1. **Глоссарий**
2. **Дәрістер**
3. **Практикалық сабақтар**
4. **Студенттің өзіндік жұмысы**
5. Глоссарий

ОӘК келесі терминдер мен оларға сәйкес анықтамалар қолданылады.

**Аэротанктар** – макро деңгейде толық араластыратын жүйеге негізделген, стационарлық жағдайда жұмыс істейтін, үзіліссіз әрекет ететін ағында реактор.

**Анаэробты биофильтр** – лайлануды болдырмау үшін ірі саптамамен жабдықталған, ағын суларын тазартуда қолданылатын сұйық ағыны бар қарапайым фильтр.

**Тамшылы биофильтрлер** – қозғалмайтын биопленкасы бар, кең тараған аппарат түрі. Бұл реактор қозғалмайтын қабатты және ауа мен сұйықтыққа қарсы тоқтан тұрады.

**Қатты қалдықтар** – Бұл қалдықтар су жүйесін ластанудан тазарту кезінде қалыптасады және олардың қалыптасуынан пайда болған мәселелер су ластануынан жер ластануына ауысады.

**Флокуло түзуші** – бактерия агрегациясы кезінде – флокула, ал қатты қабатта тығаз бактериалды пленка түзіледі. Бұл – адгезионды қосылыстар бактериалды клетканың ағу құбылысы болып табылады.

**Соокисление және кометоболизм** – “соокисление”, “кометоболизм” және ”кездейсоқ тотығу” терминдері өспейтін микрооргонизмдер субстраттарындағы тотығу және деградация процесін сипаттау үшін қолданылатын , бір- біріне жақын синоним сөздер.

**Біріншілік тұнба** – біріншілік тұндырғышта түзіледі. 3 – 4% концентрация мөлшеріндегі шикізатты қатты заттарды құрайды.

**Гуммильді тұнба** – тамшылы биопленканың артық биопленкасы, әдеттегі концентрациясы – 2%.

**Белсенді тұнба** – ағынды суларды белсенді тұнбамен тазартудан түзілетін флоккулилді биомасса (бактерия + қарапайымдар). Концентрация мқлшері 8-12г/л.

**Екіншілік бірге тұндырылған тұнба** – белсенді немесе гуммильді тұнба. Біріншілік тұндырғышта тұнған, біріншілік және екіншілік қатты өнімдердің қоспасы.

**Ылғалды тұнба** – ешбір тәсілмен алынбаған. Көп жағдайда бұл термин біріншілік немесе бірге тұндырылған тұнбаға жатады.

**Тұнба модификациясы** – сүзуді жақсарту мақсатында тұнбаны алдын ала өңдеу. Коагулянттар мен флокулянттар сияқты әрекет ететін химикаттарды қосуарқылы жүретін процесс. Мұндай реогенттер ретінде бейорганикалық тұздар (әк, темір хлориді, темір сульфаты, албминий хлоргидраты) немесе таңдалып алынған органикалық полимерлер пайдаланылады.

**Анаэробты ашыту** – соңғы өнім негізінен көміртегі диоксидінен метаннан тұратын ферментативтік процесс. Бұл процесс жоғарғы және төменгі температурада жүзеге асады, бірақ мезофильді ашыту кеңінен қолданылады.

**Тұнба ликвидациясы (жою)** – келесі әдістер арқылы жүзеге асады: топыраққа көму, теңізге көму, күйдіру.

**Клеткалық иммобилизация** – клеткалар қандайда бір қабатқа жабысып, сол қабаттың гидродинамикалық сипаты сыртқы ортаның сипатынан айрықша болуын қамтамасыз ететін процесс.

**Бактериальді сілтісіздендіру** – байытатын фабрикаларда, минералды концентраттарда, сондай – ақ тау жыныстарында кездесетін минералды экстраттар немесе металлеріту процесін сипаттауда қолданылатын термин. Көп жағдайда металл көзі болып құрамында металдар, минералды сульфиттер түрінде кездесетін рудалық денелер табылады.

**In situ сілтісіздендіру** – шахтаның көмегінсіз жерден минералды ажыратпай сілтісіздендіру.

**Компостирлеу** – бұл биологиялық тотықтырудың экзотермиялық процесі. Процесс нәтижесінде жоғары температура мен ылғалдылық жағдайында құрамында аралас микрооргонизмдер популяциясы бар органикалық субстрат аэробты биодеградацияға ұшырайды.

1. **Ағын сулардығы негізгі сипаттамасы.**

Қоршаған ортаны қорғау туралы мәселе мәдениетті қоғам пайда болғаннан бері белгілі. Адамның өндірістік, ауыл шаруашылықтық және тұрмыстық әрекеті нәтижесінде қоршаған ортаның биологиялық, химиялық, сондай – ақ физикалық құрамы үнемі өзгеріске ұшырап және де бұл өзгерістердің басым көпшілігі қоршаған орта үшін жағымсыз болып табылады. Қоршаған ортаны қорғауда және оның жағдайын бақылауда биотехнолагияның тигізетін әсері алуан түрлі болатындығына үміттенеміз. Бұл бағытқа қарапайым мысал, қалдықтарды қайта өңдеудің жаңа тым жетілген әдістерін енгізу, бірақ қазіргі уақытта биотехнология тек бұл әдеппен шектеліп қоймайды. Себебі оның химиялық өндірісте және ауыл шаруашылығындағы көптеген мәселелерді шешуде маңызы зор.

Бұл пәнде біз қалдықтарды қайтадан өңдеу мәселелерімен қатар, биотехнологияның қазіргі уақытта және келешекте маңызды рөлі туралы қарастырамыз.

