

## **8-Mavzu: ULG'TRAFIL'TRLASH.**

### **Reja:**

- 1. Teskari osmos va ulg'trafilg'trlash haqida umumiy tushunchalar.**
- 2. Teskari osmos va ulg'trafilg'trlash jarayonlarning fizik-kimyoviy asoslari.**
- 3. Diffuzion – membranali jarayonlar.**
- 4. Membranalarni tozalash usullari,**
- 5. Membranali qurilmalar tuzilishi va ishlash printsiipi**

Suyuq va gaz aralashmalarni ajratish jarayonlari xalq xo'jaligining ko'p sohalarida muhim ahamiyatga ega. Bunday aralashmalarni ajratishda haydash, rektifikatsiya, ekstraktsiya, adsorbtsiya jarayonlari keng ishlatiladi. Lekin, gaz va suyuq aralashmalarni ajratishning eng universal usuli, yarim o'tkazuvchan to'siq membranalar yordamida ajratishdir (1-rasm).

Kimyo va neftni qayta ishlash sanoatlarida membrana usullari azeotrop aralashmalarni ajratishda, eritmalarini tozalash va konsentratsiyasini orttirishda, yuqori molekulyar birikmalarni eritmalaridan ajratib olishda; biotexnologiya va meditsina sanoatida vaktsina, fermentlarni ajratish va tozalashda; oziq - ovqat sanoatida sabzavot va mevalar sharbatlari konsentratsiyasini oshirish uchun, suvni va suvli eritmalarini qayta ishlashda, oqava suvlarni tozalashda membrana jarayonlari keng qo'lamda qo'llaniladi.

Oxirgi yillarda gaz aralashmalarni ushbu usulda ajratish jadal ravishda rivojlanmoqda. Hozirgi kunda havodan kislorodni, geliy va  $SO_2$  ni tabiiy gazdan ajratib olishda ishlatilmoqda.

Hisobotlar va yifilgan tajriba natijalari shuni ko'rsatadiki, membranalarni qo'llash mavjud texnologiyalarda katta iqtisodiy samara berishi mumkin va yangi, soddagina energetik tejimli va ekologik jihatdan toza texnologiyalar yaratishda keng imkoniyatlar tufdirishi mumkin.

Sanoatning turli texnologiyalarida keng qo'llanilayotgan membrana usullariga teskari osmos, ulg'trafilg'trlash, mikrofilg'trlash, dializ, elektrodializ, membrana orqali buflatish va gazlarni ajratishlarni keltirish mumkin.

Yangi membrana usullari, yahni membranali distillyatsiya, elektr osmos, filg'trlash va boshqalar ustida jadal izlanishlar olib borilmoqda.

Yuqoridan qayd etilgan usullardan har birida ajratiladigan aralashma yarim o'tkazuvchan membrana yordamida amalga oshiriladi.

Yarim o'tkazuvchan to'siq - membranalarni xususiy xossalariga ko'ra, u orqali o'tgan modda bir yoki bir necha komponent bilan to'yinadi yoki shu komponentlar miqdoriga moddada kamayadi. Qator hollarda jarayon shunchalik to'liq o'tadiki, moddada deyarli dispers faza qolmaydi, chunki ular membrana ushlanib qoladi.

Membranali jarayonlar asosiy harakatlantiruvchi kuch turiga qarab klassifikatsiyalanadi. Odatda ushbu jarayonlarning harakatlantiruvchi kuchi bo'lib kimyoviy yoki elektrokimyoviy potentsial gradienti hisoblanadi. Lekin texnik hisoblarda, ushbu jarayonlarning tezligini xarakterlaydigan bosim, temperatura va h. gradienti qabul qilinishi mumkin.

Shunday qilib, membranali jarayonning harakatga keltiruvchi kuchi sifatida bosimlar gradienti - baromembranali jarayonlar (teskari osmos, nano-, ulg'ra- va mikrofilg'rtlash), kontsentratsiyalar gradienti - diffuzion - membranali jarayonlar (dializ, membrana orqali buflanish, membrana yordamida gazlarni ajratish va hokazo), elektr potentsial gradienti - elektromembranali jarayonlar (elektrodializ, elektroosmos va hokazo), temperatura gradienti - termomembranali jarayonlar (membranali distillyatsiya va hokazo) bo'lishi mumkin.

Membrana orqali o'tgan modda **permeat** deb nomlanadi, membranada qolgan aralashma esa - **retant** (yoki kontsentratsiya) deb ataladi.

Membrana yordamida ajratish jarayonining selektivligi  $\varphi$  (%) quyidagicha aniqlanadi:

$$\varphi = \left( \frac{c_1 - c_2}{c_2} \right) \cdot 100\% = \left( 1 - \frac{c_2}{c_1} \right) \cdot 100\% \quad (1)$$

bu yerda,  $c_1$  va  $c_2$  - erigan moddaning aralashmadagi va permeatdagi kontsentratsiyalari.

Membrananing solishtirma unumdorligi (o'tkazuvchanligi)  $G$ , mahlum bir harakatlantiruvchi kuch tahsirida, vaqt birligi  $\tau$  ichida, ish yuzasi  $F$  birligidan olingan permeatning hajmi  $V$  (yoki massasi) orqali aniqlanadi [ $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ]:

$$G = \frac{V}{F \cdot \tau} \quad (2)$$

**Membrana** - bu suyuq yoki gaz aralashmadan bir yoki bir necha komponentni bir tomonlama o'tkazish qobiliyatiga ega bo'lgan yarim o'tkazuvchan to'siqdir.

Membranalar quyidagi talablarni qondirishi va xususiyatlarga ega bo'lishi kerak:

- 1) yaxshi ajratish qobiliyati (selektivlik);
- 2) katta solishtirma unumdorlik;
- 3) ajratilayotgan kimyoviy moddalarga chidamli;
- 4) montaj qilish, saqlash va transportirovka davriga yetarli mustahkamlik;
- 5) ishlatish davrida xossalari o'zgarmasligi kerak.

