ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ
ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
ӘЛ-ФАРАБИ атындағы ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ
Биология және биотехнология факультеті

Дәріс № 4

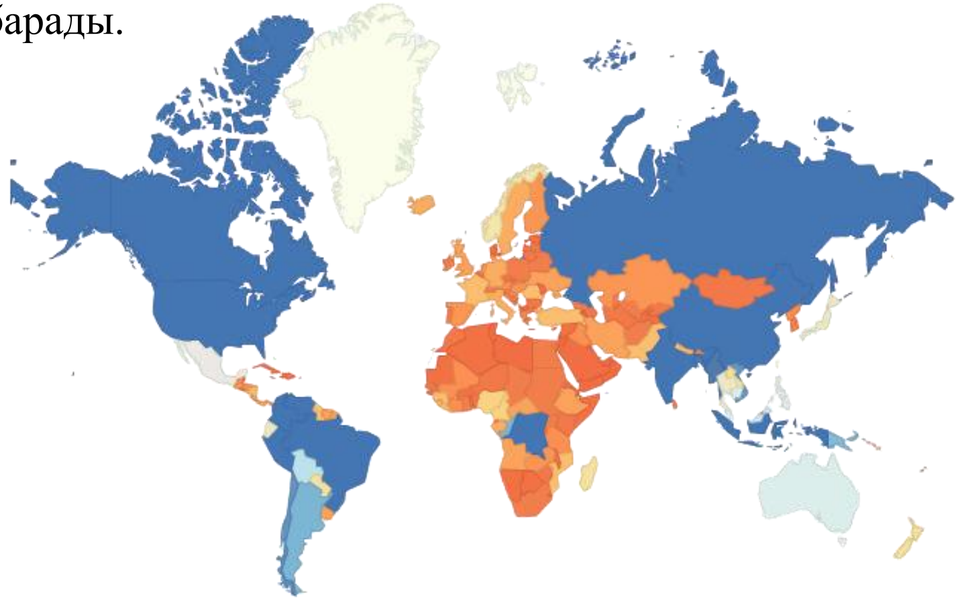
Ластанған орталарды аэробты процестерді пайдаланып тазалау технологиясы. Аэробты микроорганизмдер негізінде жасалған ластанған орталарды тазалау қондырғылары олардың түрлері.

Дәріскер: Какимова Ардак Болатовна

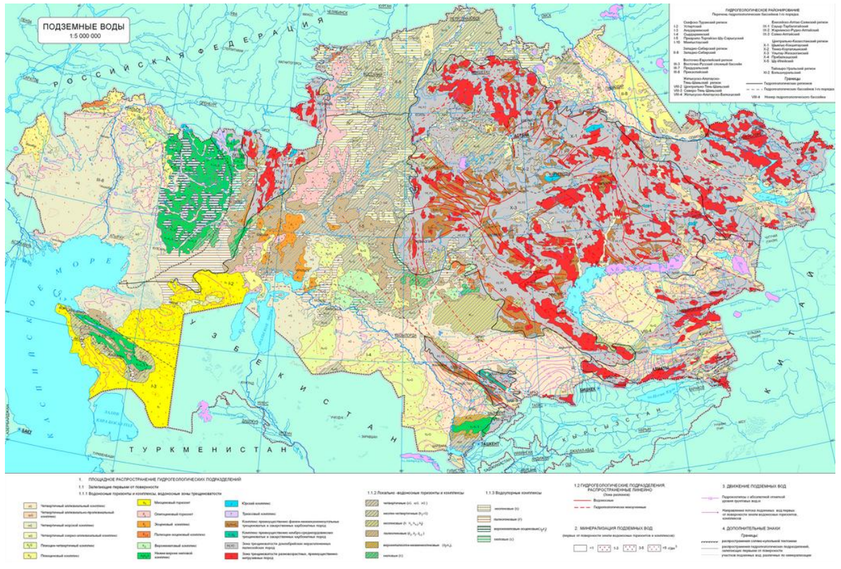
Су ресурстарының жалпы сипаттамасы және олардың ластану мәселесі

Су — тіршіліктің негізі және биосфераның тұрақты қызметін қамтамасыз ететін басты табиғи ресурс. Ол ауыл шаруашылығында, өнеркәсіпте, энергетикада және тұрмыстық қажеттіліктерде кеңінен қолданылады. Қазіргі таңда су ресурстарының сапасы мен көлемі адам әрекетінің қарқынды әсерінен айтарлықтай өзгеріске ұшырап отыр.

Жер шарындағы су қоры шамамен 1,4 млрд км³ болса, оның тек 2,5%-ы ғана тұщы су. Ал тұщы судың басым бөлігі мұздықтар мен жерасты қабаттарында шоғырланған. Сондықтан қолжетімді тұщы судың мөлшері шектеулі. Қазақстан жағдайында бұл мәселе ерекше өзекті, себебі ел аумағындағы өзендердің шамамен 45%-ы шекаралас мемлекеттерден келеді, ал жергілікті өзендер мен көлдердің экологиялық жағдайы антропогендік факторларға байланысты төмендеп барады.



Әлем елдерінің су ресурстары



Қазақстанның су ресурстары картасы

Су ресурстарының ластану түрлері

01

БИОЛОГИЯЛЫҚ ЛАСТАНУ

су жүйесіне әртүрлі тірі организмдердің, олардың қалдықтарының немесе метаболизм өнімдерінің түсуі нәтижесінде туындайтын экологиялық қолайсыздық.

02

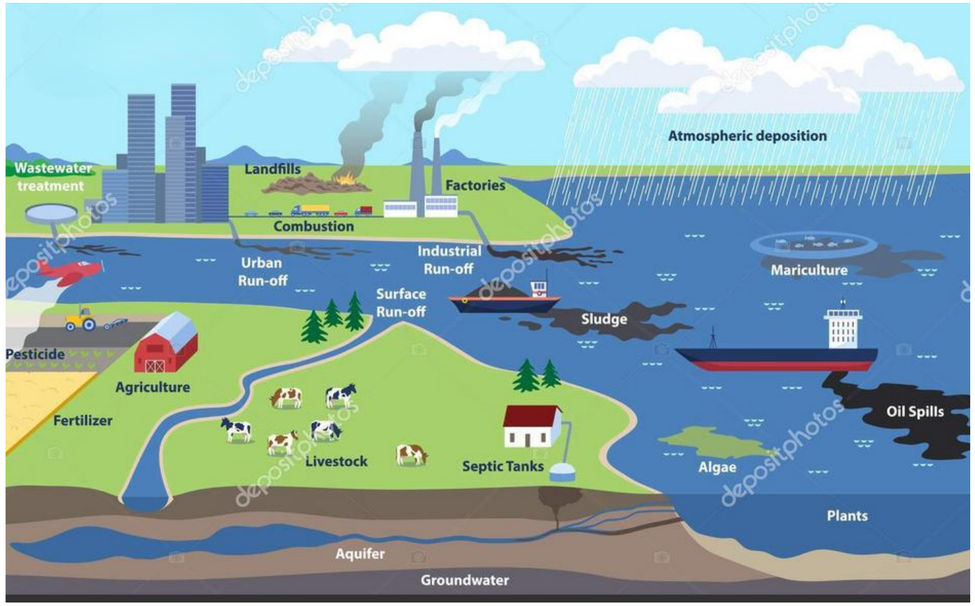
ХИМИЯЛЫҚ ЛАСТАНУ

су ортасына уытты және табиғи құрамын бұзатын бейорганикалық және органикалық қосылыстардың түсуі.

03

ФИЗИКАЛЫҚ ЛАСТАНУ

Физикалық ластану – судың физикалық қасиеттерін (температура, электрлік, радиациялық фон, мөлдірлік) өзгертуге әкелетін факторлар әсері.



Су бассейнінің ластануының негізгі себептері — тазартылмаған ағын суларды өзен-көлдерге жіберу. Бұған жол беретіндері:

• тұрғын-үй коммуналдық шаруашылықтар;
• өнеркәсіп орындары;
• ауыл шаруашылығын химияландыру:
• халық шаруашылығының басқа да салалары.

Қазіргі кезде ашық өзен, көл суларымен қатар жер асты сулары да сарқынды, шайынды сулармен және еріген зиянды заттармен ластанып отыр. Оның негізгі ластану көздері мыналар:

- өнеркәсіп өнімдерін сақтайтын қоймалар;
- химиялық заттар және тыңайтқыштар;
- тұрмыстық қалдықтар;
- жер асты суларымен жалғанатын құбырлар;
- ірі құрылыс учаскелері;
- күзгі алаңдар, бұрғы-скважиналары болып табылады.