Сондай – ақ жақында пайда болған, қоршаған ортаға қауіп төндіретін – мұнайлы ластану және ксенобиотиктердің таралу жолдарымен күресуде биотехнологияның маңызына тоқталамыз.

Қазіргі уақытта өндірісте микрооргонизмдердің тіршілік әрекетін пайдаланып жабық жүйелер құру, ағын сулардың ластануын бақылау, альтернативті энергоресурстарды және химиялықәшкә заттарды қолдану сияқты түрлі салалары дамуда; бұл процестердің барлығы ауыл шаруашылығында кеңінен қолданыс табуда.

Осындай әрекеттердің барлыға дамушы елдерде “Мақсатты технология” деген атпен белгілі, ол миллиондаған адамның өмір сүру деңгейін, сапасын едәуір мөлшерде жоғарылатуға негізделген. Бұл жаңа биотехнологиялық процестердің масштабы мен олардың қоршаған ортаны қорғауда түрлі мәселелерді шешуде қолдану таңқаларлық болуы мүмкін. Мысалы: қалдықтарды қайталап өңдеу үшін сыйымдылығы 4000 – 5000$м^{3}$ болатын үлкен биореакторлар салынды. Мұндай реакторларда бактерия концентрациясы 1мл – ға 103 – 109 клетка болуы мүмкін. Сондықтан биотехнологтар өз құзырына “биотехнологиялық энергияның” қуатты көзін жеткілікті мөлшерде ала алады.

Қалдықтарды биотехнологиялық жолмен өңдеу бірқатар пәндермен – биохимия, генетика, химия, микробиология, химиялық технология және есептеу технологиясымен байланысты. Жоғарыда аталған пәндердің күші 3 негізгі бағытқа топтастырылған:

1. Органикалық және бейорганикалық токсинді қалдықтардың

деградациясы;

1. Көмірсу, азот, фосфор және күкіртайналымына қажетті шикізат

мөлшерінің өсуі;

3. Органикалық отынның құнды түрлерін алу;

2.Ағынды сулардың негізгі сипаттамасы.

Ағынды сулардың ластануы табиғат пен оларды ластайтын шикізаттың қайнар көзіне байланысты. Ағынды сулар өндірістік және тұрмыстық деп бөлінеді. Тұрмыстық ағынды сулар көше қалдықтарымен, жуғыш құралдармен, сондай – ақ экскременттармен ластанған. Суда олар суспензиялы қатты және ұшқыш зат күйінде кездеседі. Суспензиялы қатты заттардың басым көпшілігі целлюлоза тектес, ластағыш органикалық компоненттерден, май қышқылынан, көмірсудан, ақуыздан тұрады. Ағынды суларды соңғы аталған өнімдердің ыдырауы нәтижесінде жағымсыз иіс пайда болады. Мұндай сулардың микрофлорасы әр алуан. Бұлардың ішіне ішек және топырақ микроорганизмдердің бірқатар түрі енеді: аэробты, облигатты дәне факультативті анаэробты. Олар ашытқы бактериялар, саңырауқұлақтар, зеңдер мен вирустар қатарына жатады.

Өзін тексеруге арналған сұрақтар:

1 . Ауыл шаруашылығының қандай салаларында экологиялық биотехнология әдістері қолданылады?

2. Қандай қатты қалдықтарды білесің?

3. Тұрмыстық ағынды сулардың негізгі сипаттамасы?

4. Өндірістік ағынды сулардың негізгі сипаттамасы?

Ұсынылатын әдебиеттер:

1. Экологиялық биотехнология: ағылшыннан аударма/ К.Ф Фостер, Д.А Дж. Вейз. - Химия. 1990 – 348 бет.

2. Биотехнология: принциптері мен қолданысы / И. Хиггинс: ағылшыннан аударма. М.:Мир, 1988.

**Лекция № 2. Ағынды суларды тазалаудың биологиялық әдісі**

**Жоспар:**

1. БПК және ХПК бойынша ағынды сулардың негізгі сипаттамасы.

2. Ағынды суларды тазалау жұмыстарының жүрілу схемасы.

3. Ағынды суларды тазалау процестерінің типі.