Membranalar turli polimer (tsellyuloza, atsetat, poliamid, polisulg'fon), keramika, shisha, metall folg'ga va boshqa materiallardan yasaladi.

Mexanik mustahkamligiga qarab membranalar zichlanuvchi (polimerli) va qattiq strukturali, hamda fovakli va fovaksiz (diffuziyali) bo'lishi mumkin.

Fovakli membranalar teskari osmos, mikro- va ulg'trafilg'rtlash jarayonlarini amalga oshirish uchun qo'llaniladi, gazlarni ajratishda esa, kamroq ishlatiladi. Bu membranalarining xizmat muddati membrana materialining kimyoviy chidamliligi bilan belgilanadi.

Diffuziyali membranalar yordamida gaz va suyuqlik aralashmalarni tozalash membrana orqali boʻlanish va dializ usullarida amalga oshiriladi. Odatda diffuziyali membranalar fovaksiz boʻladi.

SHuni alohida taʼkidlash kerakki, gelgʻ qatlamidagi ayrim boʻlaklarning polimer zanjiri oʻzaro qanchalik sust boʻlangan boʻlsa, diffuziya tezligi shunchalik yuqori boʻladi. Demak, diffuziyali membranalarni tayyorlashda liofil polimer materiallarni qoʻllash maqsadga muvofiq.

Molekulalarni diffuziyali membranalar orqali oʻtish tezligi diffuziya koeffitsientiga toʻgʻri proporsional va u esa oʻz navbati molekulalarning oʻlchami, shakliga qattiq bogʻliq.

Bu turdagi membranalarning yaxshi xususiyatlaridan biri shundaki, ularning oʻtkazuvchanligi vaqt oʻtishi bilan umuman kamaymaydi. Diffuziyali membranalar gidravlik qarshiligi katta, shuning uchun ular yupqa qatlamli holatda qoʻllaniladi.

Koʻpincha membranalar list yoki truba shaklida, yoki ichi boʻsh tolalar koʻrinishida yasaladi. Bu kanallar ichki diametri 20...100 mkm, devorining qalinligi 10...50 mkm boʻladi. Bundan tashqari, membranalar turli shakldagi fovakli tashuvchilar ustida ham ishlatilishi mumkin. Bu membranalar **kompozit membranalar** deb ataladi.

Turli membranali jarayonlar uchun umumiy boʻlgan mexanizm shu paytgacha ishlab chiqilmagan va har bir jarayonni alohida koʻrib chiqish kerak. Lekin har bir membranali jarayon tahlil qilinayotganda quyidagi uch asosiy omil va ularning oʻzaro bogʻliqligi koʻzda tutilishi kerak:

- 1) Membrananing qalinligi boʻyicha tarkibi (fovakli, fovaksiz, izotropi);
- 2) Ajratilayotgan sistemaning fizik - kimyoviy (gazlar uchun yana termodinamik) xossalari;
- 3) Ajratilayotgan aralashmaning membrana bilan oʻzaro tahsiri.

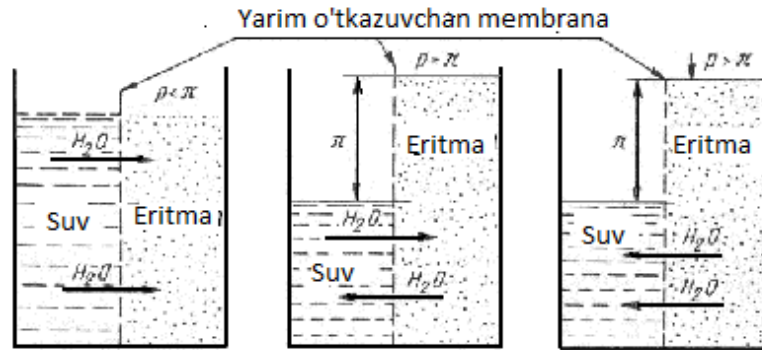
Agar, yuqorida qayd etilgan omillar inobatga olinmasdan qolsa, modelgʻ mexanizmini yaratish va tahlil qilish paytida printsipl xatolikka olib kelishi mumkin.

Membrana orqali ajratilayotgan moddalarning oʻtishiga erituvchini tashkil etuvchi komponentlar xossalari (masalan, suvning) va ularning membrana bilan oʻzaro tahsiri katta ahamiyatga ega. Mahlumki, suyuqlik va qattiq jism toʻqnashish zonasida sirtiy kuchlar (adjeziya, sirtiy taranglik, molekulyar tortishish) mavjuddir. SHuning uchun, membrana ustidagi suyuqlikning chegaraviy qatlamining fizik-kimyoviy xossalari qurilma hajmini toʻldirib turgan suyuqlik xossalaridan katta farq qiladi.

Agar, eritma tarkibidagi suvning dielektrik oʻtkazuvchanligi keskin ravishda kamaysa, uning molekulalari harakatchanligi susayadi. Bu hol oʻz navbatida suvning eritish qobiliyatini pasaytiradi. Polyarmas suyuqliklar uchun chegaraviy qatlam va katta hajmdagi suyuqlikning xossalari sezilarli darajada farq qilmaydi.

**Teskari osmos** - bu eritmaning erituvchisini oʻtkazadigan va dispers faza

molekula (yoki ionlar) larini ushlab qoladigan yarim o'tkazuvchan membranalar yordamida bosim ostida filg'rlash jarayoni. Teskari osmos usuli osmos hodisasiga asoslangan, yahni bunda sistema muvozanat holatiga chiqmaguncha ( $r = \pi$ ), erituvchi yarim o'tkazuvchan membrana orqali eritmaga o'z - o'zidan o'tadigan jarayon (1-rasm).



1-rasm. Teskari osmos usulida eritmalarni ajratish sxemasi.

Muvozanat holatiga o'rnatilish paytidagi bosimga *osmotik bosim* ( $\pi$ ) deyiladi. Agar, eritmaga osmotik bosimdan ko'proq bosim tahsir ettirilsa ( $>\pi$ ), massa o'tish jarayoni teskari yo'nalishda boradi (3.61v -rasm). SHuning uchun ham, jarayon nomi "teskari osmos" deb nomlangan. Membrana orqali o'tgan erituvchi **filg'trat** deb ataladi.