Табиғи және жасанды ластану

Су ресурстарының ластануын шығу тегі бойынша табиғи және жасанды (антропогендік) деп екіге бөледі. Бұл жіктеу су сапасын бұзатын факторлардың пайда болу жолын және олардың экожүйеге әсер ету сипатын анықтауға мүмкіндік береді.

1. Табиғи ластану

Табиғи ластану — адамның тікелей қатысуынсыз табиғи құбылыстар мен процестер нәтижесінде судың сапасының уақытша немесе тұрақты өзгеруі. Мұндай ластану көбіне экожүйенің ішкі айналымындағы табиғи процестермен байланысты.

2. Жасанды (антропогендік) ластану

Жасанды немесе антропогендік ластану – адамның шаруашылық және өндірістік қызметі нәтижесінде су ортасына әртүрлі химиялық, биологиялық және физикалық зиянды заттардың түсуі. Бұл — қазіргі заманның ең өзекті экологиялық проблемасы.



Жанар таулардың атқылауы



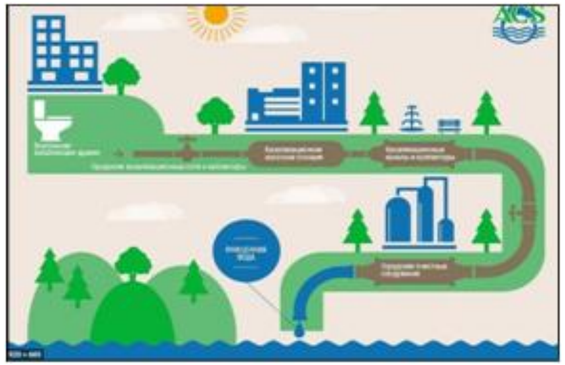
Су тасқыны



Су қоймаларының улануы

Қалдық /ақаба/ластанған ағынды сулардың жүйелеуі

Пайда болуына қарай, ластанған ағынды сулар:



1.Тұрмыстық ағынды сулар – адамның күнделікті тұрмыста қолданатын су.

Тұрмыстық немесе жалпы канализация жүйесі арқылы шығарылады



2.Өндірістік ағынды сулар - әртүрлі тауарларды, бұйымдарды, азық-түлікті, материалдарды және т.б. өндірудің технологиялық процестерінде пайда болатын ақаба сулар.

Өндірістік немесе жалпы канализация жүйесі арқылы шығарылады

3.Атмосфералық / жер үсті ағынды сулар – жауын- шашыннан пайда болған ағынды сулар. Жауын- шашын бөлінеді:

- жаңбырлы сулар;
- еріген сулар - қар, мұз, бұршақ ерігені.

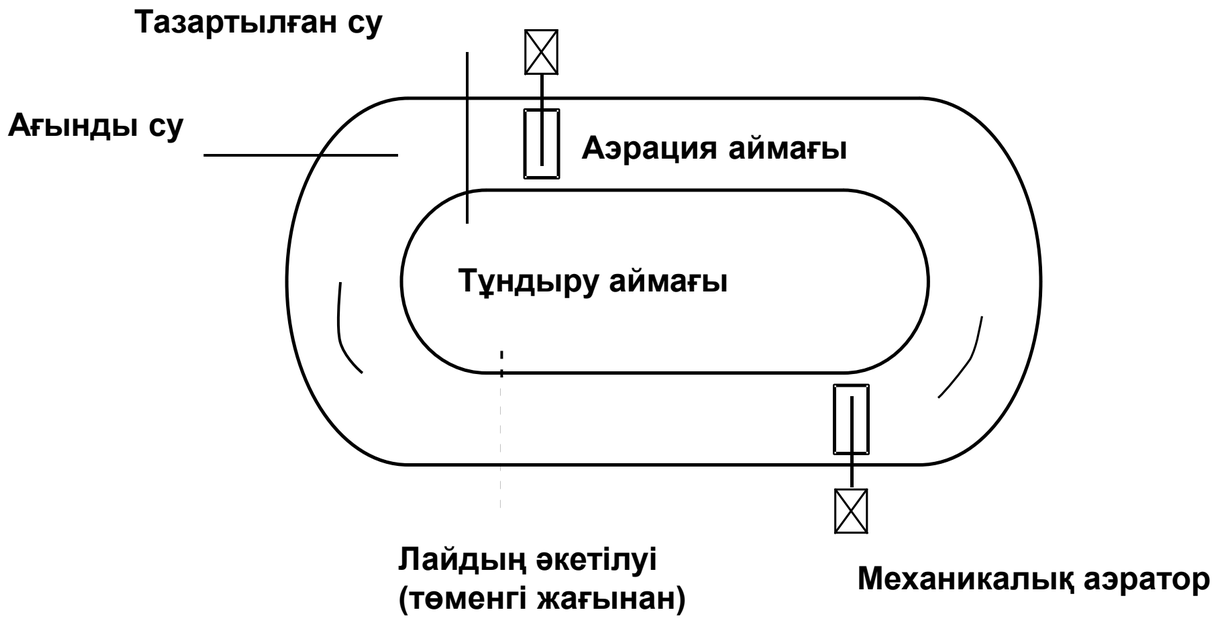




Әдетте, нөсер канализация жүйесі арқылы шығарылады. Сондай-ақ «нөсер ағындылар» деп аталады.

Белсенді лаймен жұмыс істейтін түрлендірілген құрылыстардағы аэробты тазалау

Циркуляциялық тотығу арналары



Артықшылықтары:

- қарапайымдылығы,

- шағын елді мекендер мен ауылдық жерлерде орнату мүмкіндігі

- алғашқы тұндырғышсыз да жұмыс істей алады

Оттегін сұйық ортаға тасымалдауды күшейтетін жүйелер:

Процестің қозғаушы күшін (Сох* – Сох) арттыру маңызды.
Массаны тасымалдау теңдеуі:

$$\frac{dO_2}{d\tau} = K_{VO_2}(C_{ox}^* - C_{ox}),$$

мұндағы

- $\frac{dO_2}{d\tau}$ — газ фазасынан сұйықтыққа оттегінің өту жылдамдығы,
- K_{VO_2} — массаны тасымалдаудың көлемдік коэффициенті,
- C_{ox}^*, C_{ox} — сұйықтықтағы оттегінің тепе-тең және ағымдағы концентрациялары.

C_{ox}^*-ті арттыруға болады, егер:

- ауадағы оттегінің ішінара (парциалдық) қысымын арттырса;
- сұйық бағанасының немесе сұйықтық үстіндегі газ фазасының қысымын көбейтсе.

Окситенктер

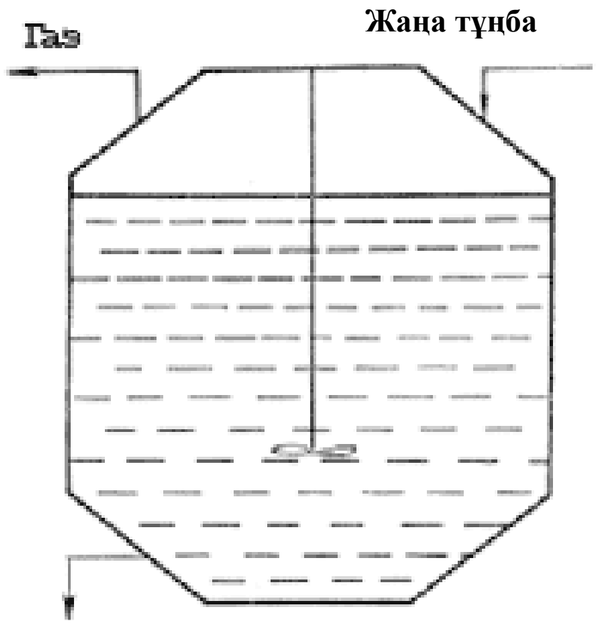
Биологиялық тазалауды қарқындату (интенсификация) ағын суларды оттегімен байытылған ауа немесе таза оттегі арқылы аэрациялау арқылы жүзеге асырылады.

Оттегіні өндіруге қосымша шығындар қажет болғандықтан, окситенктердегі оттегіні пайдалану дәрежесі жоғары болуы тиіс — бұл процестің экономикалық тиімділігін қамтамасыз етеді.

Таза оттегіні үнемдеу мақсатында тазалау процесі жабық типтегі аппаратта, яғни ағын суды мәжбүрлі аэрациямен қамтамасыз ететін құрылғыда жүргізілуі мүмкін.

Процесс кезінде түзілетін көмірқышқыл газы (CO_2) және берілген қоспадағы азот (N_2) белгілі бір уақыт аралығында аппараттан шығарылады.

Алайда, ашық резервуарларда да (олардың құрылысы мен пайдалануы әлдеқайда жеңіл) аэрация режимін дұрыс таңдаған жағдайда оттегіні пайдалану тиімділігі жеткілікті жоғары болуы мүмкін.

