуя жидкую фазу и некоторые другие виды кристаллизации, имеющие узкую область применения.

# Классификация кристаллизационного оборудования

По способу работы аппаратов:

- аппараты периодического действия;
- аппараты непрерывного действия.

По размеру получаемых кристаллов:

- с регулируемым ростом кристаллов;
- с нерегулируемым ростом кристаллов.

По способу выгрузки кристаллов из аппарата:

- с гидравлической классификацией;
- без классификации.

По способу охлаждения раствора:

- охлаждаемые воздухом;
- вакуум-кристаллизационные аппараты.

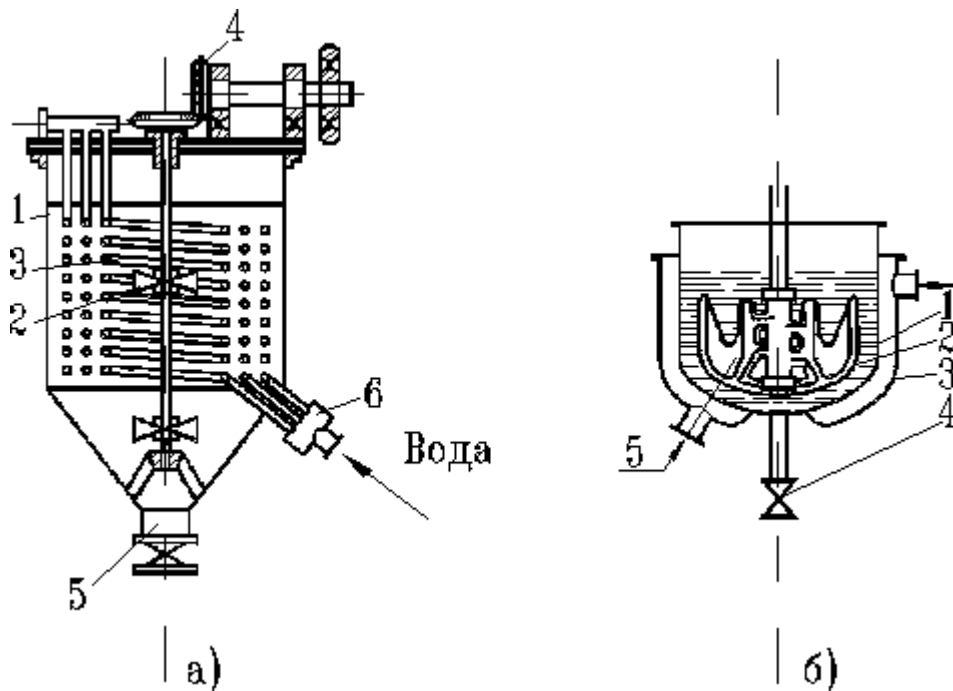
По способу создания пересыщения:

- аппараты для изогидрической кристаллизации (с охлаждением раствора);
- аппараты для изотермической кристаллизации (с удалением растворителя);
- вакуум-аппараты;
- аппараты с созданием пересыщения высоливанием;
- аппараты с созданием пересыщения в результате химической реакции
- и т.д.

# Изогидрические кристаллизаторы

- Кристаллизаторы с водяным охлаждением
- Качающийся кристаллизатор Вульфа-Бокка
- Шнековый кристаллизатор
- Барабанный погружной кристаллизатор
- Барабанные кристаллизаторы
- Изогидрический кристаллизатор  
“КРИСТАЛЛ” со взвешенным слоем

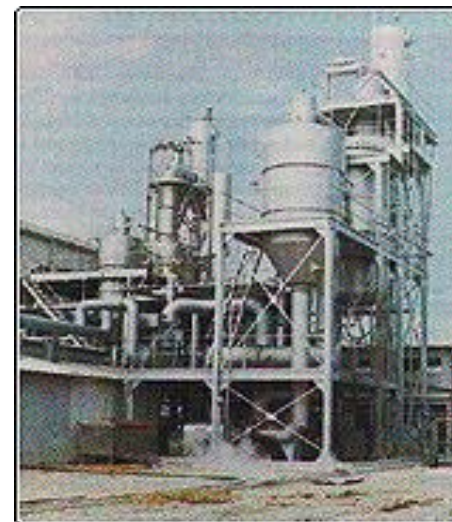
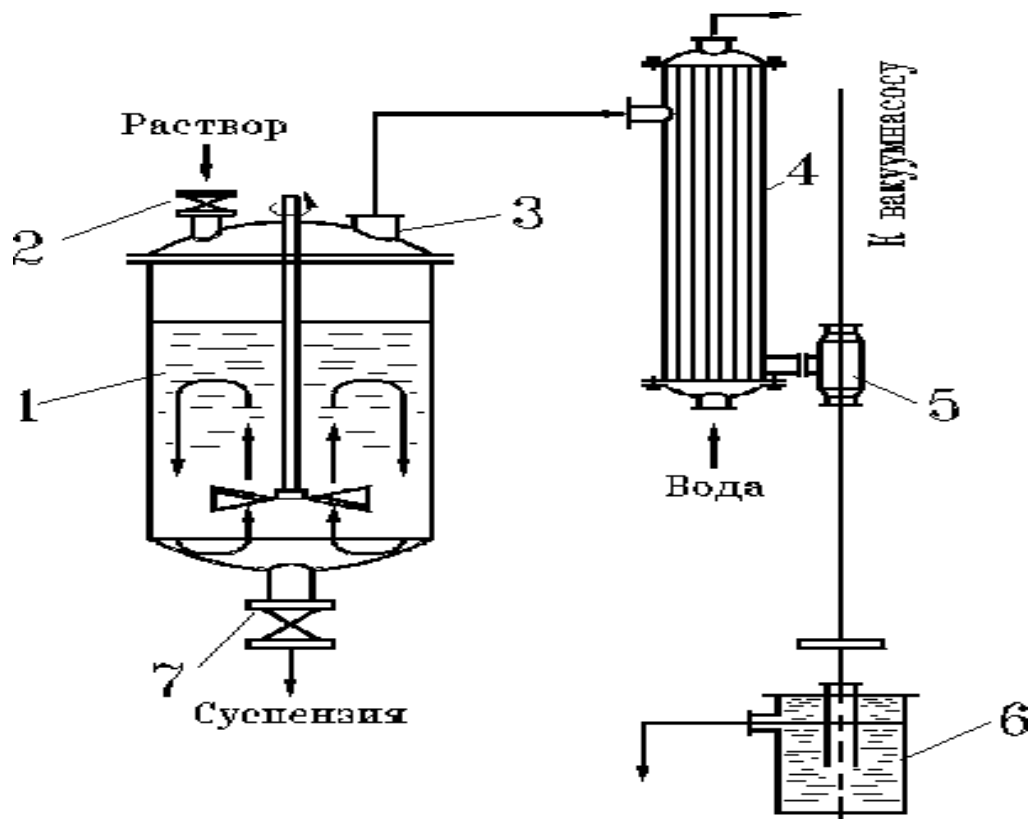
# Кристаллизаторы с водяным охлаждением



а) со встроенным змеевиком: 1 - корпус; 2 - змеевик; 3 - мешалка; 4 - привод; 5 - разгрузочное устройство; 6 - штуцера для ввода и вывода охлаждающей воды;

б) с охлаждающей рубашкой: 1 - корпус; 2 - мешалка; 3 - охлаждающая рубашка; 4 - разгрузочное устройство; 5 - штуцер для подачи охлаждающей воды.

