



ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

доцент, к.т.н. Пирогова
Ольга Владимировна

Выпаривание

- - процесс концентрирования растворов твердых нелетучих веществ путем удаления части жидкого летучего растворителя при кипении в виде пара.
- Сущность выпаривания заключается в переводе растворителя в парообразное состояние и отводе полученного пара от оставшегося сконцентрированного раствора.
- Выпаривание обычно проводят при кипении, когда давление пара над раствором равно давлению в рабочем объеме аппарата.

- **Способы выпаривания:**

- простое (однократное) выпаривание;
- многократное выпаривание;
- выпаривание с применением теплового насоса.

Выпаривание можно проводить при атмосферном, избыточном давлении или вакууме.

Аппараты для проведения процессов выпаривания:

- с естественной циркуляцией раствора;
- с принудительной циркуляцией раствора;
- пленочные аппараты.

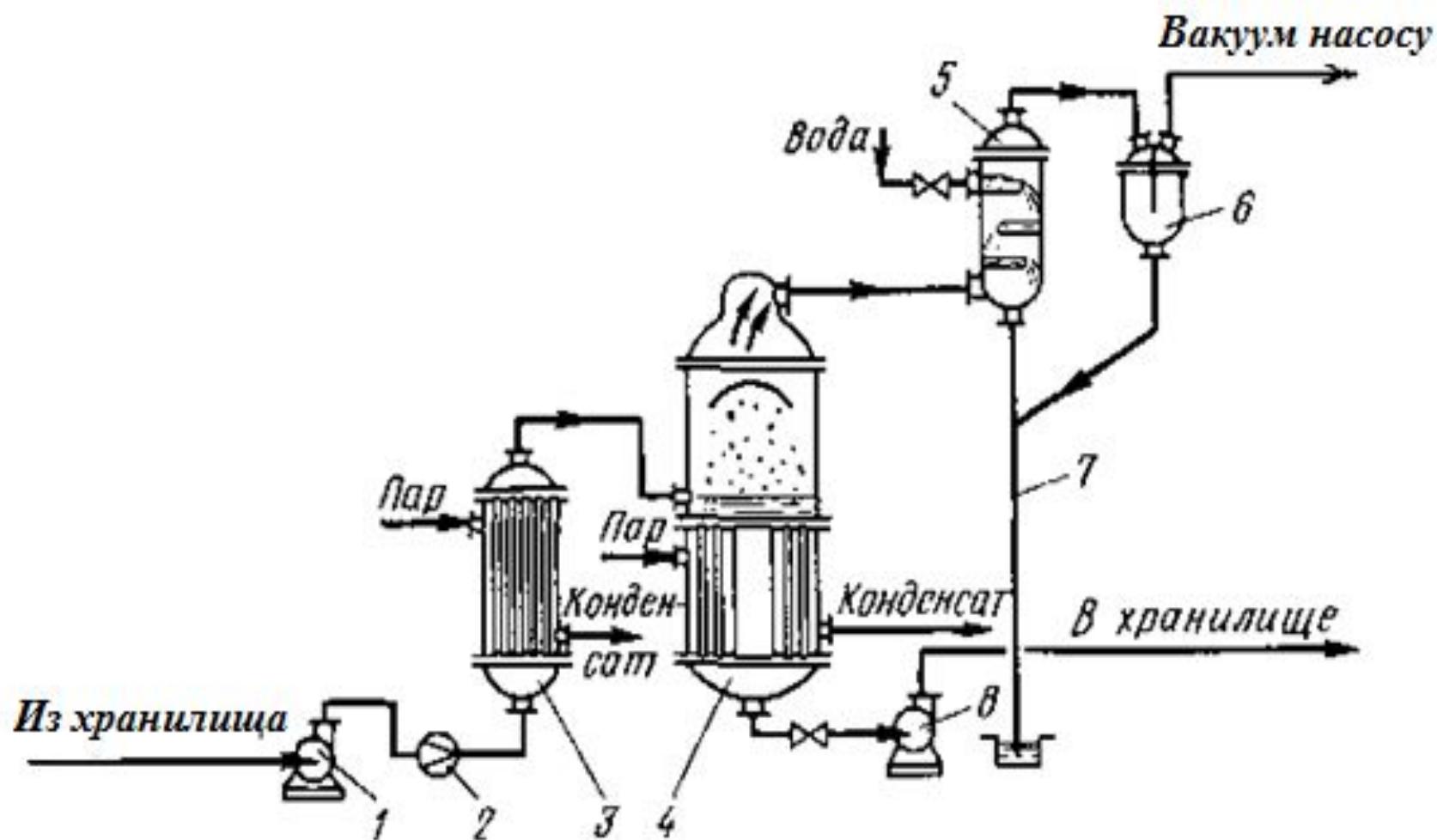
Простое выпаривание

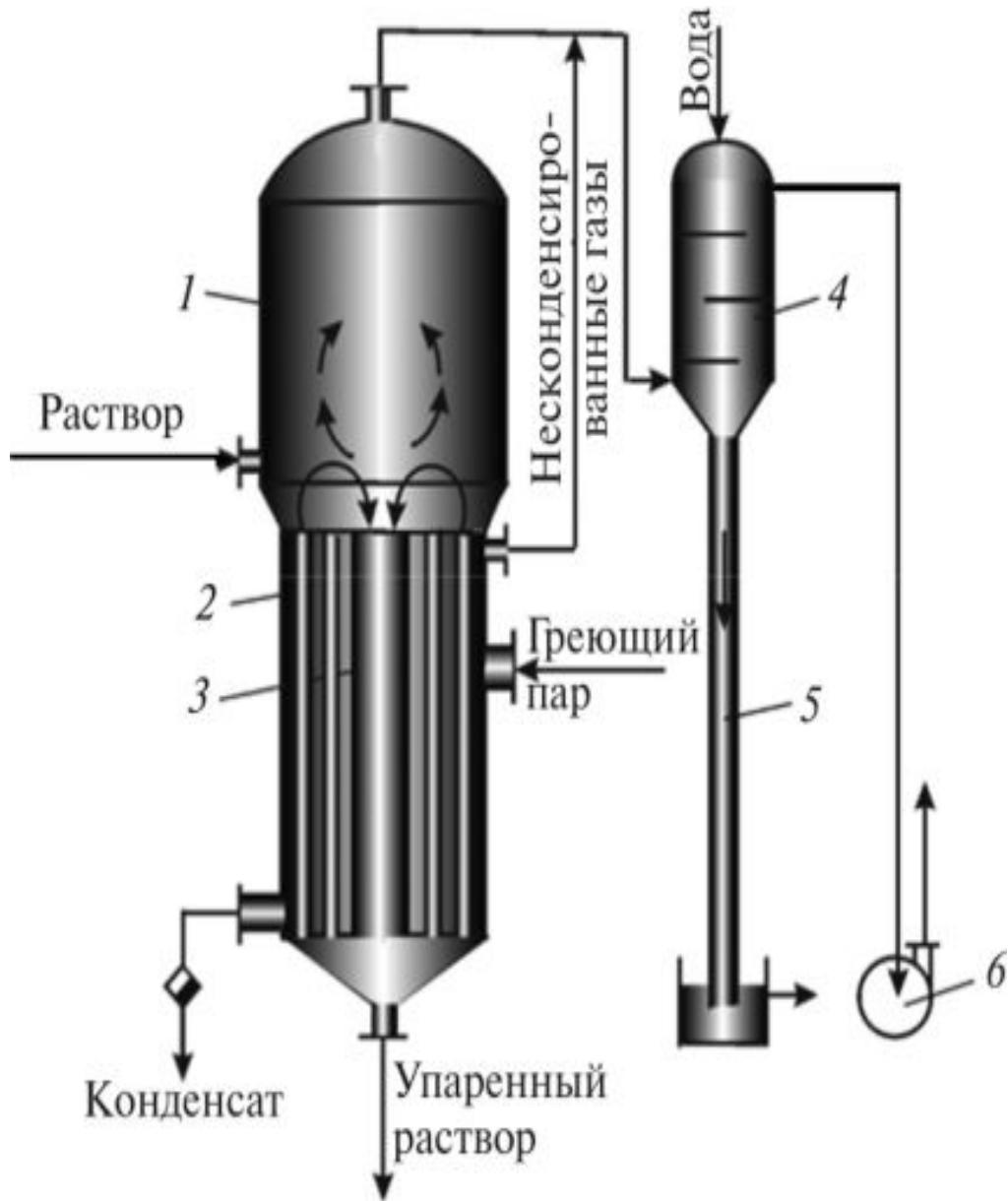
Осуществляется на установках небольшой производительности, когда экономия тепла не имеет большого значения.

Проводится **непрерывно** или **периодически**.

Применение вакуума при выпаривании позволяет снизить температуру кипения раствора, благодаря чему можно:

- использовать пар низкого давления, являющегося отходом других производств;
- выпаривать растворы веществ, склонных к разложению при повышенных температурах;
- увеличение разности температур греющего пара и кипящего раствора позволяет уменьшить площадь поверхности теплообмена.