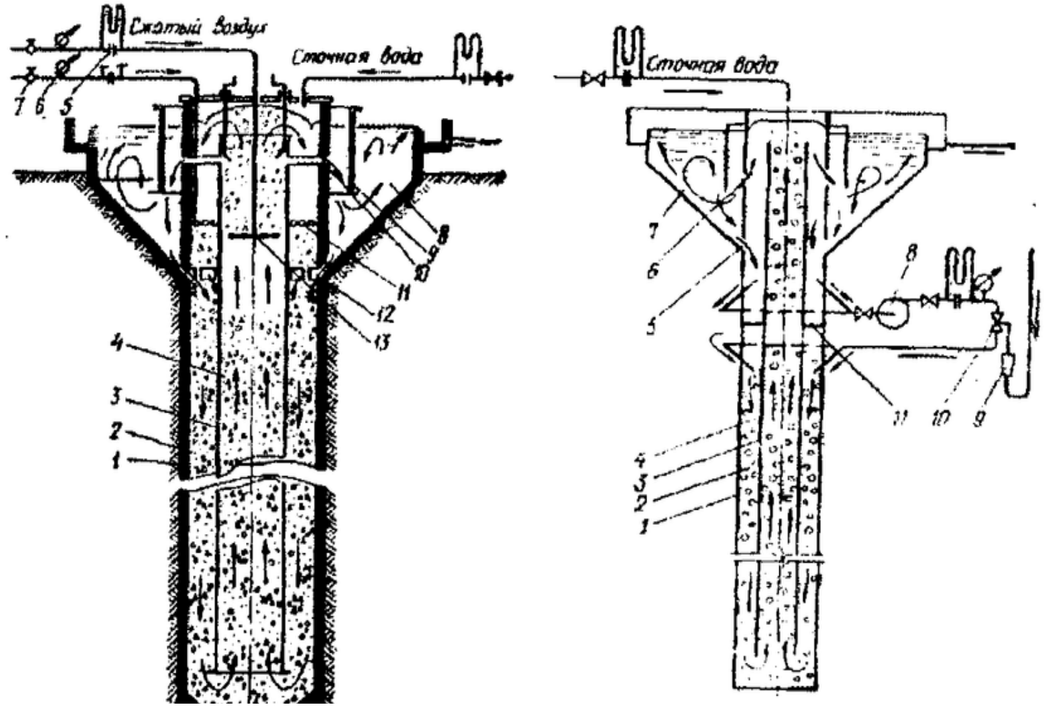


Артықшылықтары:

- **өндірістік алаңдар мен құрылыс көлемдерін едәуір азайту (бұл құрылым күрделенуін өтейді);**
- **капиталдық шығындарды 30–50% дейін қысқарту;**
- **артық бактериялар мен саңырауқұлақтардың шамадан тыс көбеюінен туындайтын «илдің ісінуі» мәселесін шешу.**

Шахталы (бағаналы) аппараттар. Шахталы немесе бағаналы аппараттар — ағын суларды аэробты жолмен тазалауға арналған өте ықшам құрылғылар. Олар жер бетінде тік колонна түрінде орнатылады немесе жер астында шахта түрінде салынады.

Шахтаның тереңдігі – 12–150 м, ал диаметрі – 0,5–10 м аралығында болады.



А Б

А. Эрлифттік айналымы бар шахталы аэротенк:
1 – шахта діңі;
2 – аэрация аймағы;
3 – ішкі құбыр;
4 – эрлифттік аймақ;
5 – шығын өлшегіш;
6 – манометр;
7 – реттеу вентилі;
8 – тұндырғыш (отстойник);
9 – бөлу қалқасы;
10 – кіріс құбырлары;
11 – аэраторлар;
12 – ил саңылаулары;
13 – тесікті эрлифт-құбырлар.

Б. Насостық айналымы бар шахталы аэротенк:
1 – шахта діңі;
2 – аэрация аймағы;
3 – ішкі құбыр;
4 – айналым аймағы;
5 – ил саңылаулары;
6 – кіріс терезелері;
7 – тұндырғыш;
8 – насос;
9 – шығын өлшегіш;
10 – эжектор;
11 – бөлу диафрагмасы.

Жұмыс принципі:

Шахталы аппаратта сұйықтықтың айналым бағыты ауа берілетін аймақ арқылы реттеледі.

Ауа жоғары бағытталған ағын аймағына салыстырмалы түрде шағын тереңдікте жіберіледі. Бұл кезде эрлифт принципі бойынша ауа қозғалысы басталады:

- **ауа көпіршіктері жоғары қарай көтеріліп, ағын жылдамдығы 1–2 м/с-қа жеткенде,**
- **ауа ағынның төменгі (құйылу) аймағына беріле бастайды.**

Осылайша, сұйықтық ауа көпіршіктерін төмен қарай ілестіріп, тұтас айналмалы циркуляция жүйесін қамтамасыз етеді.

Шахталы құрылыстардың сипаттамасы және артықшылықтары

Шахталы типтегі тазалау құрылыстары жоғары тотығу қабілетіне ие және концентрленген (ластануы жоғары) ағын суларды тазалауға қолайлы. Мұндай аппараттарда суды алдын ала тұндырусыз-ақ (бірінші реттік тұндырғышсыз) тазалау жүргізуге болады.

Бұл қондырғылардың басты артықшылықтары:

- **Энергия шығынының аз болуы — кәдімгі аэротенктермен салыстырғанда қуат жұмсауы төмен;**
- **Жер көлемін аз қажет етуі — құрылғы ықшам, орнатуға ыңғайлы;**
- **Жоғары оттегі тасымалдау жылдамдығы — мұндай аппараттарда O_2 тасымалдау жылдамдығы 1,5–3 г/л·сағ жетеді, бұл кәдімгі аэротенктердегіден едәуір жоғары;**
- **Электр энергиясының шығыны – шамамен 0,25–0,35 кВт·сағ/кг O_2.**

Негізгі мәселе:

Шахталы аппараттардағы басты қиындық — қатты бөлшектер мен микрокөпіршіктердің ил қоспасынан бөлінуі.

Бұл мәселені вакуумдық дегазация, флотация немесе ауа үрлеу әдістері арқылы шешуге әрекет жасалғанымен, илдің тұну қасиеттерін едәуір жақсартуға мүмкіндік бермейді.

Сондықтан ең тиімді шешім – екі сатылы тазалау процесін қолдану:

- **Бірінші сатыда — шағын көлемді шахталы аппаратта судың негізгі БПК (биохимиялық оттегіге сұранысын) азайту;**
- **Екінші сатыда — аэротенкте суды толық биологиялық тазалау;**
- **Бұл жағдайда аэротенктің екінші реттік тұндырғышынан алынған белсенді ил қайтадан шахталы аппаратқа қайтарылып беріледі, яғни жүйе айналмалы (рециркуляциялық) түрде жұмыс істейді.**

Фильтротенктер мен мембраналық (био)реакторлар

Тотығу қабілетін арттырудың әсері — ағын суларды тазалау кезінде белсенді илдің концентрациясын фильтрация арқылы бөлу есебінен арттыру арқылы қол жеткізіледі.

Фильтротенктер

Фильтротенктерде сүзгілеуші элементтер ретінде торлы насадкалар, синтетикалық маталар және басқа да ірі кеуекті материалдар қолданылады.
Негізгі мәселе:
Мұндай сүзгілер ил массасымен тез бітеліп қалады, сондықтан әр 0,5–1 минут сайын сүзгіні ауа немесе тазаланған сумен кері үрлеу (регенерация) қажет.