Teskari osmos jarayonini harakatga keltiruvchi kuchi deb bosimlar farqi  $\Delta r = r - \pi$  hisoblanadi, bu yerda  $r$  - eritma ostidagi ortiqcha bosim  $\pi$  - eritmaning osmotik bosimi. Agar, teskari osmos jarayonida membrana orqali ozgina dispers faza o'tib qolsa, unda  $\Delta r$  ni hisoblash paytida filg'tratning osmotik bosimi  $\pi$  ni ham inobatga olish zarur, ya'ni:

$$\Delta p = p - (\pi_1 - \pi_2) = p - \Delta \pi \quad (3)$$

Osmotik bosimni tahminiy hisoblash uchun Vant - Goff formulasidan foydalansa bo'ladi.

$$\pi = xRT \quad (4)$$

bu yerda,  $x$  - eruvchi moddaning molg' ulushi;  $R$  - o'zgarmas gaz doimiysi;  $T$  - eritmaning absolyut temperaturasi, K.

Eritmalarning osmotik bosimi 10 va undan ortiq megapaskalg' bo'lishi mumkin. Teskari osmos qurilmalaridagi bosim osmotik bosimdan ancha ko'p bo'lishi kerak, chunki jarayonni harakatga keltiruvchi kuch - bosimlar farqi. Masalan, 35% tuzlar bor dengiz suvining osmotik bosimi 2,45 MPa bo'lsa, tuzsizlantiradigan qurilmaning ishchi bosimi tahminan 7,85 MPa bo'lishi kerak.

**Selektiv o'tkazuvchanlikning** kapillyar - filg'rlashli modeliga binoan elektrolitga cho'ktirilgan liofil membrananing yuzasi va fovaklar ichida  $t_s$  qalinlikda bo'langan suvdan iborat sirtiy qatlam hosil bo'ladi. Mahlumki, bo'langan suvning bo'lishi, ion (yoki molekula) larning membrana orqali o'tishiga to'sqinlik qiladi. Ushbu modelg' prof. Yu. I. Ditnerskiy tomonidan yaratilgan.

Agar, membrana fovaklari diametri  $d \leq 2t_c + d_{ri}$  (bu yerda  $d_{ri}$  -

gidratatsiyalangan ion diametri) bo'lsa, ʻrovaklar orqali asosan suv o'tadi. Bu hol bunday membranalarining selektivlik xossasini ifodalaydi.

Odatda, membrana ʻrovaklar diametri turlicha bo'ladi, jumladan, yirik va katta diametrlil ham bo'ladi, ya'ni  $d > 2t_c + d_{ri}$ , bunday holda bo'langan suv oz miqdorda bo'lsa ham noorganik tuzlarni eritadi. SHuning uchun, qanchalik bo'langan suv qatlami qalinligi va ionning gidratatsiyalash qobiliyati katta bo'lsa, membrananing selektivligi shunchalik yuqori bo'ladi.

Ko'rib chiqilgan modelg' tahlilidan quyidagi xulosalarga kelish mumkin:

- membrana materiali loifil bo'lishi kerak, ya'ni o'tkaziladigan komponentga nisbatan membrana selektiv sorbtsiya xususiyatli bo'lishi kerak;

- ʻrovaklar diametri bo'langan suv qatlami qalinligi va gidratatsiyalangan ion diametrlar yirindisining ikkiga ko'paytmasidan kichik bo'lishi zurrur;

- membranalar gidravlik qarshiligini kamaytirish uchun ular anizotrop tuzilishli yoki kompozit (faol qatlam qalanligi minimal) qilib yasalishi maqsadga muvofiq.

**Ulg'tra - va mikrofilg'trlash.** Ulg'trafilg'trlash - bu yuqori va past molekulali birikmalni eritmalarni ajratish jarayoni, hamda yuqori molekulali birikmalarni quyushtirish va fraktsiyalashdir. Ushbu jarayon bosimlar farqi yordamida amalga oshiriladi.

Ulg'trafilg'trlash jarayoni erigan komponent molekyular massasi erituvchi molekyular massasidan ancha katta bo'lgan sistemalarni ajratish uchun qo'llaniladi.

Yuqori molekulali birikmalar osmotik bosimi juda kichik bo'lgani uchun ulg'trafilg'trlash jarayonining harakatga keltiruvchi kuchini hisoblashda inobatga olmasa bo'ladi. Shuning uchun ham, ulg'trafilg'trlash jarayoni nisbatan past bosimlar (0,2...1,0 MPa) da olib boriladi.

Agar, membranali jarayon eritma tarkibidagi yirik kolloid zarrachalar (0,1...10 mkm)ni ajratish uchun ishlatilsa, unda u **mikrofilg'trlash** deb ataladi. Bu jarayonning ham harakatga keltiruvchi kuchi - bosimlar farqi.

Mikrofilg'trlash jarayoni o'ta past bosimlarda o'tkaziladi (0,01...0,5 MPa). Ushbu jarayon ulg'trafilg'trlash va oddiy filg'trlash jarayonlari o'rtasidagi oraliq holatni egallaydi. Mikrofilg'trlash elektronika, meditsina, kimyo, mikrobiologiya, oziq - ovqat va boshqa sanoatlarda keng qo'llanilmoqda. Teskari osmos, nano- va ulg'trafilg'trlash jarayonlarida eritmalarni ajratishdan avval mikrofilg'trlash jarayonini amalga oshirish yuqori samara beradi.

Baromembran jarayonlarni shartli qo'llash chegaralari 3-5 jadvalda keltirilgan.

1- jadval

Jarayon Parametr	Teskari osmos	Nano-filg'trlash	Ulg'tra-Filg'trlash	Mikro-filg'trlash
Zarracha diametri, mkm	0,0001 ... 0,003	0,001 ... 0,005	0,005 ... 0,05	0,05 ... 10,0

Shunday qilib, nanofilg'trlash teskari osmos va ulg'trafilg'trlash o'rtasidagi oraliq jarayon.