1. Әр түрлі өнімдерді пайдалану және оларды көп мөлшерде өндіру адамның әрекеті қатысында жүреді, бірақ нәтижесінде бұл әрекеттен түрлі органикалық және бейорганикалық, соның ішінде токсинді қосылыстармен ластанған ағынды сулар пайда болады. Ағынды сулардың құрамындағы физико – химиялық көрсеткішті өндіріс профилі бойынша өңделетін шикізат түрінде байланысты, сондай – ақ өндірістің орналасқан жерінің эколого- географиялық жағдайына байланысты анықтайды. Су қоймаларынакеліп құйылған ағынды сулар судың сапасына, биологиялық тепе – теңдігіне, су ағынына, судың өз арнасынан шығуына әсер етеді. Судың құрамындағы еріген оттегіге, оның рН – на, мөлдірлігіне және түсіне т.б көрсеткіштерге тазаланбаған ағынды су кері әсерін тигізеді. Бұл кері әсерлер судың экожүйесіндегі компоненттер күйіне әсер етіп, өнімділік пен судың өзін – өзі тазалау қабілетін төмендетеді. Қазір арнайы су айдынын ластанған ағын суларынан қорғау ережелері бар. Бұл ереже су қоймалары мен ағынды сулар араласқан нәтижесінде пайда болған көрсеткіштерді нормаға келтіреді. Ең маңызды көрсеткіштерге; 4мг/л кем емес араластырудан кейінгі судың құрамындағы еріген оттегі мөлшері, құрамындағы өлшенген бөлшектердің мөлшері ағын суды құйғаннан кейін 0,25 – 0,75мг/л – ға артық көрсеткішке өспеуі қажет; құрамында шамамен 1000 мг/л минералды тұнба болуы қажет; судың иісі мен дәмі болмауы, рН – 6,5 – 8,5 аралығында; судың беткі қабатында жұқа қабық пен жүзіп жүрген дақтар болмауы; құрамында адам мен жануарларға жеткілікті концентрация шамасында (ЖКШ) ғана улы заттар болуы сияқты көрсеткіштер жатады. Радиоактивті заттарды суға төгуге тыйым салынады. Суық қоймалар өзін – өзі тазалау қабілеттілігіне байланысты суға түскен органикалық заттар $СО\_{2}$ сен $Н\_{2}О$ – ға дейін тотығады. Мұндай процестерге қатысқан оттегі мөлшерін, су құрамындағы қоспаның концентрациясы мен спектрі бойынша анықтайды. БПК5 (5 күндік), БПК20 (20 күндік) және БПК толық деп бөлінеді. БПК толық дегеніміз – су құрамындағы ағынды заттардың толығымен соңғы өнім түзілгенге дейін кеткен тотығу уақыты ағынды сулар БПК – сы 200- ден 3000м – ге $О^{2}$/л жететін комплексті күрделі жүйе болып табылады. Су қоймалары мен ластанған ағынды сулардың араласуы нәтижесінде оттегі қоры толығымен жұмсалады. Сондықтан су қоймаға ағынды суларды құйғанда БПК құйғаннай кейінгі оны санитарлық норма дәрежесінде тазарту қажет.

1. Ағынды суларды тазарту – құрамындағы заттарды, сондай – ақ потагенді микроорганизмдерді жоюға немесе ажыратуға әкелетін әдістер жүйесі. Су қоймаларын өз – өзін табиғи жолмен тазарту барысында ағын сумен бірге түскен заттардың да бұзылуға ұшырауы мүмкін. Бұл процесс барысында заттар концентрациясы, құрылымы құрамы уақыт пен кеңістік бойынша өзгеріске ұшырайды. Сондықтан су қоймаларда табиғи тазарту қондырмаларының маңызы зор. Ағын суларды тазарту схемасын жасау көптеген факторларға байланысты. Бұл схема тазартылған судың қанша мөлшерде өндірісті сумен жабдықтауға және қанша мөлшері су қоймаларына құйылатындыған есептеу үшін қолданылады. Ағын суларды тазартуда бірнеше қондырғы типтері пайдаланылады.

1. Локальды (цехтік)

2. Жалпы (зауыттық)

3. Аудандық (қалалық)

Локальды тазартқыш қондырғылар – технологиялық процестерден кейін тікелей ағын суларды тазалауға арналған. Ағын суларды локальды тазартқыш қондырғылармен су жабдықтау жүйелеріне жібермес бұрын тазартады. Мұндай қондырғыларда әдетте физико - химиялық тазарту әдісін (тұндыру, ректификация, экстракция, абсорбция, ионды алмасу, оттық) қолданады. Жалпы тазалау қондырғылары тазарту жұмыстарынан бірнеше сатыларын біріктіреді:

1. Бірінші (механикалық)

2. Екіншілік (биологиялық)

3. Үшіншілік (тазалауға дейінгі)

Аудандық қондырғылар негізінен ағынды суларды механикалық және биологиядық әдіспен тазартады.

Биологиялық талдау әдісі микроорганизмдердің ағынды сулардағы түрлі қозғалыстарды өздерінің субстраты ретінде пайдалану әрекетіне негізделген. Бұл әдістің құндылығы оның ағын су құрамындағы органикалық және бейорганикалық кең спектрлі заттарды жоюында жатыр. Алайда бұл әдістің ойдағыдай жүруі үшін тазалау қондырғыларының құрылысына көп мөлшерде қаржы бөлу қажет. Тазарту процесі барысында тазалаудың технологиялық режимін қатаң сақтау және микроорганизмдердің ластанудың жоғары концентрациясына өте сезімтал келетінін ескеру қажет. Сондықтан биологиялық тазарту жүргізбестен бұрын, ағын суларды сұйылту қажет.

4.Ағын суларды биологиялық жолмен тазарту процестерінің 2 әдісі бар:

1. Аэробты – микроорганизмдер заттарды тотықтыру үшін оттегі пайдаланады.

2. Анаэробты – микроорганизмдер бос күйіндегі еріген оттегімен де, сондай – ак нитратиондарының электрондарының артық акцепторларымен байланысқа түсе алады.

Бұл процестерде микроорганизмдер электрон акцепторы ретінде органикалық заттардың көмірсуын пайдаланады. Аэробты және анаэробты процестерге таңдау жасаған кезде, әдетте бірінші түріне ерекше көңіл бөледі. Аэробты жүйелер өте сезімтал, тұрақты жұмыс атқаратын, өте көп зерттелген.

Анаэробты процестер аэробты процестерге қарағанда жүру жылдамдығы баяу.Бірқатар артықшылығы бар:

a. Активті түзілген тұнба массасы аэробты процес кезінде түзілген массадан төмен.

в. Араластыруға кететін энергия шығыны төмен.

с. Қосымша энергия тасушы биогаз түзіледі.