Мембраналық биореакторлар (МБР)

Мембраналық реакторларда сүзгілер ұсақ кеуекті (0,05–0,1 мкм) полимерлік, керамикалық немесе металлокерамикалық мембраналардан жасалады.
Бұл мембраналар жоғары өткізгіштікке ие және фильтротенктердегі сүзгілермен салыстырғанда илмен бітелуге әлдеқайда аз бейім.
Мембраналық жүйелер екі түрге бөлінеді:

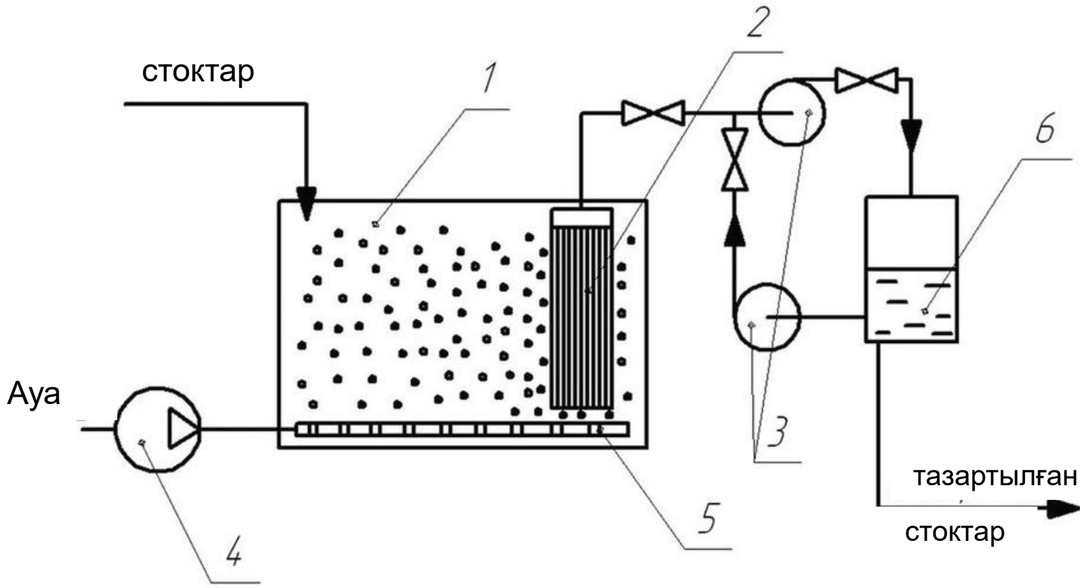
1. **Суға батырылған мембраналық модульдер (погружные модули) –**
2. **Сыртқы (құрғақ) мембраналық модульдер (выносные модули) –**

Мембраналық биореакторлар қазіргі уақытта ағын суларды терең биологиялық тазалаудың ең тиімді технологияларының бірі болып саналады, өйткені олар:

- **судан бактериялар мен қатты бөлшектерді толықтай бөледі;**
- **жоғары сапалы тазаланған суды алуға мүмкіндік береді;**
- **процестің компакттылығын және автоматтандыру деңгейін арттырады.**

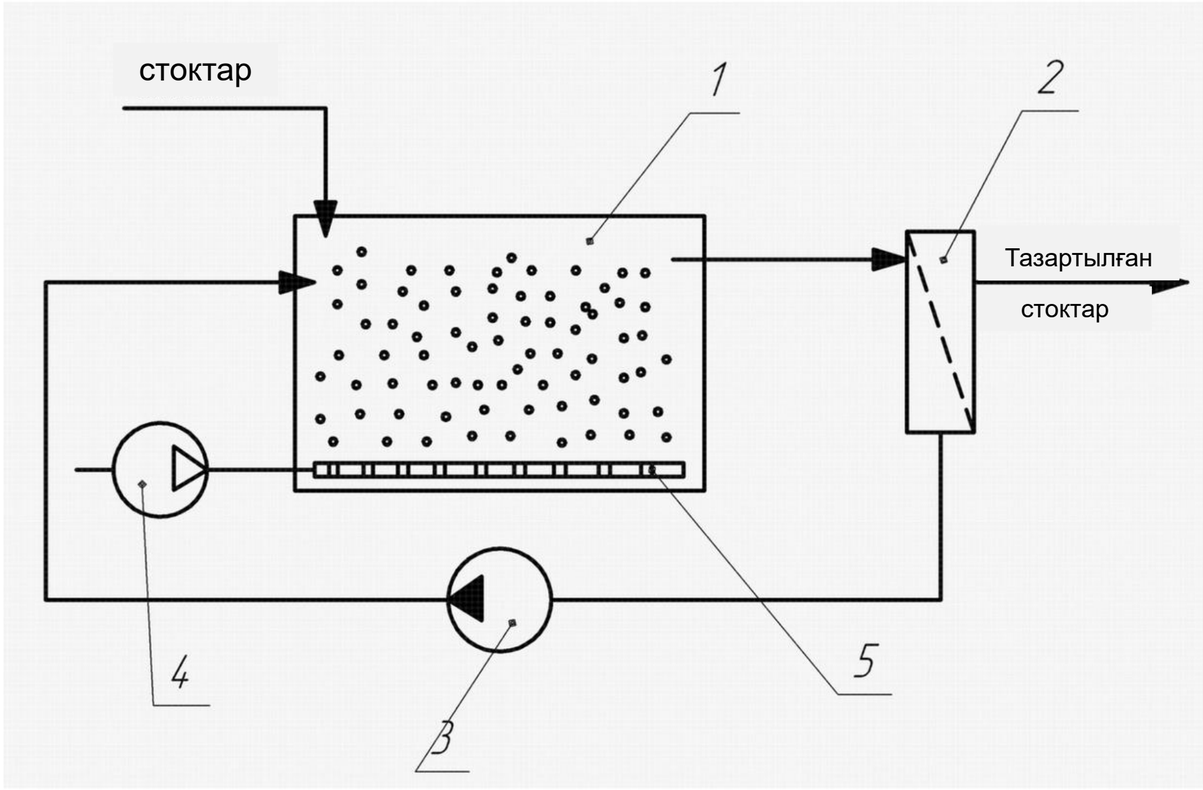
Суға батырылған мембраналық модулі бар мембраналық биореактордың жұмыс принципі

1 – аэротенк (биореактор) — мұнда ағын судағы органикалық ластаушылар белсенді илдің көмегімен аэробты түрде тотығады (биологиялық тазалау процесі жүреді);
2 – мембраналық аппарат — аэротенктің ішінде орналасқан сүзгілеуші блок; ол белсенді ил мен суды бөледі, нәтижесінде тек тазаланған су мембрана арқылы өтеді;
3 – насостар — тазаланған суды мембрана арқылы сорып алып, ары қарай шығару жүйесіне жеткізеді;
4 – компрессор — биореакторға және мембраналық модульге ауа беріп, оттегімен қамтамасыз етеді;
5 – аэратор — компрессордан келген ауаны ұсақ көпіршіктер түрінде биореакторға таратып, микроорганизмдердің тыныс алуына жағдай жасайды және мембрананың бітелуін болдырмайды;
6 – тазаланған судың ыдысы (резервуары) — мембрана арқылы өткен және барлық қатты бөлшектерден толық тазаланған суды жинауға арналған.



Сыртқы (құрғақ) мембраналық модулі бар мембраналық биореактордың жұмыс принципі

1 – аэротенк (биореактор) — мұнда ағын судағы органикалық ластаушылар аэробты микроорганизмдердің (белсенді илдің) әсерінен биологиялық тотығуға ұшырайды;
2 – мембраналық аппарат — аэротенктен тыс орналасқан жеке блок; ол судан белсенді ил мен басқа да қатты бөлшектерді бөледі;
3 – насос — аэротенктегі қоспаны мембраналық аппаратқа айдайды және тазаланған суды жүйеден шығарып отырады (айналмалы циркуляцияны қамтамасыз етеді);
4 – компрессор — аэраторға ауа беріп, биореактордағы микроорганизмдерді оттегімен қамтамасыз етеді;
5 – аэратор — компрессордан келген ауаны ұсақ көпіршіктерге айналдырып, судың оттегімен қанығуын және органикалық заттардың қарқынды тотығуын қамтамасыз етеді.



Мембраналардың ластануын болдырмау және мембраналық реакторлардың артықшылықтары мен кемшіліктері

Мембраналық реакторлардың артықшылықтары:

- ***Жоғары өнімділік – суды тазалау жылдамдығы мен тиімділігі жоғары;***
- ***Нитрификация процесінің тиімді өтуі – нитрификатор бактериялары шайылып кетпейді, сондықтан азот қосылыстарының тотығуы толық жүреді;***
- ***Жоғары сапалы пермеат – мембранадан өткен су мөлдір, құрамында қатты бөлшектер болмайды, санитарлық талаптарға сай келеді;***
- ***Жүйенің ықшамдылығы – қалалық жағдайларда және жер тапшылығы бар аудандарда орнатуға өте ыңғайлы.***