Ushbu jarayon yordamida molekulyar massasi 300...3000 bo'lgan moddalarni ajratish va quyuqlashtirish (kontsentrlash), hamda o'fir metallar ionlarini ajratib olish mumkin.

Ko'pincha sanoatda xossalari bir - biriga yaqin bo'lgan elektrolitlar, ionli suyultirilgan eritmalarini ajratishga to'g'ri keladi. Ko'p komponentli eritmalar tarkibidan kerakli elektrolitni ajratib olish uchun kombinatsiyalangan usuldan foydalanish zarur. Ushbu usul o'z ichiga kompleks hosil qilish va ulg'trafilg'trlash (KOUF)ni oladi. Usulning asosi shundaki elektrolit ionlari ajratuvchi eritma bilan polimer komplekslarini hosil qiladi. Polimer komplekslarning o'lchami bo'flanmagan ionlarnikidan katta bo'ladi. SHuning uchun ham, ulg'trafilg'trlash jarayonida polimer kompleks retantda cho'kib qoladi, bo'flanmagan ionlar esa, membranadan o'tib - permeat hosil qiladi.

**Diffuzion - membranali jarayonlar** membranalarining qalinligi bo'yicha kontsentratsiya yoki bosim gradientiga asoslangan bo'lib, gaz yoki suyuq aralashmalarni ajratishda qo'llaniladi. Bunda gazlarni membrana yordamida komponentlarga ajratish yoki biror komponentga to'yinishi yuz beradi.

Fovaksiz membrana yordamida gazlarni ajratish, komponentlarning membrana orqali diffuziyasi turli tezlikda o'tishiga asoslangan. Bu jarayon uch asosiy bosqichda o'tadi: 1) gaz membrana yuzasida ajratilayotgan aralashma tomonida adsorbtsiyalanadi; 2) gaz membrana orqali diffuziya hisobiga o'tadi; 3) membrananing boshqa tomonida desorbtsiya yuz beradi. Odatda, ikkinchi bosqich jarayonning tezligiga asosiy xissa qo'shadi va o'tayotgan diffuziya jarayoni Fikning birinchi qonuni bilan ifodalanadi:

$$G = -DF \frac{dc}{dx} \tag{5}$$

Agar, (5) tenglamani integrallasak va tegishli o'zgartirishlar kiritilsa:

$$G = D \frac{c_1 - c_2}{\delta} \cdot F \tag{6}$$

bu yerda  $G$  - membrana orqali o'tgan gaz miqdori;  $D$  – diffuziya koeffitsienti;  $s_1$  va  $s_2$  - membrananing ikki tomonlaridagi kontsentratsiyalar;  $x$  - membrana qalinligi bo'yicha masofa;  $F$  - membrana yuzasi;  $\delta$  - membrana qalinligi.

Membrana yuzasidagi kontsentratsiyalar  $s_1$  va  $s_2$  ni aniqlash yoki o'lchash qiyin. SHuning uchun gazni membrana materialida erishi deb hisoblab,  $s_1$  va  $s_2$

larni Genri qonuni bo'yicha aniqlash mumkin:

$$c_1 = SP_1 ; \quad c_2 = SP_2 \quad (7)$$

bu yerda  $S$  - erish koeffitsienti;  $R_1$  va  $R_2$  - membrananing ikki tomon yuzalaridagi bosimlar.

(7) va (6) tenglamalarni (5) tenglamaga qo'ysak:

$$G = -DS \frac{P_1 - P_2}{\delta} \cdot F \quad (8)$$

$A = D \cdot S$  - membrananing gaz o'tkazuvchanligi (yoki o'tkazuvchanlik koeffitsienti).

$$G = A \frac{P_1 - P_2}{\delta} \cdot F \quad (9)$$

yahni, gaz yoki bu'ning membrana orqali o'tish tezligi membrananing yuzasi, bosimlar farqi va membrananing o'tkazuvchanlik koeffitsientiga to'g'ri proporsional va qalinligiga teskari proporsional.

**Membrana orqali bug'lanish** - usulida suyuq aralashmalar ajratiladi. Ushbu usul aralashma komponentlarining diffuziya koeffitsientlari turlicha tufayli komponentlarning membrana orqali o'tish tezligi har xilligiga asoslangan.

Aralashmadan membrana orqali inert gaz oqimi bilan yoki vakuum tahsirida buf o'tadi va keyin kondensatorda kondensatsiyalanadi.

Bu jarayon ham uch bosqichda o'tadi: 1) modda membrana yuzasida adsorbtsiyalanadi; 2) membrana orqali diffuziya yordamida o'tadi; 3) membrananing boshqa tomonida desorbtsiya yuz beradi. Membrana orqali massaning o'tishi Fikning ikkinchi qonuni bilan ifodalanadi. Bu'ning tarkibi temperatura, membrana materiali va aralashma tarkibiga bog'liq. Jarayon tezligini oshirish uchun aralashmani 30...60 °S gacha isitiladi va buf zonasida esa, vakuum hosil qilinadi.

Noorganik moddalar (masalan, keramika) dan fovakli membranalar tayyorlanadi. Bu jarayon polimer asosli, fovakli yoki fovaksiz membranalar (masalan, polipropilen, polietilen va h.) da olib borilishi mumkin va azeotrop aralashmalarni (izopropanol - suv, etanol-suv) ajratishda keng qo'llaniladi. Bu turdagi aralashmalarni rektifikatsiya usuli bilan ajratib bo'lmaydi, lekin rektifikatsiya va membranali ajratish usullarini birga qo'llash katta iqtisodiy foyda berishi mumkin.

Turli sinfdagi uglevodorodlarni, organik kislotalarning suvli eritmalarini, ketonlarni membrana orqali buflanish usulida ajratish yuqori iqtisodiy samara beradi.

Bundan tashqari, bu usul oqava suvlarni tozalashda qo'llanilishi mumkin.