# Вакуум-кристаллизаторы



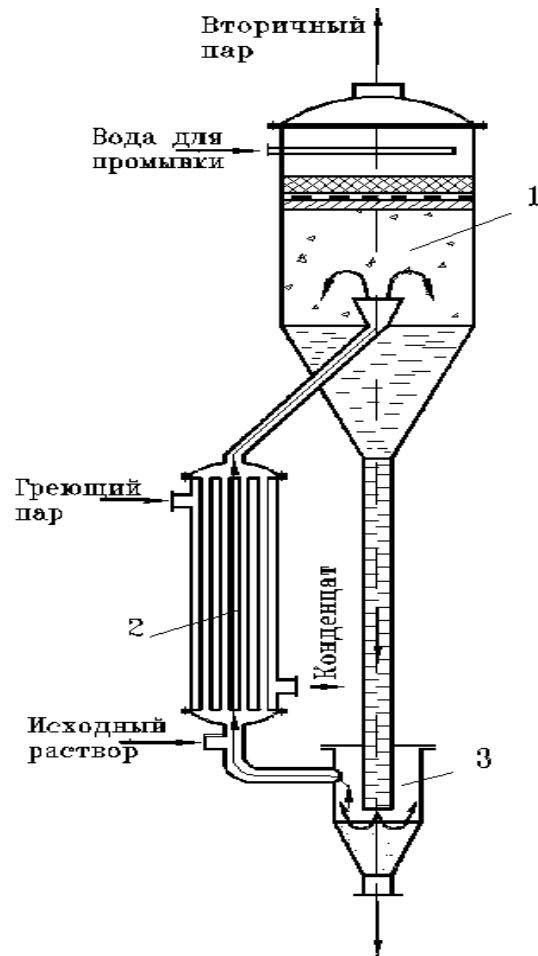
1 - корпус; 2, 3, 7 - штуцеры; 4 - теплообменник; 5 - брызгоуловитель; 6 - гидрозатвор.

# Кристаллизаторы с удалением части растворителя

- Наиболее распространенным способом удаления части растворителя является выпаривание.
- Появление в растворе кристаллов и создание условий для их роста требует внесения некоторых изменений в конструкцию обычных выпарных аппаратов.
- Наиболее производительны и надежны в эксплуатации выпарные аппараты-кристаллизаторы с принудительной циркуляцией раствора и выносной нагревательной камерой

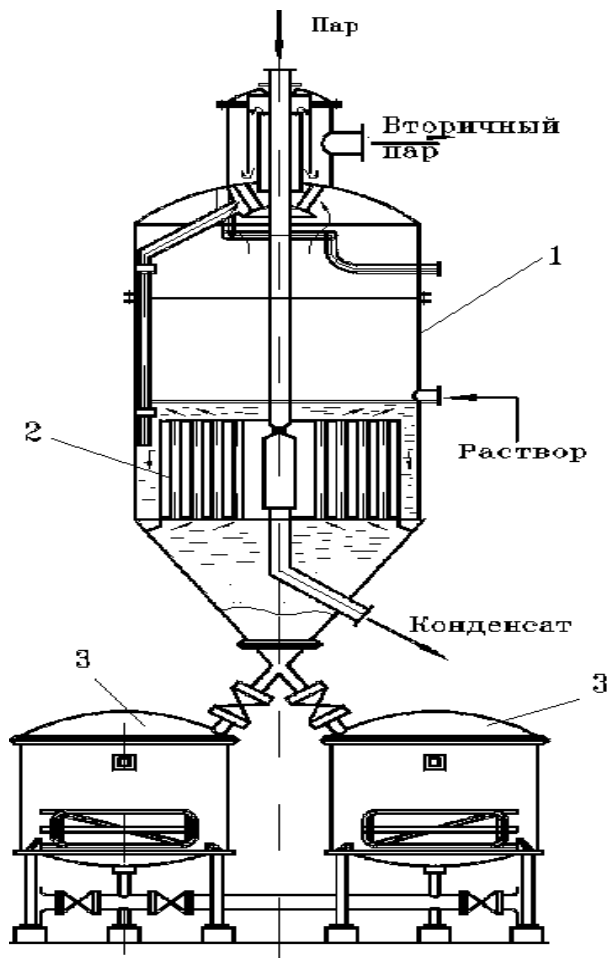


# Выпарной аппарат-кристаллизатор и выносной нагревательной камерой



- 1 - сепаратор;
- 2 - нагревательная камера;
- 3 - сборник кристаллов.

# Выпарной аппарат-кристаллизатор с подвесной греющей камерой



- 1 - корпус аппарата;
- 2 - нагревательная камера;
- 3 - сборник кристаллов.

# Кристаллизаторы барабанные БЖ, БВ



# ФИЛЬТРОВАНИЕ


**РНПО Росучприбор**  
**Южно-Уральский государственный университет**


**кафедра ХИМИИ**

**РАЗДЕЛЕНИЕ И ОЧИСТКА ТВЕРДЫХ ВЕЩЕСТВ. ФИЛЬТРОВАНИЕ.**

**Фильтрация через бумажный фильтр**



**Фильтрация при пониженном давлении (фильтрация под вакуумом)**

**Воронка Бюхнера**



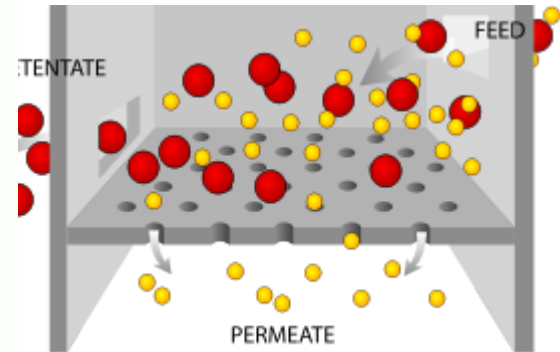
**Изготовление фильтра**



**Насосы**



454080, Челябинск, пр. Лесная, 36, ЮУрГУ, тел. (3512) 65-59-59, E-mail: f@csit.fkpa.ac.ru, Internet: www.csit.fkpa.ac.ru



# ФИЛЬТРОВАНИЕ

ФИЛЬТРОВАНИЕ (от лат. *filtrum* - войлок, англ., франц. *filtration*), разделение неоднородных систем жидкость - твердые частицы (суспензии) и газ - твердые частицы в спец. аппаратах - фильтрах, снабженных пористыми фильтровальными перегородками (ФП), к-рые пропускают жидкость или газ, но задерживают твердую фазу.