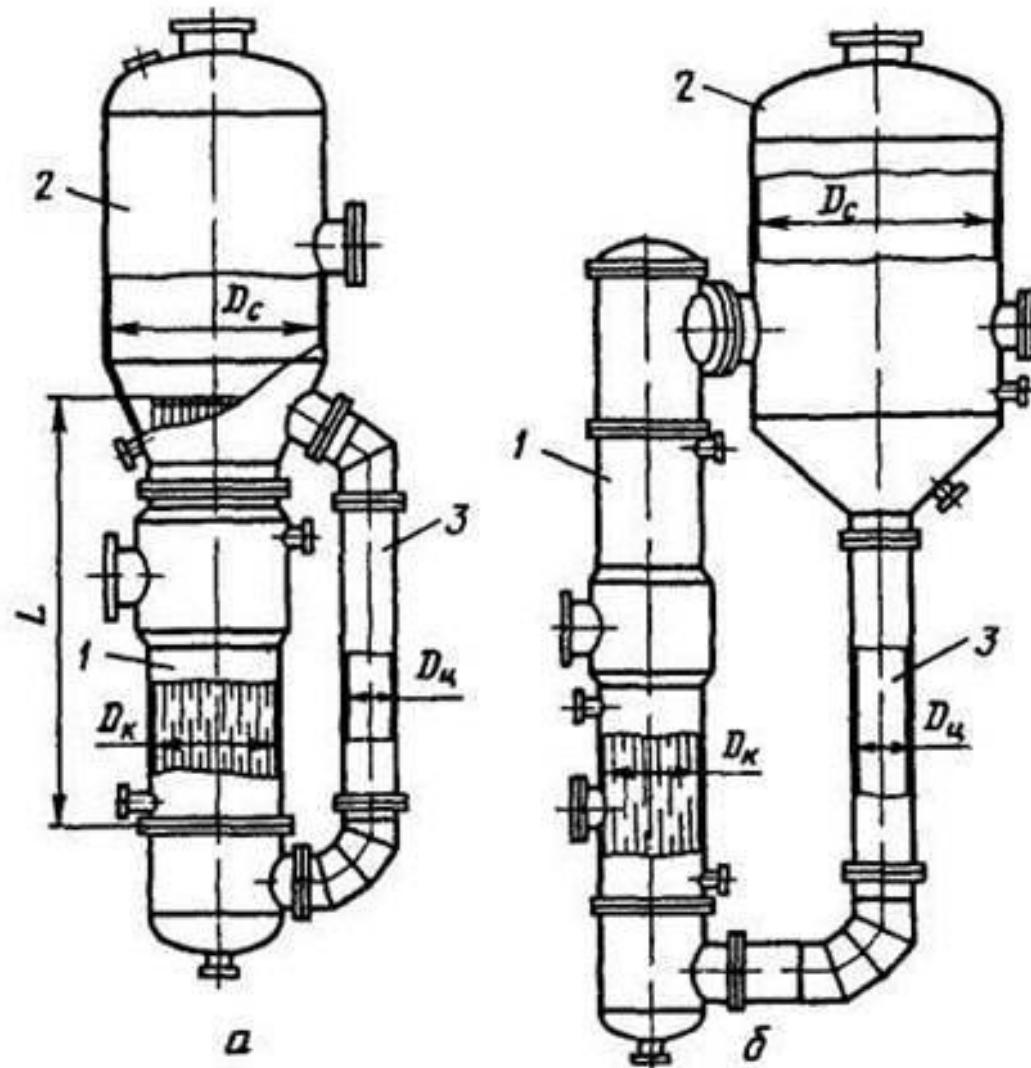
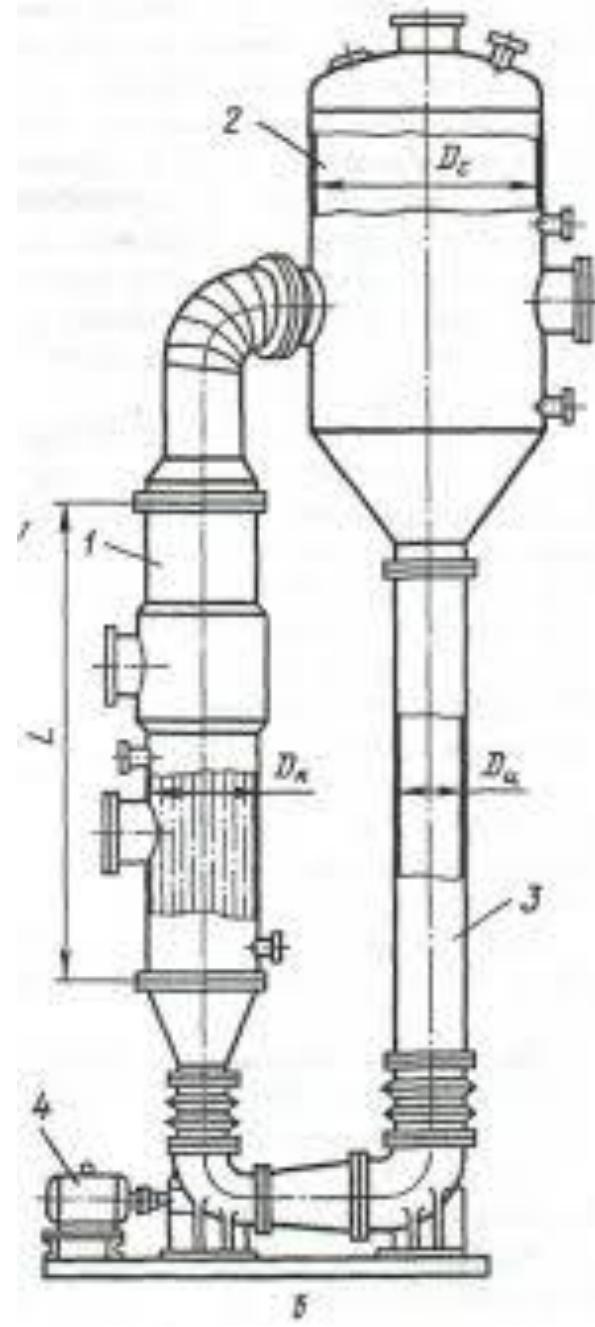