**Dializ** – bu kontsentrlangan va suyultirilgan eritmalarini diffuziya tezliklari turli bo'lgan moddalarni yarim o'tkazuvchan membranalar orqali o'tkazib ajratish usulidir. Agar kontsentratsiyasi yuqori va past bo'lgan eritmalar orasiga membrana joylashtirilsa, eritmalar orasida kontsentratsiya gradienti hosil bo'ladi. Bu gradient

tahsirida eritilgan modda membrana orqali konsentratsiyasi kam bo'lgan eritma tomon diffuziya orqali o'ta boshlaydi.

Erituvchi (suv) esa, teskari tomon harakat qila boshlaydi. Dializ tezligi Fikning birinchi qonuni yordamida topiladi. Dializ orqali o'tgan modda miqdori esa, massa o'tkazish tenglamasi orqali aniqlanadi. Dializ asosan, tuzilishi romli filg'tr - pressga o'xshash bo'lgan, tekis kamerali va ichi bo'sh tolali membrana qurilmalarda amalga oshiriladi.

**Termomembrana jarayonlari.** Bu jarayon fovakli membrana qalinligi bo'yicha temperatura gradienti hosil bo'lishiga asoslangan va membranali distillyatsiya bunga misol bo'lishi mumkin.

Jarayonning mohiyatini ko'rib chiqamiz. Boshlanfich konsentratsiyali birorta bir eritma isitilib (30-70°S) mikrofovakli suv o'tmaydigan membrananing bir tomonida uzatiladi. Membrananing boshqa tomonida esa, sovuq erituvchi (suv) harakat qiladi. Membrananing fovaklarining diametri juda kichik va u suv o'tkazmaydigan bo'lgani uchun, suv molekullari membrana orqali o'tmaydi. Issiq eritmada ajrab chiqqan buf membrana fovaklariga kirib membrananing sovuq tomonida kondensatsiyalanadi. Unda, fovaklarda vakuum hosil bo'ladi va buflatish jarayoni tezlashadi. Berilgan eritmaning temperaturasi uncha yuqori bo'lmagani uchun membranali distillyatsiyani o'tkazishda chiqindi suvlar yoki gazlar (issiqlik almashinish qurilmalardan chiqqan) va quyosh energiyasidan foydalanish mumkin. SHuning uchun iqtisodiy jihatdan boshqa jarayonlarga qaraganda, termomembrana jarayonlar yaxshi natija beradi. Undan tashqari, bu jarayon atmosfera bosimida olib borilgani uchun qurilmalar arzon va qulay materiallardan (polimer) yasalishi mumkin. Bu jarayon elektrolit eritmalar konsentratsiyasini oshirishda, dengiz suvlarini tozalashda, yuqori darajadagi toza suv olishda qo'llanilishi maqsadga muvofiq.

Membranalarning samarali xizmat muddati, qurilmaning gidrodinamik sharoiti va uni yifishdan avval membrana elementlari, maxsus eritma bilan qanchalik yaxshi ishlov berilganiga bo'liq. Lekin, membranalar ko'rilgan chora va tadbirlarga qaramasdan, ifloslanadi va qurilmaning texnologik ko'rsatkichlarini pasaytiradi. SHuning uchun membranalar xarakteristikalarini dastlabki holatiga keltirish uchun mexanik, gidrodinamik, fizik va kimyoviy tozalash usullari qo'llaniladi.

**Mexanik tozalash** usuli samarali bo'lib, faqat tsilindrik membrana elementli qurilmalarda qo'llash mumkin. Buning uchun ifloslangan membrana yuzasi ko'pikli gubka yoki boshqa moslama yordamida artiladi.

**Gidrodinamik tozalash** usulining mohiyati shundaki, membranaga pulg'satsiyali eritma yoki suv oqimi, turbulent oqim tahsir ettiriladi yoki u siqilgan havo yordamida teskari yo'nalishda puflanadi. Undan tashqari, baromembran jarayonlarda bosimning keskin ravishda pasaytirish yo'li bilan membranani tozalash mumkin.

Bu usullar eng sodda va arzon. Lekin, bu usulda faqat yuzaki, yengil bo'langan cho'kmalargina tozalanadi.

**Fizik tozalash** membranaga elektr, magnit va akustik maydonlar tahsir ettirish orqali amalga oshiriladi. Bu usulning eng asosiy afzalligi shundaki, membranalarni tozalash qurilmani to'xtatmasdan amalga oshirish mumkin.

**Kimeviy tozalash** membranalarni reaktiv (masalan, limon, shavelg' kislotalari, soda, xlor vodorodli suyuq eritma va h.) lar yordamida yuvishdir. Ushbu usul juda qimmat, chunki reaktivlar sarfi katta va kimyoviy zararli oqava suyuqliklar hosil bo'ladi. Agar, membrana materialining kimyoviy chidamliligi past bo'lsa, ushbu tozalash usulini umuman qo'llash mumkin emas.

Teskari osmos va ulg'trafilg'rlash jarayonlari uchun ishlatiladigan qurilmalar davriy va uzluksiz ishlaydigan bo'ladi. Davriy qurilmalar, odatda laboratoriya sharoitlarida tajribalar o'tkazish uchun qo'llaniladi. Sanoatda esa, asosan uzluksiz ishlaydigan qurilmalar ishlatiladi.

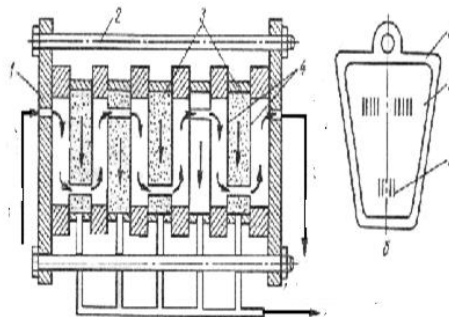
Membranali qurilmalar afzalliklari: juda katta solishtirma ajratish yuzali, yifilishi sodda, ishonchligi yuqori va montaji oson.

Teskari osmos qurilmalarining eng katta kamchiligi shundaki, qurilmada ishchi bosim yuqori bo'lishi kerak. Bu hol o'z navbatida yukori bosimga hisoblangan va quvurlarni ulanish joyida flanetsli birikmalar va maxsus, chidamli qistirmalar qo'llashni talab qiladi.