Движущая сила процесса - разность давлений по обе стороны ФП.

# Определение терминов фильтрации

**Фугование** – фильтрация суспензий.

**ОСВЕТЛЕНИЕ** - этап обработки, используемый для удаления осадочных частиц (суспензий) перед дальнейшей обработкой.

**ПРЕДФИЛЬТРАЦИЯ** - этап обработки, используемый для продления срока службы последующего (финишного) фильтра.

**ФИНИШНАЯ (стерилизующая)** фильтрация - этап обработки, используемый для получения фильтрата с заданной степенью очистки, в том числе, стерильного.

В хим. технологии под фильтрованием понимают весь комплекс процессов, происходящих на фильтрах (фильтровальные процессы):

- собственно фильтрование,
- промывка осадка,
- обезвоживание осадка,
- вспомогательные операции (загрузка суспензии, разгрузка и удаление осадка, регенерация ткани).

- Различают:
- а) собственно разделение суспензий - отделение содержащихся в них твердых частиц, отлагаемых на ФП (осадок), через которую проходит подавляющее кол-во жидкости (фильтрат);
- б) сгущение суспензий - повышение в них концентрации твердой фазы путем удаления через ФП нек-рой части жидкой фазы;
- в) осветление жидкостей (осветительное Ф.) - очистка от содержащегося в них небольшого кол-ва тонких взвесей.



Суспензии могут фильтроваться

- "хорошо",
- "средне"
- "трудно",

что определяют обычно по толщине слоя (мм) осадка, образующегося на ФП за 1 мин: соотв. 1-15, 0,1-3,0 и 0,005-0,2.

# Четкость разделения суспензии

определяется качествами фильтрата и осадка.

Качество фильтрата оценивают коэф. очистки

$$K_{оч} = C_1 / C_2,$$

где  $C_1$  и  $C_2$  – концентрации твердой фазы в исходной суспензии и фильтрате;

Коэффициент уноса

$$K_{ун} = C_2 / C_1;$$

степенью (эффективностью) очистки

$$K_{оч} = (C_1 - C_2) / C_1$$

(отношение кол-ва задержанной и исходной твердой фазы).

# Качество осадка

Качество осадка оценивают

- содержанием в нем жидкой фазы
- содержанием растворимых примесей, отнесенным к массе сухого осадка.

# Интенсивность разделения

Интенсивность разделения суспензии может определяться объемом фильтрата  $V$  (м<sup>3</sup>), прошедшего через единицу площади  $S$  (м<sup>2</sup>) поверхности  $\Phi$ . за единицу времени.

Скоростью фильтрования:

- мгновенная скорость  $\Phi$ .
- средняя скорость  $\Phi$ . ( $v = V/\tau S$ ),
- где  $V' = V/S$  - удельный объем фильтрата.

# Классификация фильтрующих элементов

Фильтрующие элементы по механизму удержания частиц разделяются на:

- **МЕМБРАННЫЕ** (преобладает поверхностное удержание частиц),
- **ГЛУБИННЫЕ** (удержание частиц происходит, в основном, в объеме фильтрующего материала)
- **СОРБЦИОННО-ФИЛЬТРУЮЩИЕ** (удержание частиц происходит за счет механизмов адсорбции).

Фильтрующие элементы классифицируются как:

- **ГИДРОФОБНЫЕ** (для фильтрации газовых и жидких сред)
- **ГИДРОФИЛЬНЫЕ** (для фильтрации жидкостей),

По способу упаковки фильтрующего материала  
разделяются на:

- **ГОФРИРОВАННЫЕ**
- **НЕГОФРИРОВАННЫЕ**, а

По конструктивному исполнению – пластины, диски, капсулы, мини-патроны, стандартные картриджи (элементы патронного типа).

# Основные характеристики фильтрационных материалов

- вид материала,
- водопроницаемость,
- воздухопроводность,
- пористость,
- прочность,
- рабочее давление,
- масса 1 м<sup>2</sup>,
- линейные размеры,
- химическая стойкость,
- термостойкость.

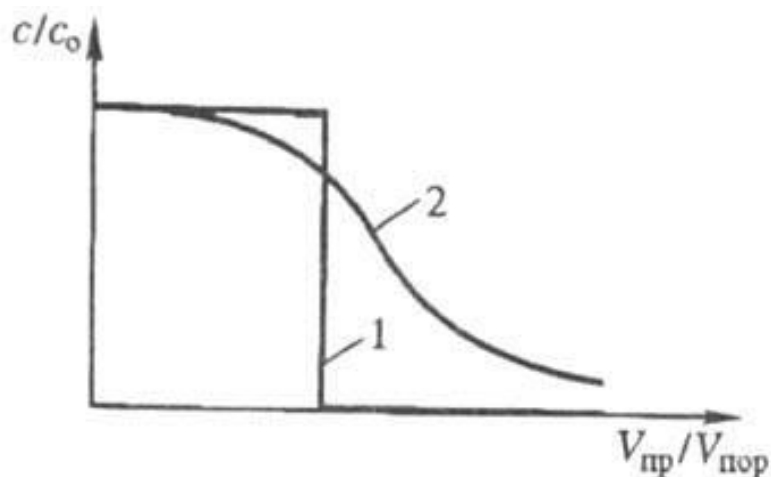
# Промывка осадка

Промывка осадка - замена фильтрата в порах осадка чистым растворителем.

Сопровождается гидродинамическими процессами поршневого вытеснения и смешения двух жидкостей, а также диффузионными и др. процессами.



# Кривые промывки осадков



**1 - идеальное вытеснение; 2 - реальный процесс.**

В хим. производствах соотношение  $V_{пр}/V_{пор}$  обычно поддерживается в пределах 2,5-5,0.