Анаэробты тазалау процесі нашар зерттелген, процесстің жүруі үшін үлкен көлемдегі қымбат тазалау қондырғылары қажет.

Өзін тексеруге арналған сұрақтар:

1. БПК дегеніміз не?

2. ХПК дегеніміз не?

3. Ағынды суларды тазартудың аудандық және зауыттық жүйесі.

Ұсынылатын әдебиеттер:

1. Экологиялық биотехнология: ағылшыннан аударма/ К.Ф Фостер, Д.А Дж. Вейз. - Химия. 1990 – 348 бет.

2. Биотехнология: принциптері мен қолданысы / И. Хиггинс: ағылшыннан аударма. М.:Мир, 1988

**Ағын суларды тазартудың аэробты жолы.**

1. Аэробты жолмен тазалау жүйесінің жұмыс істеу принципі.

2. Активті тұнбаның сипаттамасы.

1. Аэробты жолмен тазартуды микроорганизмдер көмегімен тотыққан органикалық заттардығ жартысы биосинтез процесіне қатысса, екінші бөлігі зиянсыз өнімдерге - $Н\_{2}О$, $СО\_{2}$, $NО\_{2}$ айналады. Аэробты биологиялық жолмен тазалау әрекеті ағынды культивирлек әдісіне негізделген. Органикалық қоспаларды жою процесі бірнеше кезеңдерге жіктелген: клетка бетіне сұйықтықтағы органикалық заттар мен оттегінің берілуі, клетка ішіндегі мембрана арқылы заттар мен оттегінің диффузиясы нәтижесінде микробты биомассаның өсуі байқалып, энергия мен оттегі бөлінеді. Биологиялық жолмен тазалаудың тереңдігі қарқындылығы микроорганизмдердің көбею жылдамдығына байланысты. Егер тазартылған ағынды суда органикалық заттар мүлдем қалмаса, онда тазартудың екінші этапы – нитрификация басталады. Бұл процесс барысында құрамында азаты бар заттар нитритке дейін, одан кейін нитратқа дейін тотығады. Осыған орай, аэробты биологиялық тазалау 2 этапқа жіктеледі: минирилизация – нитрификация мен құрамында көмірсу бар органикалық заттардың тотығуы. Егер тазартылған ағынды суда нитраттар және нитриттен пайда болса, онда тазалау деңгейі өте жоғары екендігін аңғартады. Ағынды суда кездесетін көптеген биогенді элементтер (көмірсу, оттегі, күкірт, микроэлементтер) микроорганизмдер тіршілігі үшін өте қажет. Ағын суда жекелеген элементтер (азот, калий, фосфор) тапшылығы орнаса, онда суға бұл элементтердің тұзын қосады.

2.Биологиялық тазартуға тек бактериялар ғана емес, сондай – ақ бір клеткалы организмдерден – су саңырауқұлақтарынан, қарапайымдалардан (амеба,кірпікшелі және талшықты инфузориялар), микроскопиялық жануарлардан (жалпақ құрттар – нематодтар, су кенесі) және т.б тұратын күрделі биологиялық тазалау кезінде активті тұнба немесе биопленка түрінде түзіледі. Активті тұнба – өлшенген суда микроорганизмдердің , оның ішінде бактериялардың колониясын түзетін, мөлшері 3 – 150мкм болатын қоңыр сары түсті үлпек. Биопленкалар кілегейлі капсула – зооглея түзеді. Яғни биопленка дегеніміз – тірі микроорганизмдер көмегімен тазаланған қондырғының беткі сүзінді қабатында қалыңдығы 1 – 3мм болатын кілегейлі өсінділердің пайда болуы.

Өзін тексеруге арналған сұрақтар:

1 .Аэробты жолмен тазалау жүйесінде қолданылатын микроорганизмдер.

2. Трофикалық пирамида.

3. Активті тұнба түрлері.

Ұсынылатын әдебиеттер:

1. Экологиялық биотехнология: ағылшыннан аударма/ К.Ф Фостер, Д.А Дж. Вейз. - Химия. 1990 – 348 бет.
2. Биотехнология: принциптері мен қолданысы / И. Хиггинс: ағылшыннан аударма. М.:Мир, 1988.

**Ағынды суды аэробты жолмен тазалау кезінде қолданылатын реакторлар**

1. Гомогенді реакторлар.
2. Қозғалмайтын биопленкасы бар реакторлар.
3. Биофильтрлерді пайдалану.
4. Биологиялық тағандар.

1. Биофильтрлер аэротанк деп аталатын құрылымы әр түрлі қондырғылар көмегімен ағын судың биологиялық жолмен тазалауу жұмыстары жүргізіледі.

Тамшылы биофильтр – ағын суларды тазартуда кеңінен қолданылатын қозғалмайтын биопленкасы бар биореактор. Шын мәнінде бұл реакторлардың қозғалмаймын қабаты сұйық пен ауаны өткізбейді. Жұқа қабықтың бетінде биомасса өседі. Сүзгіш қабықтың ерекшелігі бетінде микроорганизмдеп көбейеді және ұсақ тесікті болып келеді. Ұсақ тесіктер арқылы ауа мен сұйық зат өтеді және реакторға газодинамикалық қасиет береді.