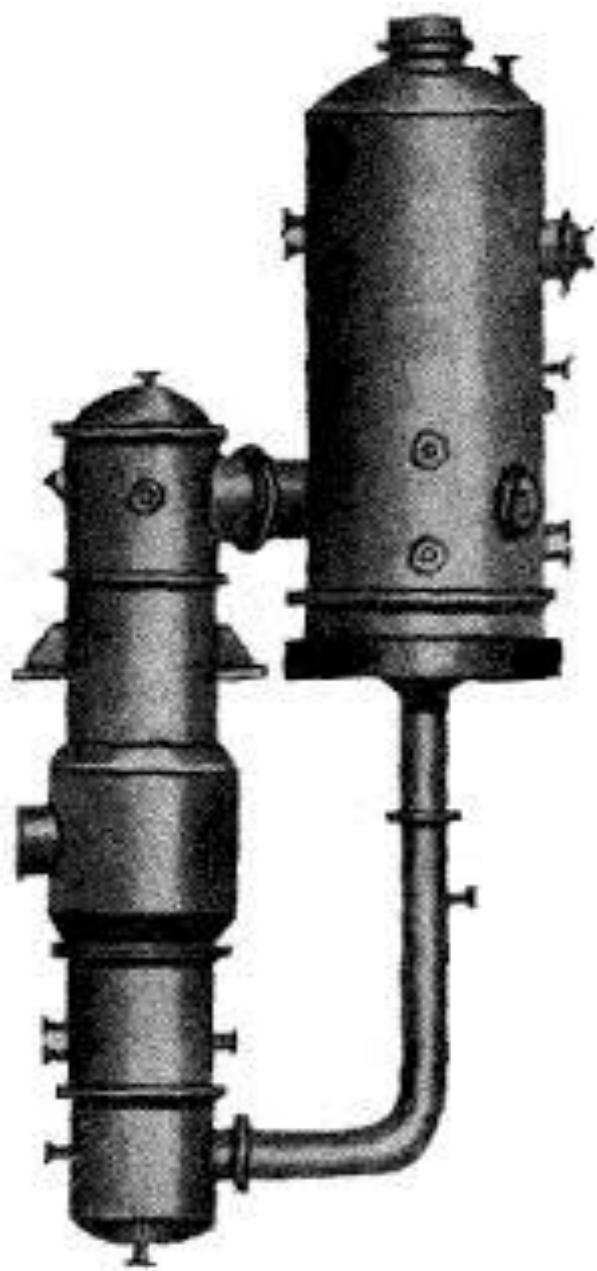
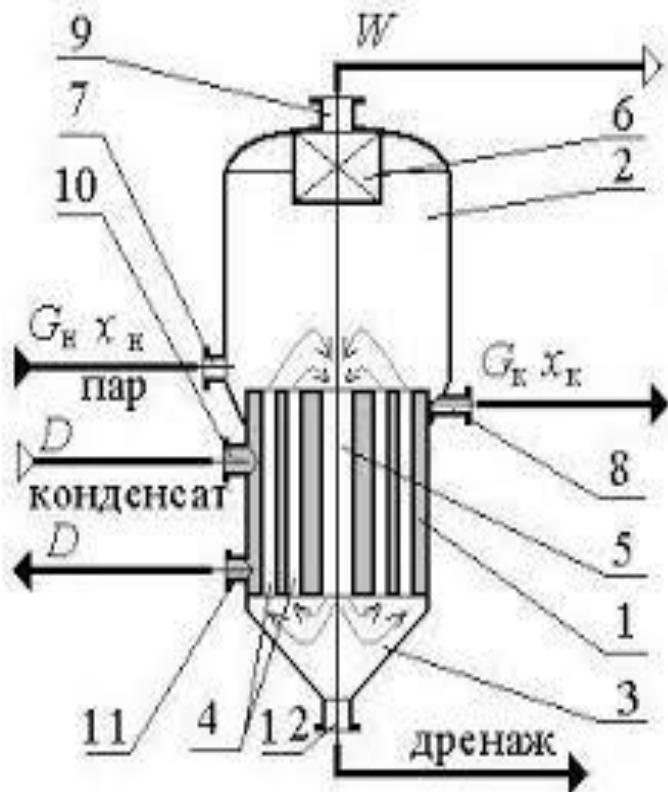