# Обезвоживание осадка

Обезвоживание осадка - удаление жидкой фазы (фильтрата или промывной жидкости) из пор осадка независимо от того, состоит эта фаза из воды или др. жидкости.

Осадок обезвоживают продувкой сжатым газом или паром, а также путем механического отжима.

# ВЫБОР СИСТЕМЫ ФИЛЬТРАЦИИ НАЧИНАЕТСЯ С ОТВЕТА НА СЛЕДУЮЩИЕ ВОПРОСЫ:

- какой тип фильтруемой среды (жидкость или газ);
- насколько загрязнена фильтруемая среда
- какая требуется степень ее очистки;
- какие материалы фильтров совместимы с фильтруемой средой при данных рабочих температурах и давлениях;
- какова требуемая производительность фильтрации;
- сколько следует устанавливать ступеней фильтрации и с какой тонкостью очистки для обеспечения максимального ресурса работы фильтроэлементов.

# Фильтровальные перегородки

ФП должны обладать:

- хорошей задерживающей способностью,
- незначит. гидравлич. сопротивлением,
- физ.-мех. прочностью,
- хим. стойкостью,
- большой пористостью
- равномерным
- распределением пор по размерам, с
- охранять проницаемость при многократном Ф.,
- легко
- регенерироваться,
- а при Ф. с закупориванием пор - быть достаточно "грязеемкими".

# Гибкие ФП

- тканые,
- трикотажные,
- сетчатые,
- нетканые и др.

## Тканые ФП изготавливают из:

- натуральных (хлопок, шерсть, шелк),
- искусственных (ацетаты целлюлозы, вискоза),
- синтетических (полиакрилонитрил, полиамиды, поливинил-хлорид, полиэфиры и др.),
- силикатных (асбест, стекло)
- металлических (W, Mo, сплавы и т. д.) волокон и нитей.

## Негибкие ФП могут быть:

- жесткими (керамика и металлокерамика, пористые пластмассы и металлы и др.)  
Выпускаются в виде цилиндров (патронов), плит, листов толщиной 0,2-50 мм и тончайших нитей (металлич. войлок)
- нежесткими

# Нежесткие ФП бывают:

- намывными (наиб. распространены)
- насыпными (слои из песка, гравия, кокса, каменного угля и т. п. с толщиной загрузки до 1 м; регенерируются обратным током фильтрата).

Намывные ФП - инертные тонкозернистые или волокнистые слои фильтровальных вспомогат. в-в (ФВВ), образующих при осветлительном Ф. малоцентрир. суспензий пористый осадок.

ФВВ добавляют в суспензию, предварительно наносят на ФП или комбинируют оба способа.

Материалами для ФВВ служат, как правило, подвергнутые термообработке, размолу и классификации по сортам диатомит, перлит, угли, целлюлоза, а также древесная мука, отбеливающие земли (глины), глинозем



# Фильтровальные материалы



Мембраны микропористые капроновые марки ММК



Микрофльтрационные гидрофобные и гидрофильные фторопластовые мембраны марки МФФК и МФФК.Г



Стекловолоконный картон марки **КФБЖ**

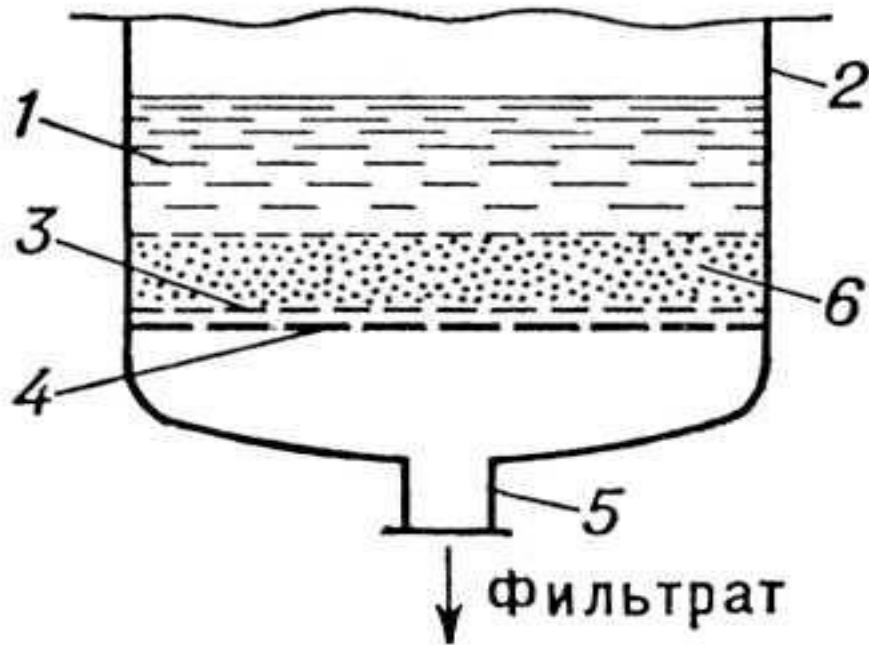
# Промышленные фильтры

По способу создания разности давлений пром. фильтры подразделяются на

- фильтры, работающие под вакуумом (вакуум-фильтры, = 0,06 - 0,08 МПа),
- фильтры, работающие под давлением (= 0,3 - 0,5 МПа);

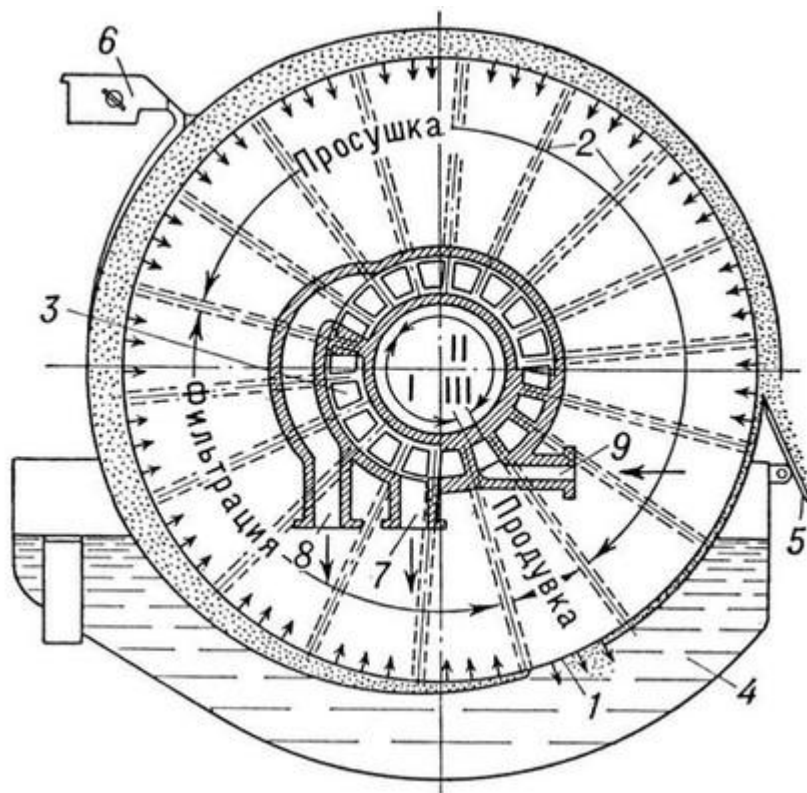
По способу функционирования - на фильтры периодического и непрерывного действия.