Биофильтрлі қондырғылар тікбұрышты және шар пішіндес және қос түбі бар: жоғарғы – желтартқыш тор, төменгісі – тұтас. Биофильтрдің дренажды түбі ауданы жалпы фильтр ауданынан 5 – 7% көміртек темір бетонды плиталардан тұрады. Көп жағдайда фильтрлеуші материял ретінде ұсақталған тас, таулы ұсақ жұмыр тас,керамзит, шлак пайдаланылады. Барлық биофильтрлердің төменгі қабаты биофильтрлеуші материялдың ірі бөлшектерінен (60 – 100мм мөлшері) құрайды. Ұсақ тасты биофильтрлердің қабықтарының биіктігі 1,5 - 2,5м жәнеолар шеңбер түрінде диаметрі 40м – ге дейін, сондай – ақ тік бұрыш түрінде өлшемі 75\*4$м^{2}$ болуы мүмкін. Егер тұнып қалған ағынды суды биофильтр бетіне жіберсек, су үлестіргіш қондырғы көмегімен бетін бір келкі суландырады. Фильтрлеуші қабат ағынды су өткеретін бірқатар процесстерден тұрады: 1) фильтрлеуші материялдың бетінде түзілген биопленкамен байланысты; 2) микробты клетканың бетіндегі органикалық заттын абсорбциясы; 3) микробты метоболизм кезінде ағынды сулардың тотығуы. Биофильтрдің төменгі бөлігінен ауа үрленіп отырады. Суландыру циклдарының арасындағы үзілісте биопленкалардың абсорбциялану қасиеті қалпына келеді. Биофильтрдің беткі фильтрлеуші қабатындағы биопленка күрделі экологиялық жүйе болып табылады.

Органикалық заттардың тотығуы барысынды, ортаға жылу бөлінеді, сондықтан биофильтр өз – өзін жылумен қамтамасыз етеді.

Жылу изоляциялық қабатпен қапталған ірі қондырғылар сыртқы температураның кері әсеріне де қарамай жұмыс атқарады. Алайда ішкі фильтрлеуші қабаттағы температура көрсеткіші $6^{0}$С- тан төмен болмауы қажет. Ұсақ тас биофильтрінің негізгі жұмыс істеу режимі – ол ағынды суды 1 рет өткізеді. Соған қарамастан фильтрге түскен органикалық заттардың жүктемесі тәулігіне 0,06-0,12кг БПК$м^{3}$ құрайды. Биофильтр көлемін кеңейтпей – ақ жүктеме мөлшерін жоғарылату үшін қос фильтрлеу режимі қолданылады.

80 жылдардың басында биофильтрлері минералды материалдардың орнына қабаттық гидродинамикалық қасиетін жақсартатын және ұсақ тесіктердің көп болуын қамтамасыз ететін пластмассалар мен алмастырылады. Бұл ластанғаш – концентрациясы жоғары өндірістік ағын суларды тазарту үшін қолданылатын, көп орын алмайтын, ұзын биореакторларды алуға мүмкіндік береді.

Ұсақ тас биофильтрдің көлемдік жиілігі төмен болғанымен де, олардың ұзындығы 8 – 10м ге жетуі мүмкін. Бұл биореакторлар көмегімен тез фильтрациялау барысында БПК – ның 50 - 60 % жоюға мүмкіндік береді. Тазалау деңгейін жоғарылату үшін көп биофильтрлер қолданылады. 1973жылы Ұлыбританияда айналмалы биологиялық реакторлар жасалды. Олар үнемі айналып тұратын дисктерден тұрады. Бұл дисктер кезек – кезек суға батырылып немесе көтеріліп отырады. Бұл кеде ауданның аэрациясы жоғарылап жақсарады.

2.Реакторда оттегімен қамтамасыз ету және ағынды сұйықтықтығ тасымалдағыштың бетінде біркелкі көлденеңіненжайылуын қамтамасыз ететін жүйелер бар. Мұнда тасымалдағыш ретінде оттегіні жібере алатын құмды пайдаланады (“Окситрон” жүйесі). Сондай – ақ оттегімен қамтамасыз ететін жүйесі аппарат ішінде орналасқан талшықты саңылаулы жастықшаларды қолданады (“Кептор”қондырғысы).

3.Биофильтрді пайдалану соншалықты күрделі жүйе емес. Биофильтрлердің жұмысы нәтижелі болуы үшін қойылатын негізгі талап, қондырғыны ластанудан сақтау үшін алдын ала ағынды суды тазалау қажет. Биофильтрлерді қолданған уақытта, жағымсыз кезеңдер болады; яғни фильтрдің бетінде шыбын – шіркейлер көбейеді, жаман иіс, микробты массаның артық мөлшерде түзілуі.

Қазіргі уақытта Америка мен Еуропаның 70%-ға жуық тазалағыш қондырғылары тамшылы биофиьтрлерден тұрады. Мұндай биореакторлардың жұмыс істеу ұзақтығы 10 жылдан артық, кейде 50 жылға дейін. Микроб биомассасының шамадан тыс өсуі – бұл қондырғының кемшілігі болып табылады. Бұл кемшілік тазалау жүйесінде ауытқудың пайда болуына және фильтрдің ластануына әкеледі. Жақына ұсынылған модификация кезектескен қос сүзгіш қондырғыдан тұрады. Рецеркуляция жүйесі биофильтрлерге тән жағымсыз кезеңднрді жоюға мүмкіндік береді. Аэротенк гомогенді биореактор болып табылады. Биореактордың конструкциясына келсек, ол тікбұрышты қиылысы бар бетонды герметикалық ыдыс, ал бұл ыдыс тұндырғышпен байланысты. Аэротенк ұзыннан саңылаулар арқылы бірнеше дәлізге бөлінген, көп жағдайда оның саны 3-4 құрайды. Аэротенктің әр түрлі типтерінің бір- бірінен айырмашылығы, негізінен биореактор конфигурациясына, яғни оттегіне беру әдісіне, жүктеме көлеміне байланысты. Аэротенктардың типтік схемасы 7.3 суретте көрсетілген. Аэротенктің биологиялық тазалау процесі 2 этаптан тұрады. I-ші этап аэротенктегі құрамында 150 – 200мг/л өлшенген бөлшектер мен 200 – 300мг/л органикалық заттардан тұратын тұнып қалған ағын судың ауамен, сондай-ақ активті тұнба бөлшектерімен өзара байланысқа түсуі. Бұл этап біраз уақытқа созылады (4-тен 24 аралығынды, яғни ағын су түріне байланысты).