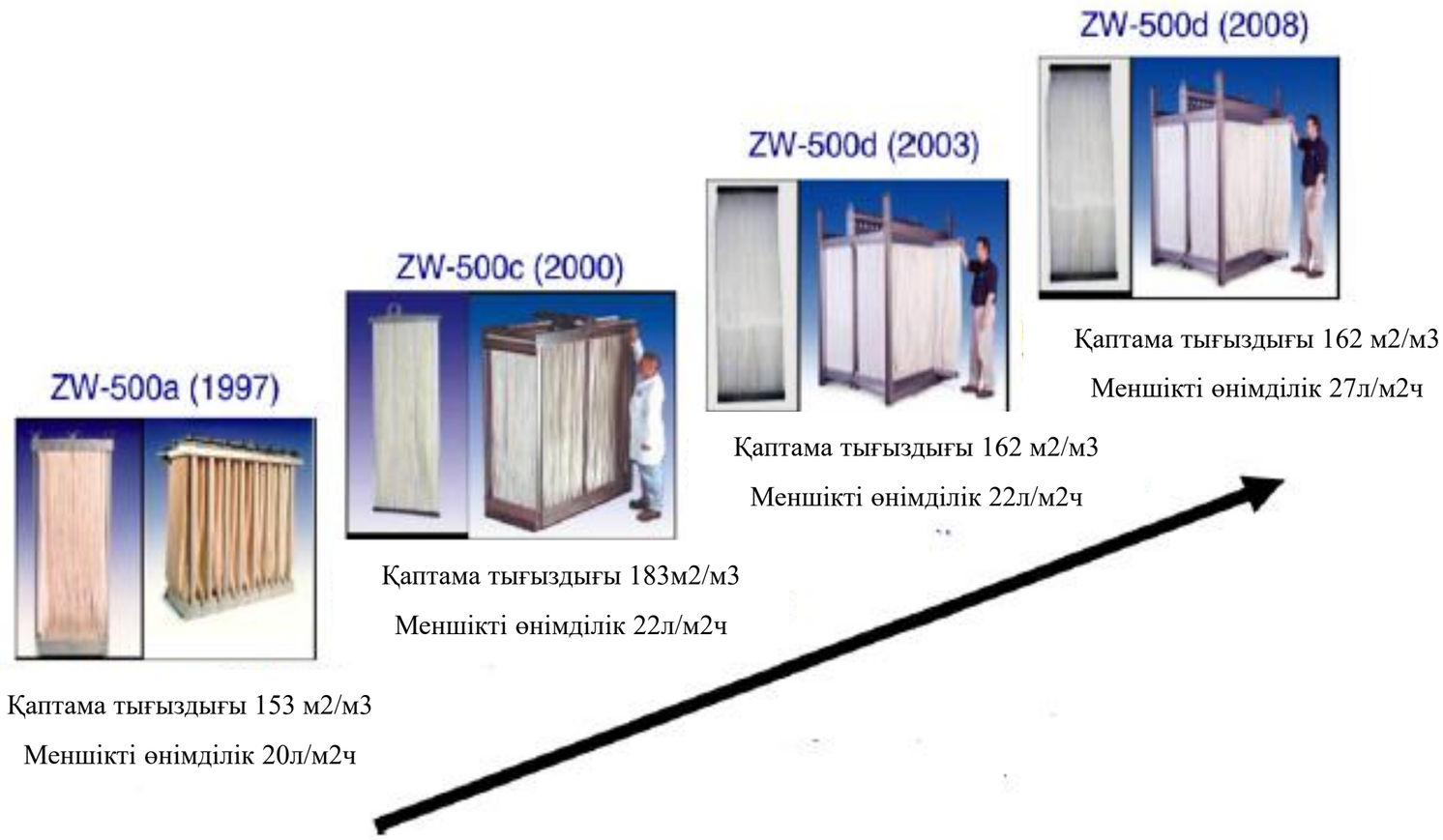
Кемшіліктері:

- ***Күрделі инженерлік-техникалық қамтамасыз етуді қажет етеді, кей жағдайда ірі бөлшектерді ұстайтын префильтрлерді орнату қажет;***
- ***Мембраналардың ластануы мен биообрастануы (микроорганизмдердің қабат түзуі) – олардың өткізгіштігін төмендетеді және тұрақты тазалауды қажет етеді;***
- ***Энергия шығыны жоғары – сұйықтықты мембраналық модульдер арқылы айдау және мембраналарды химиялық реагенттермен тазалау қосымша энергия талап етеді;***
- ***Жоғары бастапқы капиталдық шығындар – мембраналардың өздері мен жүйенің техникалық компоненттері қымбат.***





Испаниядағы қоқыс полигондарының инфильтрациялық суларын тазалауға арналған құрғақ (сыртқы) мембраналық қондырғысы бар BIOMAR® OMB аэротенкі.
Сол жақта – нитрификация реакторы,
оң жақтағы артқы бөлікте – илді бөлуге арналған мембраналық қондырғы орналасқан.

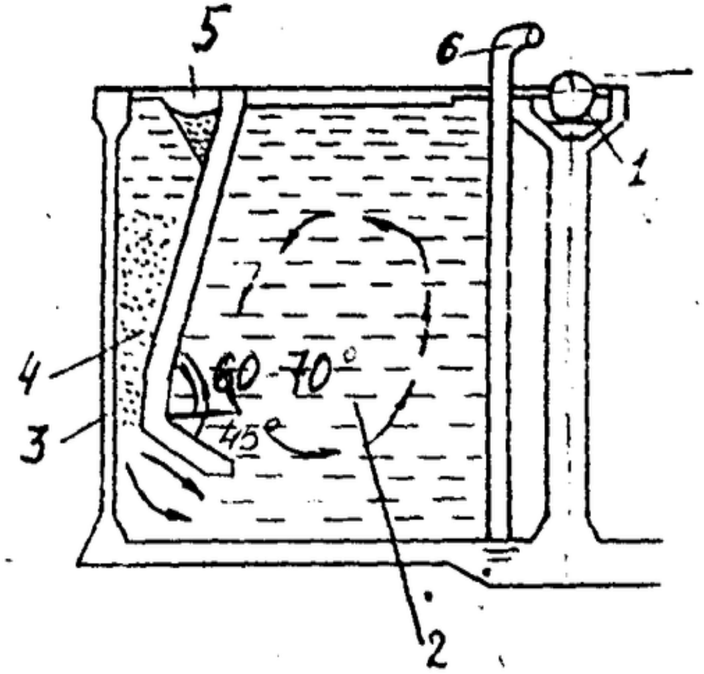


Zenon компаниясының стандартты батыруға арналған блоктары 1997–2008 жылдар аралығында

Комбинирленген құрылыстар

Бір блокта био-тотығу және тұндыру процестерін біріктіреді. Мұндай жүйелерге аэротенк-тұндырғыштар (аэроакселераторлар) және тұндырғыш-ағартқыштар жатады.

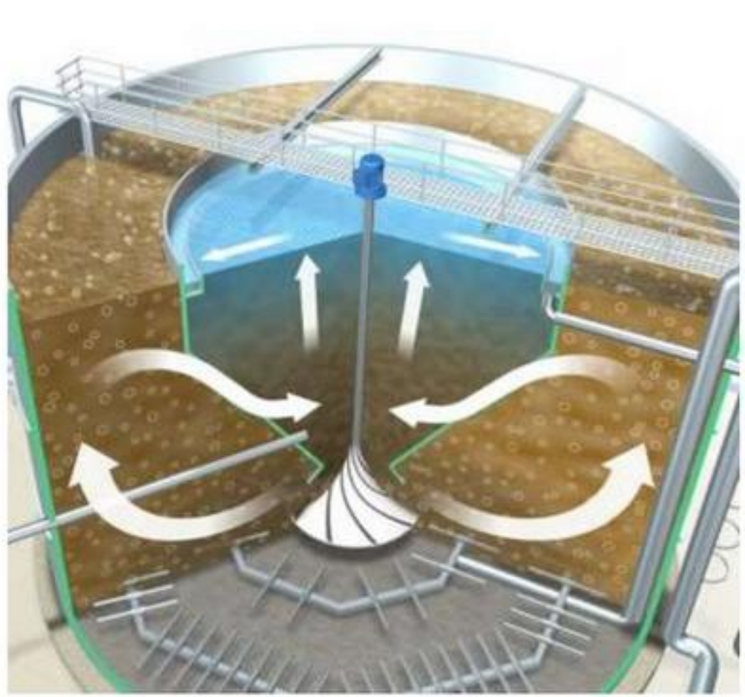
Аэротенк-тұндырғыш — бұл екінші тұндырғышпен біріктірілген біртұтас құрылыс. Мұндай шешім ағынды суларды белсенді илдің салыстырмалы түрде жоғары концентрациясында (4–5 г/л) тиімді тазалауға мүмкіндік береді, құрылыс алатын аумақты едәуір азайтады және капиталдық шығындарды төмендетеді.



Аэротенк-тұндырғыштың сызбасы:
1 – бастапқы ағынды суды беру құбыры;
2 – аэротенк;
3 – тұндырғыш;
4 – қалқан (бөліктерді бөлетін қабырға);
5 – тазартылған судың жинақтаушы науасы;
6 – ауа өткізгіш (ауа беру жүйесі).

Аэротенк-тұндырғыштың көлемі кәдімгі аэротенк пен екінші тұндырғыштың жалпы көлемінен шамамен 20% аз.

Аэроакселераторлар орталықта орналасқан аэрация аймағынан және шеткі тұндыру аймағынан тұрады немесе керісінше — орталық бөлігі тұндырғыш болып, ал перифериялық бөлігі аэрация аймағы ретінде қызмет атқарады.