# Нутч-фильтр



1 — суспензия; 2 — резервуар; 3 — фильтрующая поверхность (ткань, сетка, керамические плитки); 4 — решётка; 5 — штуцер, соединяющийся со сборником фильтрата и вакуум-насосом; 6 — осадок.

# Вакуумные фильтры непрерывного действия



Барабанный вакуум-фильтр непрерывного действия: 1 — барабан; 2 — перегородки; 3 — распределительная головка (золотниковый механизм); 4 — корыто; 5 — нож для срезания осадка; 6 — распределитель воды для промывания осадка; 7, 8 — трубы для откачки соответственно отфильтрованной жидкости и промывной воды; 9 — труба для подачи сжатого воздуха.

- . БВФ - покрытый фильтровальной тканью (сеткой), полый перфорированный барабан, вращающийся с частотой от 0,01-0,03 до 0,9 мин<sup>-1</sup>; барабан погружен под углом 50-200° в емкость (корыто) с суспензией. Между барабаном и днищем емкости размещена качающаяся мешалка для предотвращения осаждения твердых частиц в корыте. Пространство под ФП, часто разделенное на секции, через распределит. устройство сообщается при вращении барабана с источниками вакуума и сжатого воздуха. При этом образуются зоны Ф., промывки, просушки и продувки осадка, отдувки и регенерации ФП. Отфильтрованный и промытый осадок снимается обычно ножом, реже шнурами или полированным валиком. БВФ может снабжаться устройством для заглаживания трещин и отжима осадка, состоящим из бесконечной ленты неплотной ткани и системы направляющих роликов.

# Ленточные вакуум-фильтры (ЛВФ)

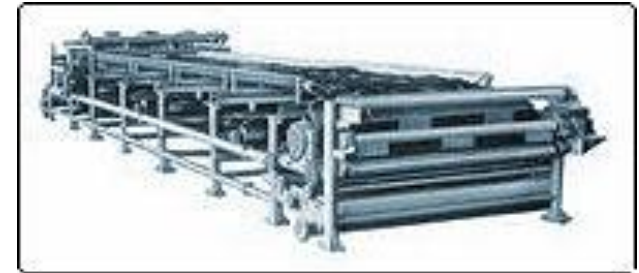
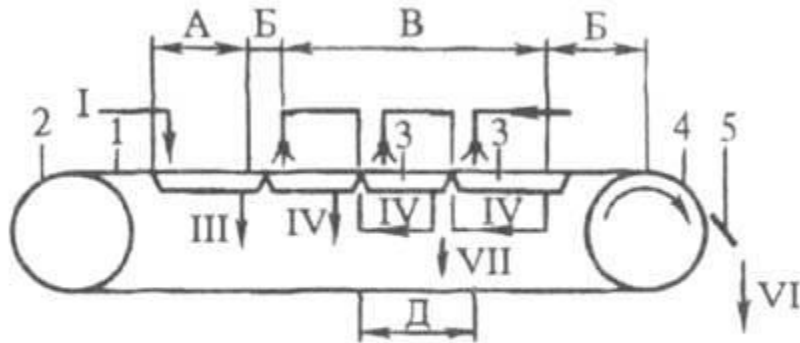


Рис. 3. Ленточный вакуум-фильтр: 1 – дренажная лента; 2, 4 – приводной и натяжной барабаны; 3 – вакуумные камеры; 5 – нож.

Верх. ветвь ленты, покрытая фильтрующей тканью (сеткой), скользит по разделенной на отсеки вакуумной камере. Лента движется непрерывно со скоростью 0,6-10 м/мин либо дискретно. Суспензия и промывная жидкость подаются сверху, фильтрат через перегородку и дренажную систему ленты поступает в отсеки. Осадок снимается ножом иногда с продувкой воздухом через приводной барабан. В ниж. ветви ленты регенерируется ФП. Известны ЛВФ со сходящим полотном, валками для уплотнения и обезвоживания осадка, устройствами для просушки его паром или горячим воздухом и отжима эластичной диафрагмой.

## **Фильтры непрерывного действия, работающие под давлением.**

В отличие от вакуум-фильтров эти фильтры заключены в герметичный корпус и снабжены шнековыми, секторными и др. устройствами для выгрузки осадка.

# Емкостные фильтры

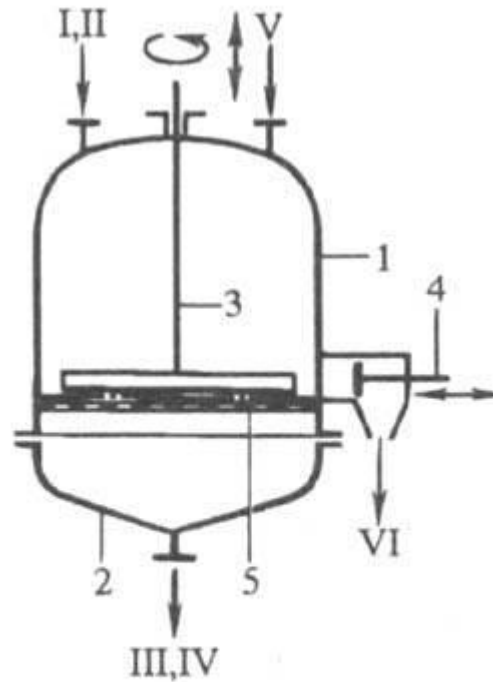


Рис. 7. Друк-фильтр: 1 – корпус; 2 – днище; 3 – мешалка; 4 – запорное устройство; 5 – ложное днище.