II-ші этап II-шілік тұндырғыштан су мен активті тұнба бөлшектерінің ажырауы жүреді. 1 этапта органикалық заттардың биохимиялық тотығуға түсуі 2 кезең бойынша жүреді: бірінші стадияда активті тұнбадағы микроорганизмдер ағын судағы ластаушы заттарды адсорбциялайды. 2 стадияда – сол микроорганизмдер оларды тотықтырып, өзінің тотықтыру қасиетін қалпына келтіреді. Аэротенк “дәліздеріне” ауа темір бетонды плиталардағы саңылаулар арқылы немесе керамикалық трубадағы саңылау тесіктер арқылы беріледі. Келген ауаны тарататын қондырғылар қабырғаларында орналасады. Нәтижесінде аэротенкте су турбулизациясы жүреді де су тек дәліз қарырғаларымен ғана емес, биореактор ішінде спираль түзіп қозғалады. Бұл процесс аэрация режимі мен тазарту деңгейін жоғарылатады. Аэротенкте жүретін тазарту үздіксіз ферментация түрінде жүреді.

Бактериялар мен қарапайымдылардан түзілгенактивті тұнба бөліктері флокулярлық қоспа түзеді. Биофильтрлерде түзілетін биопленкалар мен салыстырғанда аэротенктерде түзілген активті тұнбада түрлердің экологиялық алуан түрлілігі аз. Активті тұнбаның негізгі бактериялды компонентті тобына келесі микроорганизмдер кіреді: көмірсуды тотықтыратын жіп тәрізді бактериялар, көмірсуды тотықтыратын флокулярлы бактериялар және нитрофикатор – бактериялары. Бактериялардың алғашқы тобы ағын судағы органикалық заттарды деградациялауға қатысып қана қоймай, тұрақты флокулалар түзеді. Бұл флокулалар тұндырғышта тығыз форма түзуге қатысады. Нитрофикаторлар (Nitrosomonas және Nitrobacter) азоттың түзілген формасын тотыққан формаға айналдырады. Жіптәрізді бактериялар бір жағынан қаңқа түзеді, осы қаңқаның маңайында флокула түзеді, екінші жағынан жағымсыз процестердің алдын алады. Қарапайымдылар ағынды судағы бактерияларды қорек ретінде пайдаланып, оның ластану мөлшерін төмендетеді.

Активті тұнба ағын судағы ластануды жою үшін қажетті ферменттер жиынтығымен қамтылған микроорганизмдермен қарапайымдылардан құралған жүйе. Активті тұнбаның сондай- ақ адсорбциялау қабілетіне ие беттік қабаты болады. Аэротенктегі активті тұнбаның концентрациясы 1,5 – 5,0г/л тең. Бұл көрсеткіш ағынды судың ластану деңгейіне, тұнба шамасына мына теңдік бойынша есептеледі:

T=MV/(my+Geвев)

Мұндағы: M – тұнба қоспасының өлшенген бөлігі кг/$м^{3}$, V – аэротенк көлемі; my – жойылған тұнба мөлшері, кг/тәулік; G – су шығымы, $м^{3}$/тәулік; свых – шығымды ағын судағы тұнба концентрациясы, кг/$м^{3}$.

Мысалы: баяу өсетін нитрификаторлар көмегімен нитрификация процесіне жету үшін көп мөлшерде активті тұнба пайдаланылады, ал органикалық тотықтыра барысында активті тұнба пайдаланылады, ал ораганикалық тотықтыру барысынада активті тұнба аз мөлшерде қажет.

Тазалау барысында активті тұнба биомассасының өсуі, тұнбаның ескіруіне және ондағы биокаталиттік активтіліктің төмендеуіне әкеледі. Сондықтан активті тұнбанң жартысы ІІ- лік тұндыру кезінде жүйеден сыртқа шығарылалы да, ал екінші бөлігі реакторда қалады. Ағынды суды жарықтандыру және активті тұнбаның бөлінуі жүретін ІІ – лік тұндырғышпен аэротенк технологиялық жағынан байланысты. Тұндырғыш сондай – ақ байланыстырғыш резервуар қызметін де атқарады. Мұнда ағын сулар хлорланады. Хлор мен сұйықтың арасындағы байланысу ұзақтығы кем дегенде 30 минутқа созылса, хлордың дезинфекцияға кеткен

4. Биологиялық тоғандар биофильтр мен аэротанктің биологиялық тазалауынан толығымен өткен жекелеген тазалағыш қондырғы ретінде пайдаланады. Егер тазартылған тоғанда су тазалағыш жүйелер қызметін атқарса, онда ағын сулар бұл жүйелер қызметін атқарса, онда ағын сулар бұл жүйеге кірмес бұрын 3-5 есе техникалық және ауыз су көлеміне дейін сұйылтады. Тоғанға жүктеме қоспағандағы тұрып қалған ағын су мөлшері 250$м^{3}$/га, ал биологиялық жолмен тазаланған ағын су мөлшері - 500$м^{3}$/га тең. Тоғанның орташа тереңдігі 0,5- тен 1,0м тең. Қоңыржай климат зонасында тоған сулардың ескіру мерзімі- 1 айдан кем емес.