Рис 15.8 Выпарные аппараты с естественной циркуляцией раствора
 а — с соосной греющей камерой, б — с вынесенной греющей камерой, 1 — греющая камера, 2 — сепаратор, 3 — циркуляционная труба, D_c , D_k , D_u — диаметры соответственно сепаратора, камеры и циркуляционной трубы, L — длина камеры





Материальный баланс

$$\begin{cases} G_H = G_K + W \\ G_H x_H = G_K x_K \end{cases}$$

$$G_K = G_H \frac{x_H}{x_K}$$

$$W = G_H \left(1 - \frac{x_H}{x_K} \right)$$

Тепловой баланс

$$G_H c_H t_H + DH = G_K c_K t_K + W H_{\text{вп}} + D H_K + Q_K + Q_{\text{п}}$$

$$Q_K = \pm 0,01 G_K x_K \Delta q$$

$$D = \frac{G_K (c_K t_K - c_H t_H \pm 0,01 x_K \Delta q)}{H - H_K} + \frac{W (H_{\text{вп}} - c_H t_H)}{H - H_K} + \frac{Q_{\text{п}}}{H - H_K}$$

- **Температурная депрессия (Δ_d)** – разность между температурами кипения раствора и растворителя [$^{\circ}\text{C}$].
- Зависит от природы растворителя и растворенного вещества, концентрации раствора и давления в системе.
- **Теплоёмкость раствора (c_p)** – это отношение количества теплоты, сообщенной системе к соответственному изменению температуры [кДж/кг·град].
- Зависит от природы растворителя и растворенного вещества, температуры и концентрации.

- **Теплота растворения** – это алгебраическая сумма теплоты, необходимой на разрушение кристаллической решетки и теплоты химического взаимодействия.
- Зависит от природы растворителя и растворенного вещества и концентрации раствора.
- **Интегральная теплота растворения** - это количество тепла, поглощающегося или выделяющегося при растворении 1 кг твердого вещества в таком количестве растворителя, что дальнейшее его прибавление практически не сопровождается тепловым эффектом.

$$\Delta q_{x_1-x_2} = q_{x_2} - q_{x_1}$$

Полезная разность температур

- это разность между температурой греющего пара и температурой кипения раствора у середины греющих труб выпарной установки.

$$\Delta t_{\text{пол}} = T - t_{\text{ср}}$$

- Определяется как общая разность температур за вычетом температурных потерь.

$$\Delta t_{\text{пол}} = \Delta T_{\text{общ}} - \Sigma \Delta$$

- Общая разность температур** в выпарной установке - это разность между высшей и низшей температурой паров, то есть между температурой греющего пара и температурой вторичного пара на входе в конденсатор.

$$\Delta t_{\text{общ}} = T - t_{\text{конд}}$$

● Температурные потери