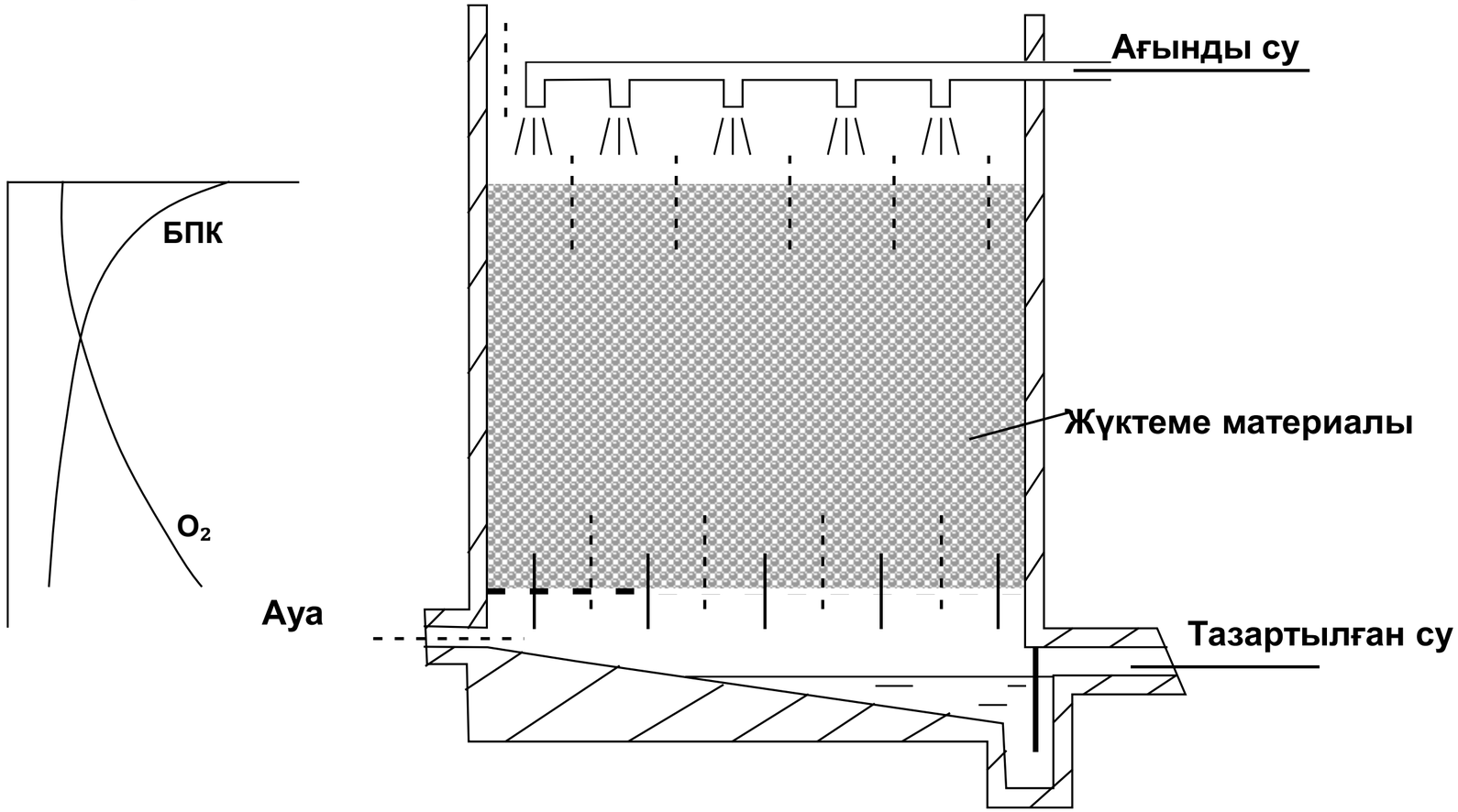


Екінші тұндырғышы біріктірілген аэротенк — бұл ағынды суды тазалау мен тұндыру процесі бір құрылғыда қатар жүретін кешенді қондырғы.

Аэробты тазалау биопленка арқылы

Биофильтрлер

Ең кең таралған түрі – перколяциялық биофильтрлер. Мұндай құрылғыларда су жоғарғы жағынан жүктеме материалына (перколяциялық қабатқа) беріледі, ал ауа төменнен жіберіледі.



Мәжбүрлі аэрациясы бар перколяциялық биофильтрдің сызбасы

Перколяциялық биофильтрлер аэротенктерден айырмашылығы — микробтық пленкадан ажыраған бөлшектерді қайта айналымға жібермей жұмыс істейді. Бұл бөлшектер жеке тұндырғышта шөгеді және лай жинайтын алаңдарға шығарылады. Сонымен қатар, құрамында көп мөлшерде қалқымалы бөлшектер бар суды биофильтрдің басына қайта беру оның тез бітелуіне (лайлануына) әкелуі мүмкін.

Жүктемеге қойылатын талаптар:

- **жүктеме материалы (пластмассадан басқа) табиғи күйінде тығыздығы 1000 кг/м³-ке дейін болған жағдайда кемінде 0,1 МПа жүктемеге төтеп беруі, кемінде 10 цикл тоңазу мен еріту сынақтарынан өтуі, 5%-дық тұз қышқылы (HCl) ерітіндісінде 1 сағат бойы қайнатуға, сондай-ақ қаныққан натрий сульфаты ерітіндісімен кемінде бес рет сіңдіруге төзімді болуы тиіс;**
- **айтарлықтай зақымдануға ұшырамауы немесе бастапқы массасынан 10%-дан артық азаймауы керек;**
- **жүктеме биіктігі бойынша біртекті ірілікте болуы тиіс, тек төменгі тірек қабаты (биіктігі 0,2 м) үшін ірілеу жүктеме қолданылуы қажет;**
- **биофильтрді дайындау мен орнатуға арналған шығындар төмен болуы тиіс.**

Жүктеменің ең маңызды сипаттамалары: меншікті беті (м²/м³) және кеуектілігі (көлем бойынша %). Көптеген жүктеме түрлерінің меншікті беті 50–200 м²/м³ аралығында болады.
Тамшылы биофильтрлерде меншікті беті 80 м²/м³ болатын қиыршық тас жүктемесінің бетінде 1 м³ жүктемеге 10–40 кг мөлшерінде бекінген биомасса түзіледі.

Жүктеме: көлемдік және беткі (пластиналық) түрлері болады.

Көлемдік жүктеме минералды материалдардан дайындалады: гранит, қиыршық тас, берік тау жыныстарынан алынған шағыл тас, кокс, сондай-ақ кеуекті материалдар (шлак, пемза) тығыздығы 500–1500 кг/м³ және кеуектілігі 40–50%.

Көлемдік жүктемемен бірге тамшылы, жоғары жүктемелі және мұнаралы (башенный) фильтрлер қолданылады.

Қалалық сарқынды суларды тазарту кезінде көлемдік жүктемесі бар биофильтрлердің жұмыс көрсеткіштері төмендегідей болады.

Биофильтр	Жүктеме бөлшектерінің диаметрі, dжүк., мм	Биіктігі, м	Жүктеме			Кіріс $БПК_5$ концентрациясы
			Суға қатысты меншікті өнімділік, $м^3/м^3 \cdot тәул.$	Жалпы су бойынша өнімділік, $м^3/тәул.$	$БПК_5$ бойынша жүктеме, $г/м^3 \cdot тәул.$	
Тамшылы Жоғары жүктемелі мұнара	20–40 40–70 60–100	1–3 2–4 8–16	0,5–2 10–30 30–50	до 1000 30–50 тыс. 30–50 тыс.	50–400 300–1000 800–1500	□200–300 □200–400 □300–500

Беткі (пластиналық) жүктеме:

- **Қатты себілмелі (жесткая засыпная) – сақиналар, құбыр кесінділері және т.б. түрінде;**
- **Қатты блоктық (жесткая блочная) – кезектесіп орналасқан тегіс және гофрленген парақтардан жиналған торлар немесе блоктар түрінде;**
- **Жұмсақ (мягкая) – металл торлардан, пластмассалы қабықшалардан немесе синтетикалық маталардан (нейлон, капрон) жасалады, олар арнайы қаңқаларға бекітіледі немесе рулон түрінде салынады.**

Перколяциялық фильтрлердің артықшылықтары:

- қарапайым құрылым;
- сенімді жұмыс істеуі;
- пайдалану шығындарының аздығы;
- аэротенктермен салыстырғанда энергия шығынының төмендігі;
- аэротенктерге қарағанда биомассаның артық мөлшерінің аз түзілуі;
- барлық органикалық қоспаларды дерлік толық жою мүмкіндігі;
- қондырғыны ұзақ уақыт (30–50 жыл) пайдалану мүмкіндігі;
- тазаланатын ортада азот пен фосфор тапшылығының әсері аз байқалады, өйткені микроорганизмдердің басым бөлігі иммобилизацияланған күйде болады;
- нитрификация және денитрификация процестерінің дамуы, артық азоттың жүйеден шығарылуы;
- аэротенктермен салыстырғанда төмен температура мен залпылы ағызуларға төзімдірек, себебі иммобилизацияланған микроорганизмдер өз белсенділігін еркін жасушаларға қарағанда ұзағырақ және уытты ластаушы заттардың жоғары концентрацияларында да сақтай алады.