Ағын суларды аэробты биологиялық жолмен тазалау үздіксіз қолданылады. Соңғы жылдары биологиялық тазалаудың эффективті жүйелері ұсынылды. Бұл процесс шахталық реакторларда аэроциясы үшін қолданылады. Мұндай реакторларды окситенк деп атайды. Окситенктардағы еріген оттегі концентрациясы 10 – 12м/г-ға тең. Бұл аэротенктердегі аэрациядан басым болып табылады. Ағын сулардағы аэрацияның жоғарылауы нәтижесінде активті тұнба концентрациясы 15 г /л - дейін өседі және олардың тотықтыру қуаты 4 – 5 есеге дейңн жоғарылап, аэротенктерден басымдылығын көрсетеді. Шахталық биореакторлар тотықтырғыш каналдарда тазартылған ағын сулардың ағуын қамтамасыз етеді. Мұндай реакторлар жерге еніп тұратын, үлкен емес реакторлар болып табылады. Шахталық аппараттардың биіктігі 50 150м, ал диаметрі 0,5 – 10,0м-ге теғ. Аппараттың ішінде тазаланған суды циркуляциялау үшін қолданылатын зоналары бар қуыс стердені орналасқан. Стерженнің жұмысы ауаны үздіксіз үрлеу арқылы жүзеге асады. Бұл аппараттың көмегімен оттегіні тасымалдау өте ыңғайлы. (4.5 кг/$м^{3}$ дейін). Сонда тұнбаға түскен жүктеме деңгейі 0,9кг БПК/кг тәулікке дейін жетеді. Окситенкте тұнбалы қоспадан қатты бөлшектерді бөліп алу эксплуатация кезінде түзілетін негізгі мәселе. Ауаның микрокөпіршіктері қатты бөлшектерге жабысыр, тұндыруды төмендетеді. Тұндыруды жақсарту үшін вакуммды дегазация, флотация, ауаны керлеу әдістері қолданылады. Дегазация кезеңінен кейін тұнба қоспасы аэротенкке жіберіледі, онда микрокөпіршіктер бөліп алғаннан кейін органикалық заттардың тотықтыруға дейінгі процесі жүреді. Одан әрі ағын су тұндырғышқа түседі.

Өзін тексеруге арналған ұрақтар:

1. Аэротенктердің құрылысы.
2. Аэробты микроорганизмдерге сипаттама
3. Биологиялық тоғандарды қолдану.

Ұсынылатын әдебиеттер:

1. Экологиялық биотехнология: ағылшыннан аударма/ К.Ф Фостер, Д.А Дж. Вейз. - Химия. 1990 – 348 бет.
2. Биотехнология: принциптері мен қолданысы / И. Хиггинс: ағылшыннан аударма. М.:Мир, 1988.

**Ағынды суларды тазартудағы анаэробты процесс.**

1. Септиктенктерге сипаттама.
2. Толық араластыруды қажет ететін ашытқы қондырғылары.
3. Байланыстырғыш анаэробты жүйе.

1. Қазіргі уақытты ағынды суларды анаэробты жолмен тазарту кеңінен дамыған. Ағын суда тазартуда қолданылатын анаэробты процестердіаэробты процестермен салыстырғанда біршама артықшылыға бар. Негізгісі, биомасса көлемінің өсуі барысында ластаушы заттар мен көмірсудың түзілу деңгейі жоғары және қосымша құнды өнім – биогаз алынады.

Еуропада 100 жыл бойы ағын суларды анаэробыт жолмен тазартуда. Бұл процесте қолданылатн биореакторларды септиктенктер деп атайды., олар тұнып тұрған тұнбаны анаэробты деградацияға ұшырататын тұндырғыш ұондырғыларынан тұрады. Септиктенктер 30-35 С температурада жұмыс атқарады. Мұнда тазаланған ағынды су 2 0 тәулікке дейін барады. Биореакторды құрастырған уақытта оның көп көңіл бөлетін негізгі параметрі сыйымдылығы (V), ол халық санымен белгіленеді Р:

V = 180P+ 2000

180 л көлемнің жартысы халыққа сұйық ретінде берілсе, екінші жартысы тұнба түрінде жыйналады. Тенк көлемі екі камераға ажырайды, бірінде көлемі 2/3 құрайды және мұнда тұнба жинақталады. Тұнба толығымен жойылады, тек оның азғантай бөлігі ғана биореакторда қалады. Қалалық тазалау қондырғылар жүйесінде септиктенктер қолданылады. Мұнда біріншілік тұндырғыштардан бөлінген шөгінділер қайта өңделеді. Нәтижесінде ашытылған тұнба ликвидацияланады. Ашыту кезінде тұнбаның көлемі азаяды, оның құрамындағы патогенді микроорганизмдер мен жағымсыз иісі жойылады. Күрделі ассоциация барысында септиктенктада жүретін ластаушы заттардың биодеградациясы бірнеше жолдар арқылы жүзеге асады: ацидогенді және гетероацидогенді бактериялардың қатысуымен жүретін гидролитикалық процесс және метоногендердің қатысуымен жүретін метаногенерация процестері. Анаэробты ағында ашытуларды өндірістік және ауыл шаруашылықтық ағын суларды анаэробты жолмен тазалауда қолданылады.