Емкостные фильтры, работающие под давлением, наз. друк-фильтрами,



# Ленточные фильтр-прессы

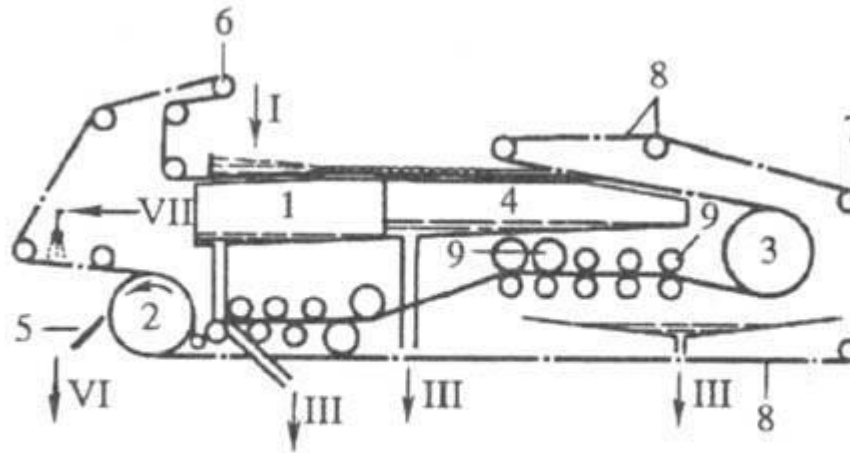


Рис. 4. Ленточный фильтр-пресс: 1, 4 – камеры фильтрата; 2 и 3 – приводной и натяжной барабаны; 5 – нож; 6, 7, 9 – натяжные, направляющие и отжимные ролики; 8 – фильтровальные ленты.

разделяют суспензии под действием гравитации и (или) вакуума с послед. отжимом осадка мех. давлением сжатия в клиновом зазоре между двумя движущимися дренажными лентами, снабженными сеткой, а также за счет напряжения сдвига при огибании этими лентами направляющих роликов. Осадок снимается ножом; при огибании разгрузочного барабана "холостые" ветви фильтровальных лент регенерируются подачей воды из спец. форсунок.

# Осветление жидкости



**Фильтрующие элементы глубинного типа**



**Фильтровальные капсулы**

**Патронные фильтрующие элементы**



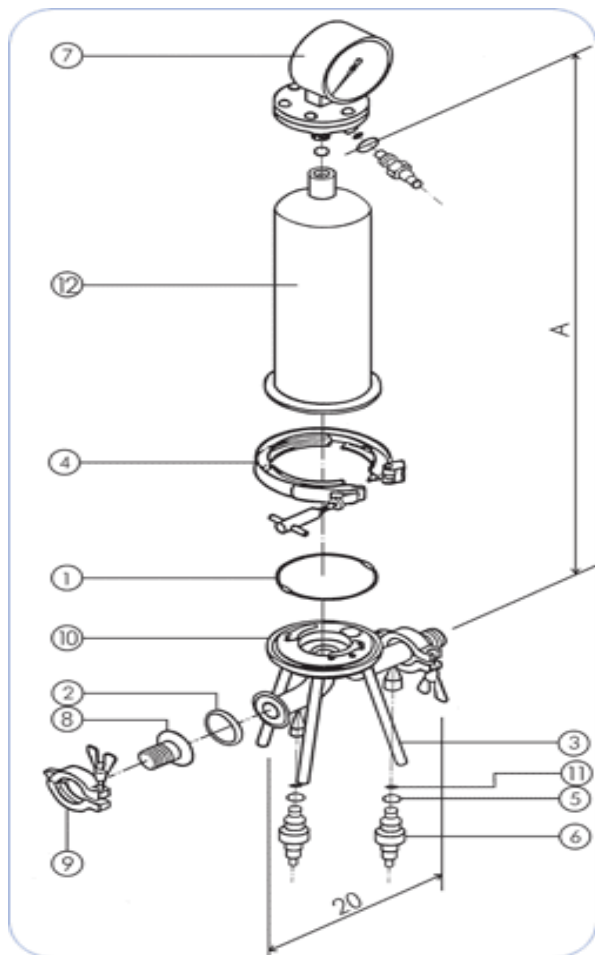
# Фильтродержатели



Фильтродержатели предназначены для установки в них патронных элементов и используются для организации процесса фильтрации жидких и газообразных сред



# Фильтродержатели



1. Кольцо 100-110-58
2. Кольцо 039-045-36
3. Ножка
4. Бугель большой
5. Кольцо 013-016-19
6. Штуцер
7. Манометр из нержавеющей стали  
(может комплектоваться  
мембранным разделителем)
8. Штуцер (исполнение с 3/4"  
резьбой или под шланг)
9. Бугель малый
10. Днище
11. Прокладка
12. Колпак

# Фильтры для жидкости



# Фильтрационные установки



# Фильтры для воды



Fig.823

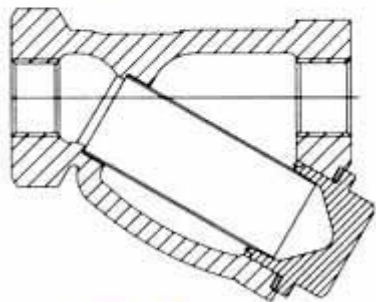
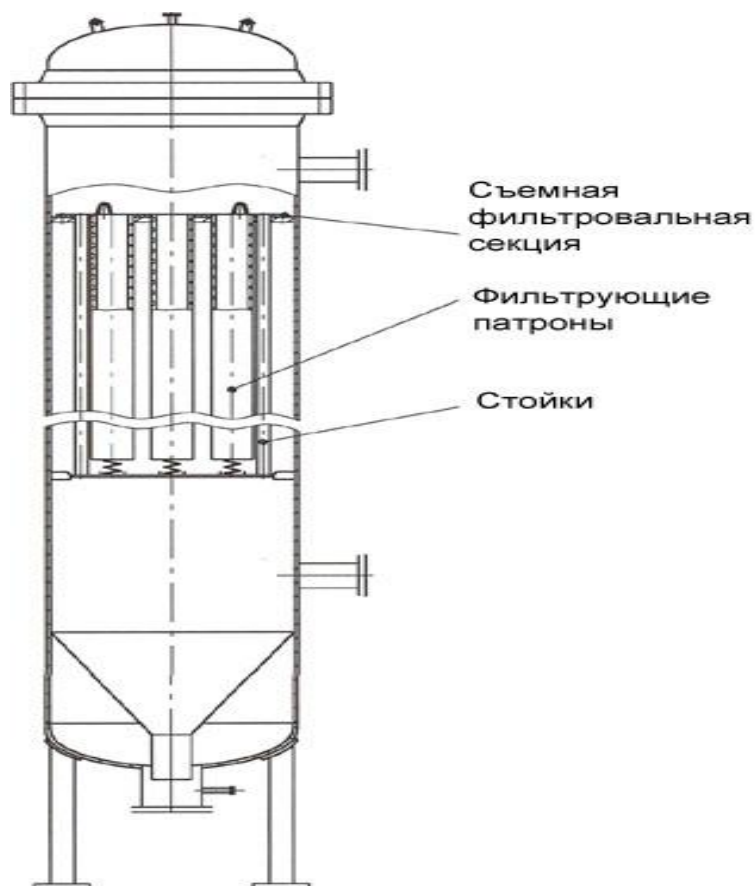