Перколяциялық биофильтрлердің кемшіліктері:

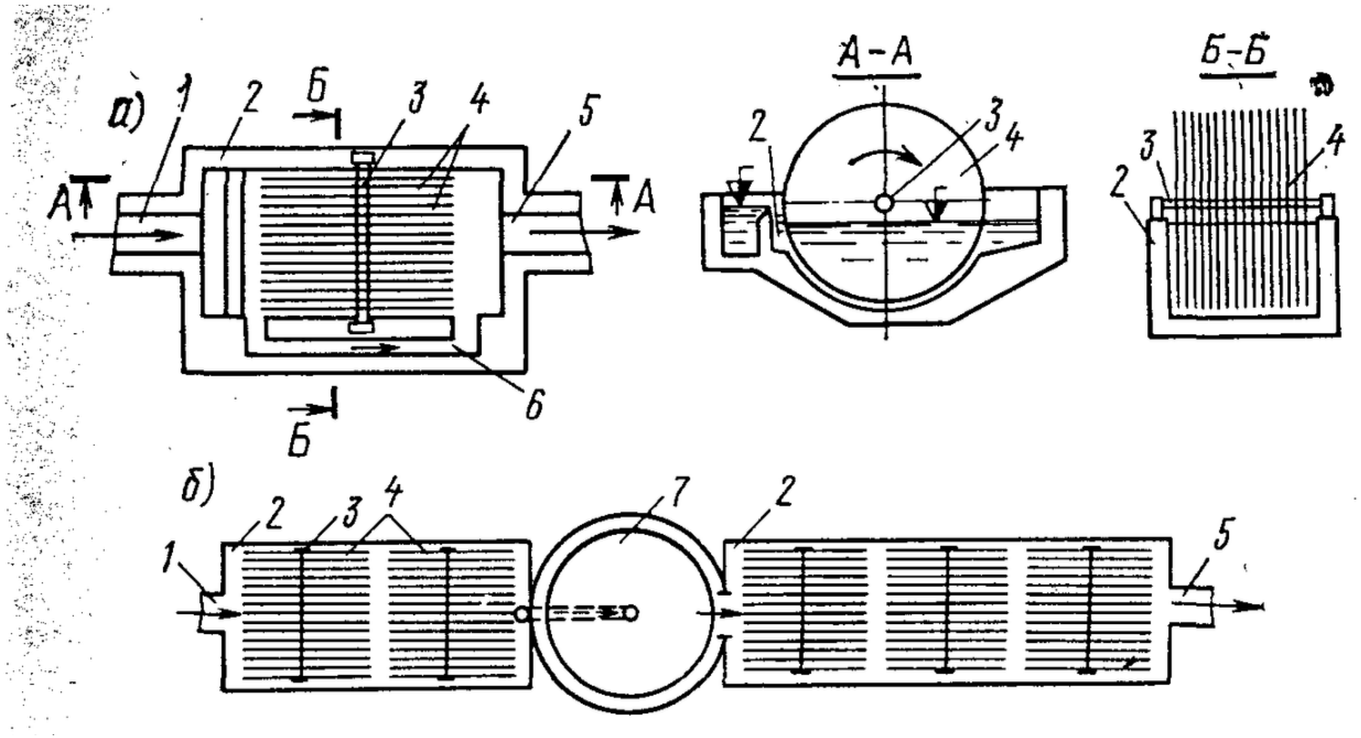
- ағынды сулардағы ластағыштардың жоғары концентрациясы кезінде оттегінің ауадағы биопленкаға дейінгі массалық тасымалындағы диффузиялық шектеулерге байланысты биохимиялық тотығу процесі баяу жүреді, сондықтан перколяциялық биофильтрлердің тотығу қуаты аэротенктерге қарағанда едәуір төмен;
- микроорганизмдердің шамадан тыс көбеюі және биофильтрдің лайлануы (заиливаниесі);
- көлемдік жүктемелі биофильтрге берілетін ағынды судың ластану концентрациясы шектен аспауы тиіс: тамшылы биофильтрлер үшін — 200–300 мг БПКп/л, мұнаралық (башенный) биофильтрлер үшін — 300–500 мг БПКп/л;
- биофильтрге берілетін ағынды суларды алдын ала ірі қалқымалы бөлшектерден тазалау қажет (флокуляция, алғашқы тұндырғыштарда шөктіру арқылы);
- биофильтр бетіне ағынды суды біркелкі шашыратып беру қажет; су бетін біркелкі суландыру үшін сұйықтық шағын аралықтармен, үзіліспен және фильтр беті бойынша біркелкі таратылып беріледі;
- қарсы ағынды жүйеде (су мен ауа қарама-қарсы бағытта қозғалғанда) биофильтрдің жоғарғы бөлігіндегі оттегіге бай аймақта тез өсетін микроорганизмдер көмірқышқыл газымен қаныққан, бірақ оттегі азайған ауамен байланысады. Бұл кемшілік тік ағынды (жабық) биофильтрлерде болмайды, себебі мұнда су мен ауа бір бағытта — жоғарыдан төменге қарай қозғалады. Алайда мұндай тік ағынды биофильтрлердің конструкциясы қарсы ағынды түрлерге қарағанда күрделірек;
- шіріген биопленкадан шығатын жағымсыз иіс пен шыбын-шіркейдің көптеп көбеюі байқалуы мүмкін. Сондықтан мұндай қондырғылар тұрғын үйлерден алыс жерде орнатылады. Дұрыс пайдалану кезінде лайлану, шіру, жағымсыз иіс пен жәндіктердің көбеюі байқалмайды.

Қолданылу тиімділігі:

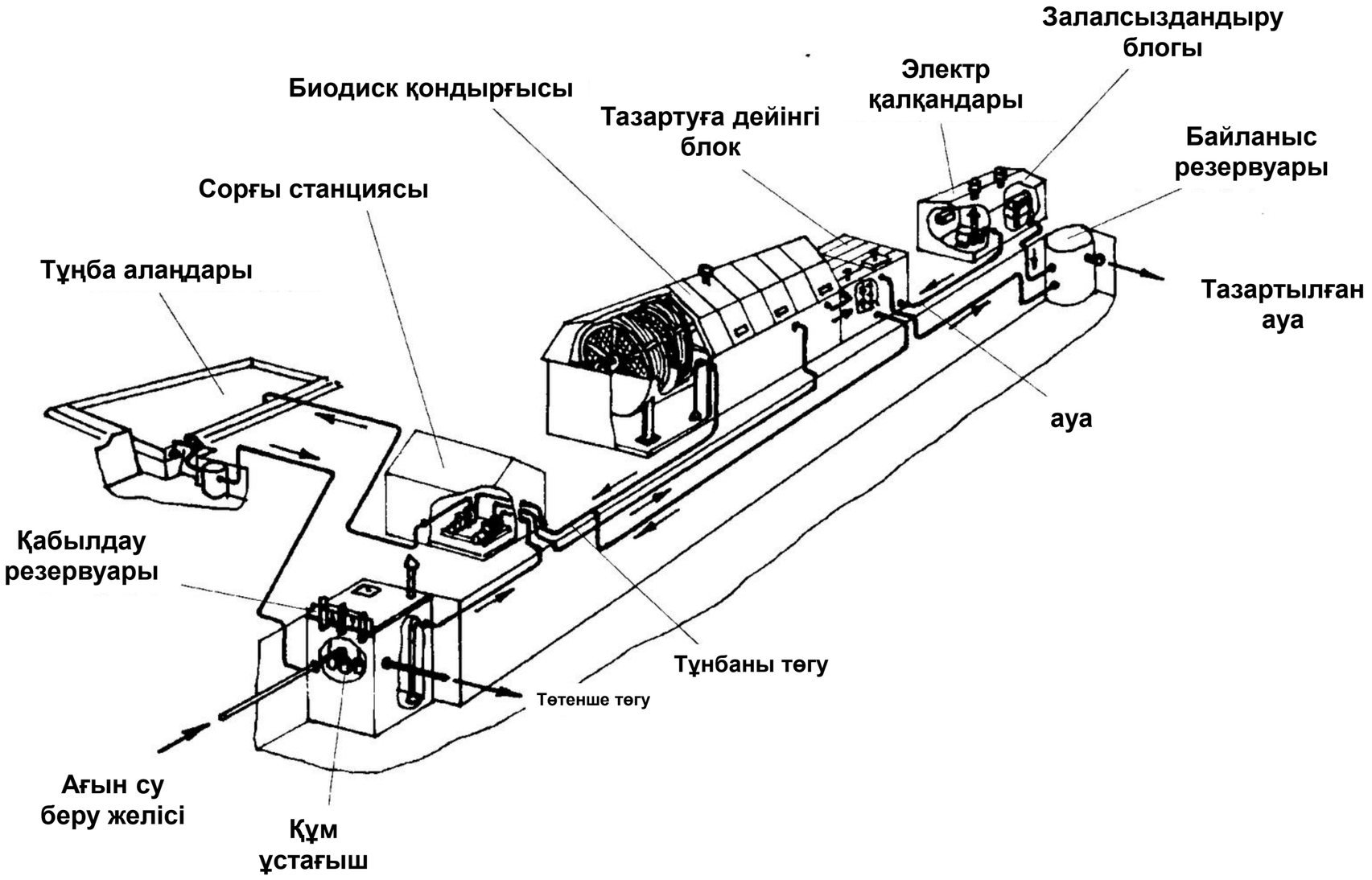
Перколяциялық биофильтрлер салыстырмалы түрде аз көлемдегі ағынды суларды тазарту кезінде ғана экономикалық тұрғыда тиімді, себебі оларды орнату үшін үлкен аумақ қажет.