Filg'rtlovchi membrana joylashish usuliga qarab yassi, tsilindr va o'ram shaklli, hamda ichi bo'sh tolali membranali qurilmalar bo'ladi.

Ushbu qurilmalar alohida sektsiya va modullardan tarkib topgan. SHuning uchun istalgan yuzali qurilmalar yifish oson.

Membranali qurilmalarga quyiladigan talablar: ishchi yuzasi katta, tuzilishi sodda va ixcham, suyuqlik oqimining tezligi yuqori va membrana bo'ylab bir tekisda taqsimlanishi, gidravlik qarshiligi kichik, mustahkamligi yuqori va germetik bo'lishi kerak. Yassi yuza, membrana elementli qurilmalar. Odatda bunday membranali kurilmalar oddiy filg'rt qurilmasiga o'xshash bo'lib, eng sodda qurilma deb hisoblanadi. Bu qurilma ikki membranadan tarkib topgan filg'rtlovchi element konstruktsiya asosini tashkil etadi (2-rasm). Filg'rtlovchi elementlar fovakli material (masalan, polimer)dan tayyorlanadi.



2-rasm. Yassi yuza membrana elementli qurilma.

1-plita; 2-tortuvchi bolt; 3-metall

"oatak": 4-membrana; 5-teshik.

Suyuqlik o'tishi uchun metall "patak" listlarida teshiklar qilingan. Ushbu listlar 0,5...5 mm oralikda o'rnatilib, eritmani ajratuvchi membranalararo bo'shliq hosil qiladi. Filg'trlovchi elementlar dastasi ikkita plita orasida joylashtiriladi va tortuvchi boltlar bilan siqib qo'yiladi.

Eritma filg'trlovchi elementlardan ketma-ket o'tadi va konsentrlanadi. Hosil bo'layotgan konsentrat va filg'trat qurilmadan uzluksiz ravishda chiqarib turiladi.

Bu turdagi qurilmalar oqsillarni ajratib olish, hamda yoqsizlantirilgan sut va tvoroglarni ulg'trafilg'trlash uchun qo'llaniladi.

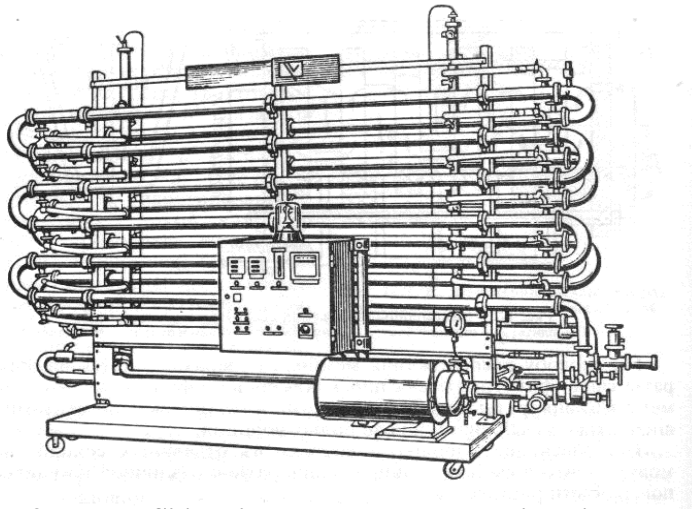
Yassi yuza, membrana elementli qurilmalar kamchiliklari: membranalar solishtirma yuzasi kichik 60...300 m<sup>2</sup>;

membranalarni almashtirish va yigish qo'lda amalga oshiriladi.

Tsilindrik membrana elementli qurilmalar alohida tsilindrik filg'trlovchi modullardan yig'iladi (3-rasm).

Tsilindrik filg'trlovchi elementlar 3 xilda: membrana drenaj qobirfaning ichki va tashqi yuzasida, hamda kombinatsiyali joylashtirilib tayyorlanadi.

Drenaj qobirfaning ichki yuzasida o'rnatilgan membranali qurilmalar afzalliklari (4a-rasm): metall sarfi kam; gidravlik qarshiligi kichik; filg'trlovchi elementlarni buzmasdan turib cho'kmadan tozalash oson; konstruktsiya



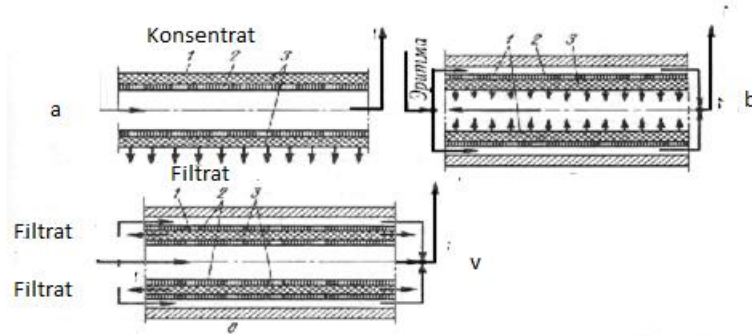
3-rasm. Tsilindrik membrana elementli qurilma.

ishonchliligi yuqori.

Kamchiliklari: filg'trlovchi membrananing solishtirma ishchi yuzasi kichik; elementlarni yifish yuqori talablarga javob berishi kerak.

Drenaj qobirfaning tashqi yuzasida o'rnatilgan membrana qurilmalar katta filg'trlash solishtirma yuzali bo'ladi (4b-rasm). Lekin, bu filg'tr elementlarga metall sarfi ko'p bo'ladi va ularni mexanik tozalash mumkin emas.

Membranalari kombinatsiyali joylashtirilgan tsilindrik filg'tr elementlarning solishtirma ishchi yuzasi yuqorida ko'rib chiqilgan qurilmalarnikidan 2 marta ko'p bo'ladi (4v-rasm). Lekin, filg'trat chiqarish kanallarining uzunligi kattaligi uchun, gidravlik qarshilik nisbatan katta bo'ladi.