Fig.823

**Фильтр сетчатый  
муфтовый V 823 DN 6 - 80,  
PN 10 (1,0 МПа)**

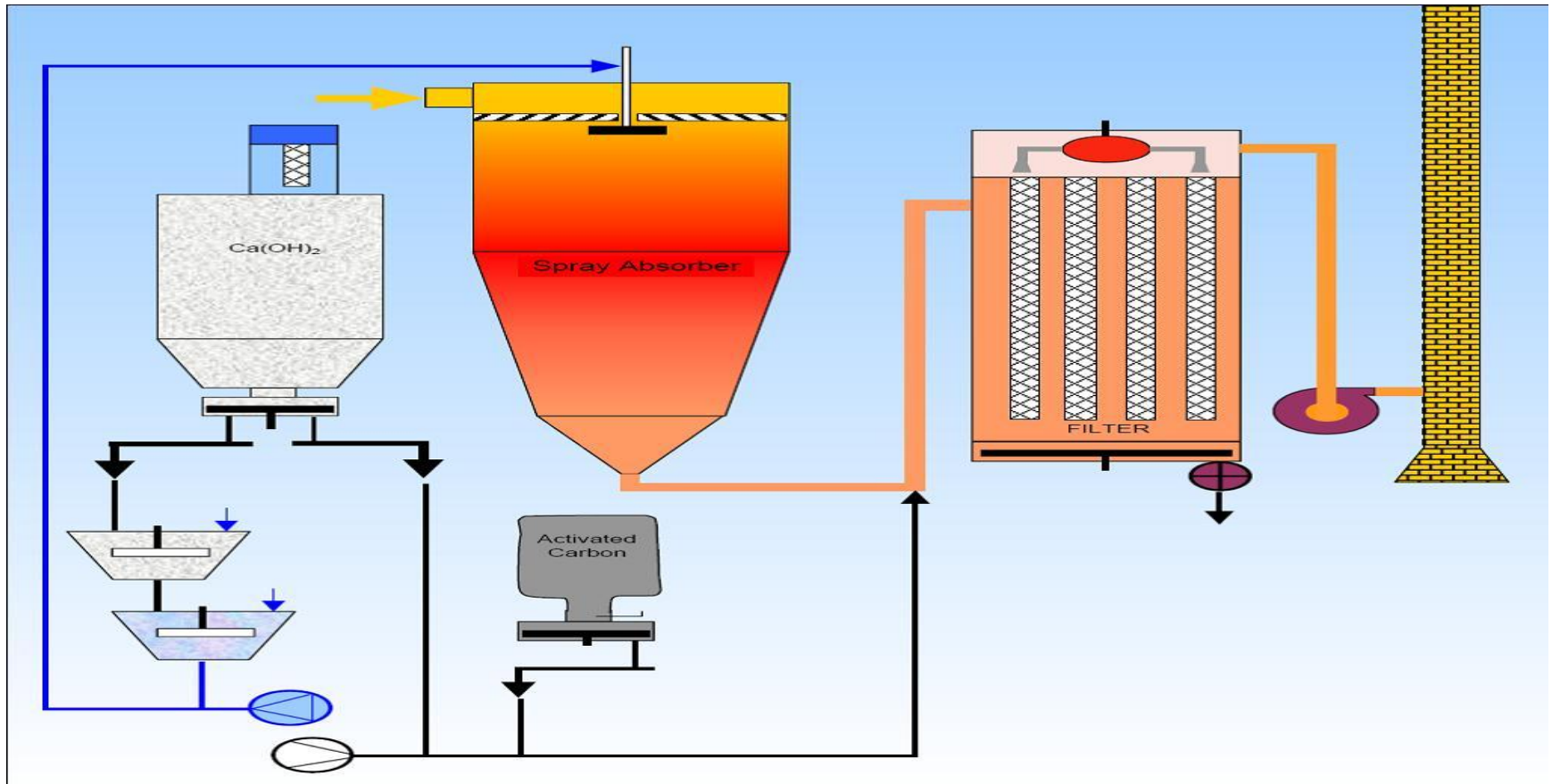


# Фильтры для газа

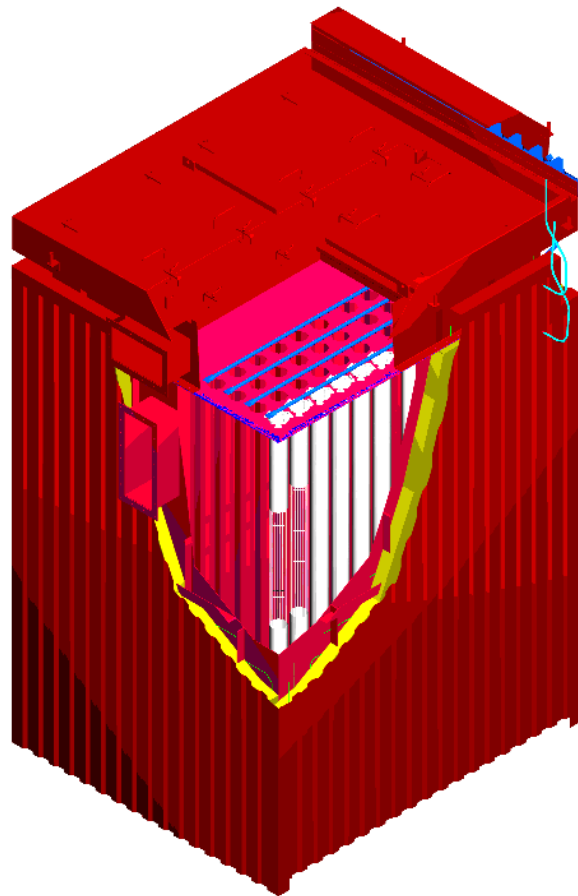




# Система сухой абсорбции для очистки отходящих газов



# Фильтры для очистки газа от пыли

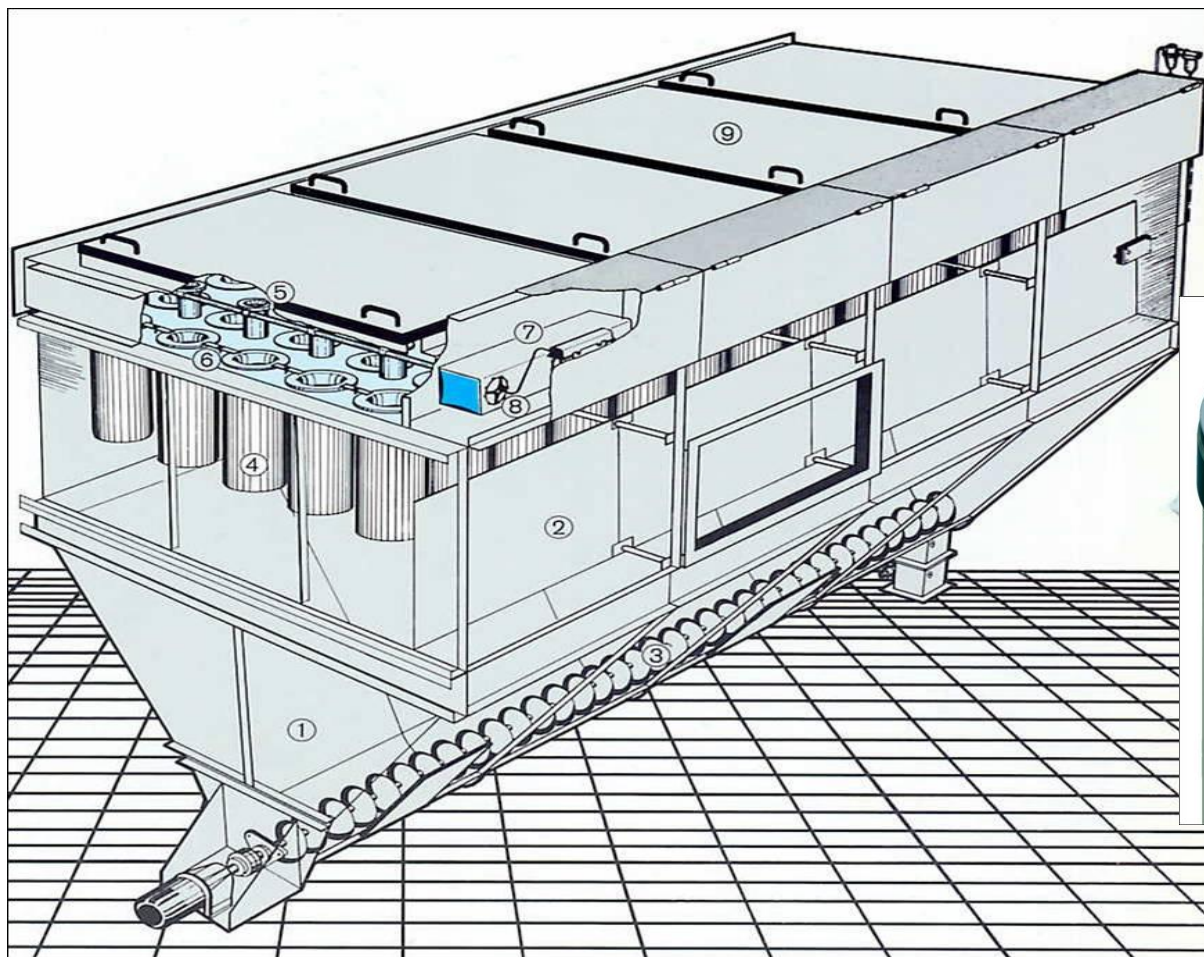