Батырылған сүзгілер, биодискілер, биобарабандар (биологиялық контакттар)

Айналмалы дискілері бар биофильтрлер – биодискілер

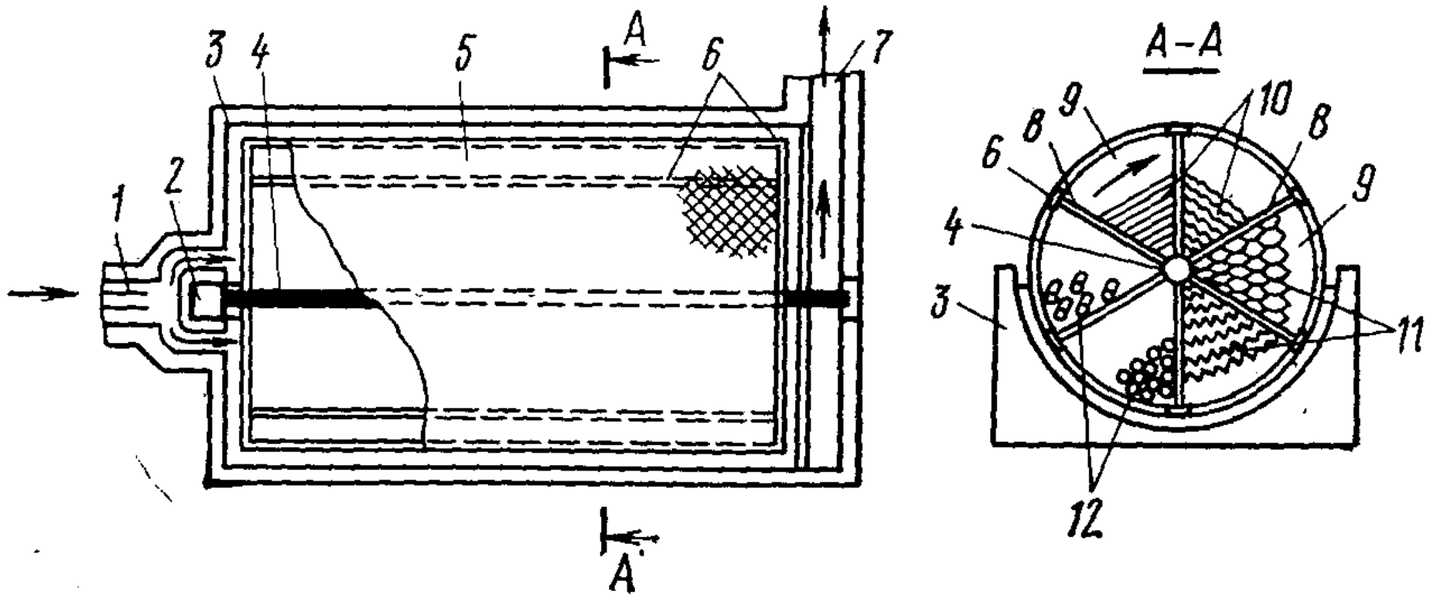


Биодискілердің сызбасы:
а – бір сатылы батырылған;б – аралық тұндырғышы бар бес сатылы батырылған;
1 – кіріс науасы; 2 – резервуар; 3 – білік; 4 – дискілер; 5 – шығыс науасы; 6 – аралық арна; 7– тұндырғыш.



«Биодиск» қондырғысы — ағын суларды тазартуға арналған құрылғы

Биобарабандар



Бір секциялы батырылған барабанды биофильтр:
1 – кіріс науасы; 2 – редукторлы электрқозғалтқыш; 3 – резервуар; 4 – білік; 5 – металл тордан жасалған барабан; 6 – қаттылық қаңқасы; 7 – шығыс науасы; 8 – қалқалар; 9 – барабан секторлары; 10 – жазық және гофрленген жүктеме парақтары; 11 – жүктеме блоктары; 12 – толтырғыш материал (пластмасса шариктері, құбыр қиықтары және т.б.).



Батырылған барабанды биофильтр — биопленканың түзілуін жеңілдететін материалмен қапталған беті бар пластикалық біліктері мен биомасса тасымалдаушылары бар құрылғы.

Биодискілер мен биобарабандардың артықшылықтары:

- **биопленка бетінің бір өлшеміне шаққандағы биохимиялық тотығу жылдамдығы жоғары;**
- **биопленканың қалыңдығын реттеуге мүмкіндік бар;**
- **энергия шығыны өте аз, тек диск мойынтіректеріндегі үйкеліс пен биопленкамен жабылған дисктерде жиналған ағын судың салмағынан туындайтын теңгерімсіздікке байланысты; мұндай жүйенің энергия сыйымдылығы аэротенктерге қарағанда 3–3,5 есе төмен (1 кг алынған $БПК_5$-ке 0,3 кВт·сағ аспайды);**
- **пайдалануда қарапайым;**
- **судың қозғалысы кезінде үлкен биіктік айырмасын қажет етпейді (басқа биофильтрлердегідей), ал егер 0,5–0,7 м деңгей айырмасы болса, диск пакеті судың құлау энергиясының есебінен айнала алады;**
- **ағын су шығыны мен концентрациясының ауытқуларына аса сезімтал емес;**
- **ағын су келмей қалған жағдайда да биоценоздың өлуінсіз ұзақ уақыт жұмыс істей алады, бұл аз қуатты қондырғылар үшін өте маңызды;**
- **аэротенктермен салыстырғанда уытты заттарға төзімдірек;**
- **артық биомасса мен тұнбаның түзілуі аз;**
- **ағын судың қысқа мерзімді көптеп түсуі тазарту сапасына айтарлықтай әсер етпейді; мұндай биофильтрлердің өткізу қабілеті тек ұзақ уақыттық шамадан тыс жүктеме кезінде ғана төмендейді.**

Биодискілер мен биобарабандардың кемшіліктері:

- **аэротенктермен салыстырғанда тотығу қуаты едәуір төмен, себебі дискілі биофильтрлерде бір көлем бірлігіне шаққандағы биомасса мөлшері әлдеқайда аз;**
- **нитрификация және денитрификация процестері аэротенктермен салыстырғанда баяу жүреді, сондықтан биодискілер азотты қажетті деңгейде кетіруді қамтамасыз ете алмайды;**
- **мұндай жүйелерде еріген оттек мөлшерін реттеу және тұрақты ұстап тұру техникалық жағынан мүмкін емес;**
- **ұзақ уақыт пайдаланған жағдайда дискілер арасындағы кеңістік пен биобарабандардың жүктемесі шырышты масса арқылы бітеліп, соның салдарынан тазарту тиімділігі төмендеп, шіріген иіс пайда болуы мүмкін;**
- **материал сыйымдылығы жоғары, сондықтан олар көбіне шағын нысандардың (ауруханалар, кемпингтер, ауыл шаруашылығы фермалары) жергілікті ағын суларын тазарту үшін (тәулігіне 500–1000 м³ дейін) немесе аз қуатты өндірістік тазарту құрылыстарында аэротенктен кейінгі қосымша тазарту сатысы ретінде қолданылады.**