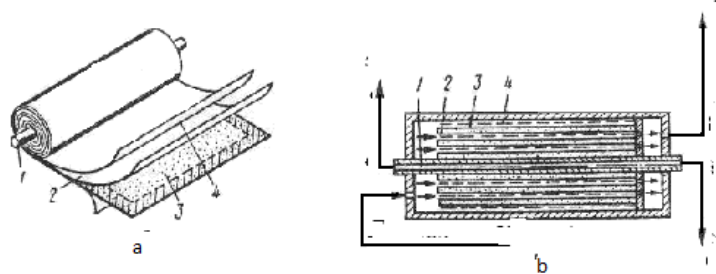
**4-rasm. Membranasi turlicha joylashtirilgan tsilindrik filg'trovchi elementlar.**

a-drenaj <sup>3</sup>obir<sup>2</sup>aning ichki yuzasida; b-drenaj <sup>3</sup>obir<sup>2</sup>aning tashqi yuzasida;

Tsilindrik filg'tr elementli ulg'trafilg'trlash qurilmalari meva va meva-rezavorlar sharbatlarini tinitib tozalash uchun keng ko'lamda qo'llaniladi. Sharbatlarni xira qilib turuvchi protein, kraxmal, pektin, tsellyuloza zarrachalaridan ajratib olish mumkin. Tozalangan sharbatda faqat tabiiy tarkibli moddalar qoladi.

**O'ram shakldagi membrana elementli qurilmalar** truba shaklida yasilib, uning ichiga bir nechta o'ramli filg'tr element tiqladi.

Membranani o'rash zichligi 300...800 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>. Boshlangich eritma membranalararo bo'shliqda bo'ylama yunalishda harakat qilsa (5b-rasm), filg'trat esa, spiralsimon drenaj qatlamdan o'tib, trubaga tushadi va qurilmadan chiqariladi.

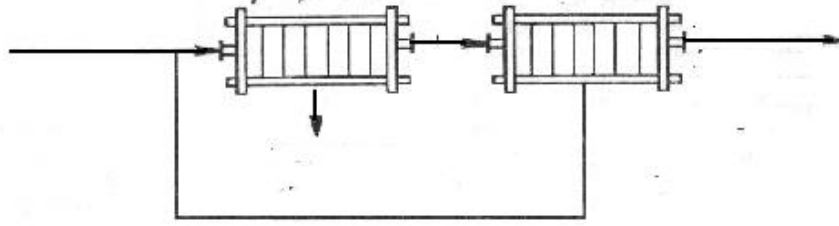


5-rasm. O'ramli filg'tr element (a) va shunday elementli qurilma (b)  
1-truba; 2-membrana; 3-metall "atak"; 4-to'r-se'arator.

Membrananing ishchi yuzasini oshirish uchun o'rash zichligi ko'paytiriladi.

Membrananing o'rash zichligi oshirilsa, uning ishchi yuzasi ortadi va yasalish narxi pasayadi. O'rash paketining eng maksimal eni 900 mm gacha bo'ladi. Paketlarning uzunligi drenaj qatlamining filg'trat harakatiga gidravlik qarshiligi bilan chegaralanadi va odatda 2 metrdan oshmaydi.

6-rasmda sut mahsulotlarini ishlab chiqarish uchun, uni qayta ishlash texnologik sxemasi keltirilgan.



6-rasm. Sutni qayta ishlash sxemasi.

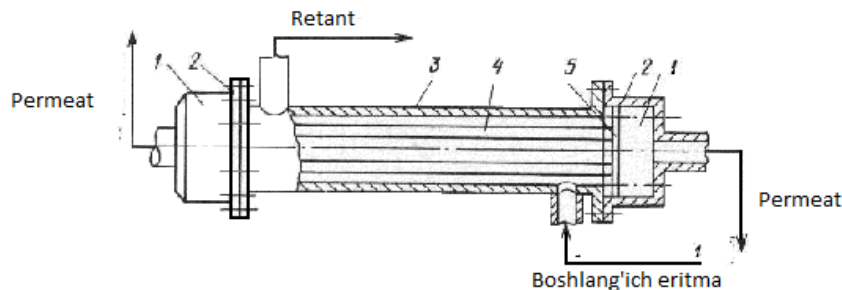
Ushbu sxemadan ko'rinib turibdiki, sutni separatsiya qilib yoʻq olish, yoʻqsizlantirilgan sutni ulg'trafilg'rlash va teskari osmoslar texnologiyaning asosiy bosqichlaridir. Yoʻqsizlantirilgan sut konsentratidan turli xil sut mahsulotlarini olish mumkin. Sutni qayta ishlash texnologiyasida membranali qurilmalarni qo'llash oqava suvlarni tozalash muommosini hal etish imkonini beradi.

Ichi bo'sh tolali qurilmalar ulg'trafilg'rlash va teskari osmos yordamida eritmalarini ajratish uchun keng miqyosda qo'llaniladi. Ichi bo'sh tolalarning tashqi diametri 45...200 mkm va devorining qalinligi esa 10...50 mkm, ulg'trafilg'rlash uchun diametri - 200...1000 mkm, devori qalinligi - 50...200 mkm. Ushbu o'lchamli tolalar suyuqlik yoki gaz aralashmasining 10 MPa gacha bo'lgan bosimga chidamli va o'z mustahkamligini yuqotmaydi.

Bu turdagi qurilmalarni quyidagi guruhlarga bo'lish mumkin: a - ichi bo'sh, tolalari parallel joylashtirilgan; b - tsilindrik membrana elementli; v - ichi bo'sh, tolalari U-simon qilib joylashtirilgan.

Ichi bo'sh tolali qurilmalar tayanchsiz va tayanch taqsimlovchi trubkali bo'lishi mumkin. Tayanchsiz qurilmalar tuzilishi sodda, lekin suyuqlikning taqsimlanishi, yahni gidrodinamik sharoiti yomon. Shuning uchun, ushbu qurilmalarda gidrodinamik sharoitlarni yaxshilash maqsadida taqsimlovchi moslama va turbulizatorlar o'rnatiladi.

7-rasmda ichi bo'sh, tolalari parallel o'rnatilgan membrana qurilma keltirilgan.