# Крепление рукавов

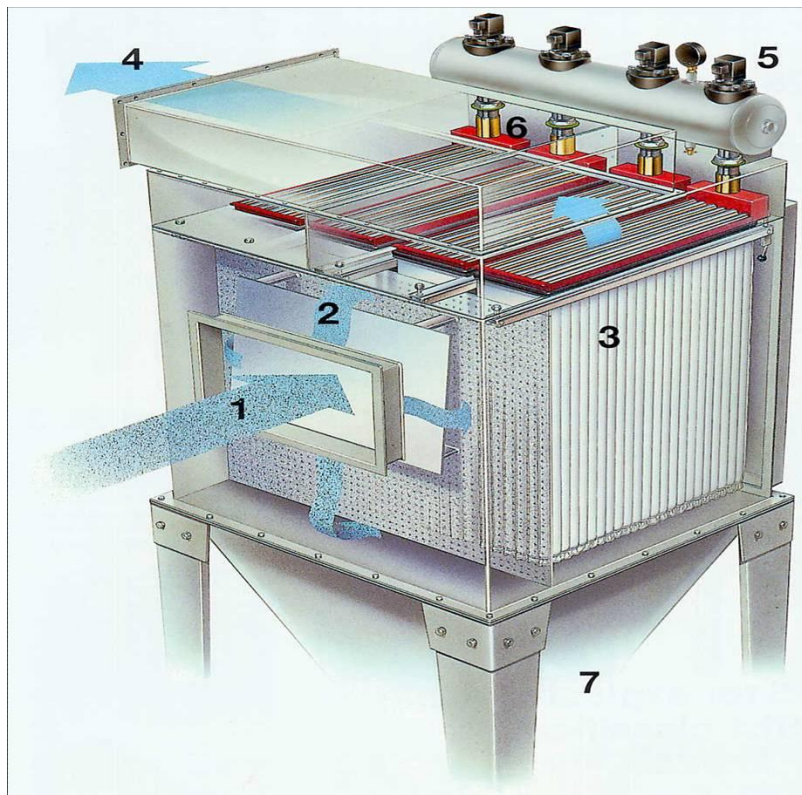




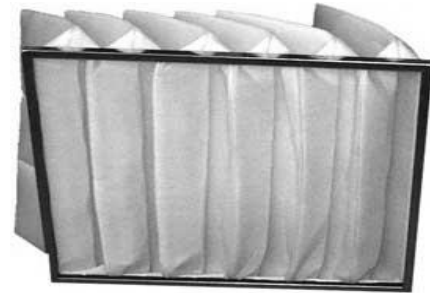
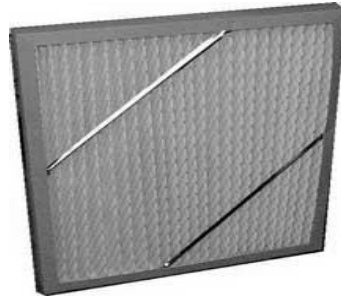
# Картриджные фильтры



# Кассетные фильтры



# Фильтры для очистки воздуха



- *a* – складчатого фильтра; *б* – панельного фильтра; *в* – карманного фильтра