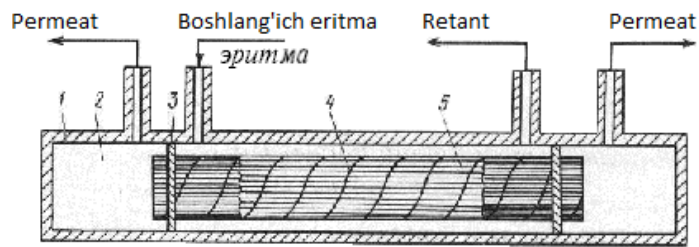
7-rasm. Ichi bo'sh, tolalari parallel joylashtirilgan, tayanchsiz membrana qurilma. 1-permeat yirgich; 2-flanetslar; 3-qobiq; 4-ichi bo'sh tolalar; 5-teshikli panjara.

Qurilma, eritma kirish va chiqish shtutserlari o'rnatilgan qobiq 3 dan, hamda permeat yirgich 1 va teshikli panjara 5 larni mahkamlash uchun flanets 2 lardan tarkib topgan. Ichi bo'sh tolalar dastasi 4 qobiq 3 o'qiga parallel holda

joylashtiriladi va epoksid yelimi yordamida teshikli panjara 5 ga mahkamlanadi. Ajratilayotgan eritma ichi bo'sh tolalar dastasi 4 ning tashqi yuzasi bo'ylab harakat qiladi va bosim tahsirida tolalar devori orqali o'tadi va permeat kapillyar kanallardan yifgichga tushadi. Kentsentrlangan eritma va retant-uzluksiz ravishda qurilmadan chiqarilib turadi.

Ushbu turdagi qurilma eng asosiy kamchiligi shundaki, tolalar dastasini teshikli panjaraga mahkamlash va zichlash juda qiyin. Undan tashqari, eritma oqimini tolalar dastasi bo'ylab bir tekisda taqsimlash ham oson emas.

Qayd etilgan kamchiliklar bir dastali, membrana elementli qurilmalarda bartaraf qilingan (8-rasm),



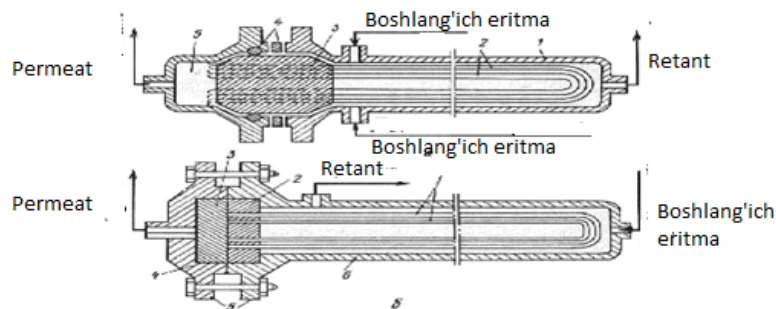
8-rasm. Ichi bo'sh, bir dasta tolalar qurilma sxemasi.

1-qobiq; 2-permeat yifgich; 3-suyuqlik to'sgich;

Bu turdagi qurilmalarda eritmani aralashtirish jaraenini jadallashtirish uchun taqsimlovchi truba o'rnatiladi. Ushbu trubaning markaziy qismida eritmani tolalar dastasining ichiga uzatish uchun teshiklar qilingan bo'ladi.

Bunday qurilmalarni yasash uchun metall kam sarflanadi. Lekin, eritmaning aralashtirish jadalligi past bo'lganligi va ichi bo'sh tolalarning suyuqlik to'sgichda qattiq mahkamlanishi sababli, tarkibida qattiq zarrachalar bor eritmalarni ajratib bo'lmaydi.

Ichi bo'sh, tolalari U-simon qilib joylashtirilgan qurilmalar tuzilishi sodda, yasash, yirish va montaj qilish oson va metall sarfi kam. Shuning uchun bu turdagi qurilmalardan sanoatda ko'p foydalaniladi (9-rasm).



9-rasm. Ichi bo'sh, tolalari U-simon qilib joylashtirilagn membranaliquilma

a-konussimon tayanch flanetsli: 1-qobiq; 2-ichi bo'sh tolalar dastasi; 3-shayba; 4-xalqasimon qistirmalar; 5-permeat yifgich; b-rovakli tayanch «patak»li: 1-ichi bo'sh tolalar dastasi; 2-shayba; 3-govakli «patak»; 4-

Bu turdagi qurilmalar qobiq 1, permeat yifgich 5 va halqasimon qistirmalar 4 dan tarkib topgan bo'ladi (9a-rasm). U-simon ichi bo'sh tolalar dastasining uzunligi 1,5...2 metr bo'lib, ularning ochiq uchlari shayba 3 ga epoksid yelimi yordamida

yopishtirilgan.

Qurilmaning asosiy kamchiligi: ichi bo'sh tolalarni shayba 3 ga mahkamlash qiyin va murakkab; shayba 3 qalin bo'lganligi uchun ichi bo'sh tolalarning yuzasi 5-10 % ga kamayadi.

Yuqorida qayd etilgan kamchiliklar 9b-rasmda ko'rsatilgan qurilmada bartaraf qilingan, chunki shayba 3 qalinligi ancha kamaytirilgan, yahni 10...20 mm.

### **Nazorat uchun savollar.**

1. Teskari osmos va ulg'trafil'trlash qanday jarayon?
2. Teskari osmos va ulg'trafil'trlash jarayonlarning fizik-kimyoviy asoslari qanday amalga oshiriladi?
3. Permeat nima?
4. Mikrofil'trlash nima?
5. Dializni tushuntiring.
6. Diffuzion – membranali jarayonlarni asosiy prinsiplari.
7. Membranalarni tozalash usullarini amalga oshirish qanday?
8. Membranali qurilmalar tuzilishi va ishlash printsipi qanday?
9. O'ram shakldagi membrana elementli qurilmalarni tushuntiring.
10. Mexanik va gidrodinamik tozalashni tushuntiring.