2. Қатты латанған тағам өндірісінің ағындары мен мал шаруашылығының қалдықтарын тазалауда қымбат емес анаэробты жүйелер қолданылады. Жоғарыда айтылған ағын түрлерінің БПҚ және ХПК бойынша жүктеме деңгейлері жоғары, ал көңді к ағындар да құрамында биодеградацияға түспейтін, ерімейтін компоненттер бар. Мұндай ағындарды тазалау үшін толығымен араластырғыш ашытқылар қолданылады. Шошқа және құс фирмаларынан анаэробты бактериялық тазалау барысында тек ХПК – ның 50% ғана босап шығады. Ал ірі қара мал фермаларынан тек 30%қана. Деградация процесінің ингибиторы болып жоғары концентрациялы органиктер мен азот аммонийі табылады.

Көлемі 600-700$м^{3}$ тең биореакторларда ағын суларды 15-20 тәулік бойы ұстап тұруға болады. Бұл процесс барысында түзілген биогаз құрамында 70% метан болады. 1200-1500ге жуық шошқасы бар фермалардағы ағын суларды тазарту үшін көлемі үлкен емес биореакторлар қолданылады.

3.Тағам өндірісінің ластанған ағын суларын тазарту үшін арнайы өндірілген анаэробты процестер қолданылады. Мұнда түскен ағынды сулар биогаз, тұнба рециркуляциясы және механикалық араластыру арқылы толығамен айналысқа түседі. Интенсификация процесінің факторы – ол биореакторлардағы температура өзгерісі. Ашыған ағындар жарықтандырғыш құрылымына қарай бағытталады, ондай тұнба тұну процесімен қосымша биогаз түзіледі.

Тығыздалған тұнба қайтадан ашытқашқа түседі. Ашытқышта биомасса концентрациясы 5-10г/л болса, онад құоамында ХПК бар ағын суларда 20кг/$м^{3}$ дейін тазартуға болады. Биомасса концентарциясы 20-30 г/л көтерілсе, ерімеген ағынды пайдаланады. Қозғалмайтын биопленкасы бар реакторларды анаэробты жолмен тазалау әдісінде де қолданылады.Бұл мақсатта қолданылатын биореакторлардың аэробты тамшылы биореакторлардан айырмашылығы, олардың ластанудан қорғайтын ірі сипаттамалары болады. Осы мақсатта қолданылатын ұсақ тасты сипаттамалардың диаметрі 25-65мм, 50% жуық бос көлемі бар. Ағынның тазалану жылдамдығы төмен сипаттаманың бос кеңістігінде биомасса болады. Жүйеде ХПК жүктее шегі 10 кг/$м^{3}$тең, органикалық біркелкі мөлшерінде ол 5кг/$м^{2}$ тең. Тазалаудың эффективтілігі 70%. Бұл қондырғылар көп қолданылмайды, себебі қондырғығы қажетті сипаттама қымбат және қондырғының фильтрлеуші қабатын қайта – қайта тазалау қажет.

Жалпы алғанда анаэробты процестер біршама артықшылыға болғанымен, олар аэробты процестер сияқты кеңінен қолданылмайды. Алайда соңғы жылдары өндірістік ағын суларды канализацияға жібермес бұрын, оны қайтадан тазарту қажет дегенқатаң талап қойылғандықтан, анаэробты процестерге деген қызығушылық артуда.

Өзін тексеруге арналған сұрақтар:

1. Ағын суларды анаэробты жолмен тазалауда қолданылатын реакторлардың құрылымы және жүмыс істеу принципі?
2. Анаэробты жолмен тазалаудың артықшылықтары мен кемшіліктері?

Ұсынылатын әдебиеттер:

1. Экологиялық биотехнология: ағылшыннан аударма/ К.Ф Фостер, Д.А Дж. Вейз. - Химия. 1990 – 348 бет.
2. Биотехнология: принциптері мен қолданысы / И. Хиггинс: ағылшыннан аударма. М.:Мир, 1988.

**Қатты қалдықтарды пайдалану**

1. Қатты қалдықтарды пайдаланудың биологиялық әдісі.
2. Қатты қалдықтардың биодеградациясы.

1. Қатты қалдықтарды қайта өңдеу мен ликвидациялау кезінде қолданылатын биотехнологиялық әдістер ағын суларды биологиялық тазарту кезінде бөлінген тұнба мен комуналды қалдықтарды қайта өңдеуде де қолданылады. Қалалық қоқыс тастайтын жерлерде дәстүрлі қатты қалдықтар кездеседі.Қалдық көлемінің өсуі, қоқыс орындарының көбеюіне, оларды көлемдерінің ұлғаюына, және тасымалдау барысында бұл қалдықтардың қоршаған ортаға таралуына алып келеді. Берілген деректер бойынша 2001 жылы Францияда, Грецияда және Ирландияда қалдықтарды қоқыс орындарына тасымалдау кезінде жалпы қалдық заттардың 10,3;17,5 және 35% қоршаған ортаға таралған екен. Шикізатты қайтадан пайдалануға деген қызығушылық артқанымен, қалдықтарды жою және қайта өңдеу басқа процестерге қарағанда біршама арзан екені белгілі. Қалдықтарды анаэробты жолмен өңдеу кезінде құнды энергетикалық зат – биогаз түзіледі, ендігі уақытта қалдықтарды қайта өңдеп метен алу көзделіп отыр. Қалдықтар әр алуан, бірақ дамыған елдерде қалдықтар біртипті болып келеді, сондықтан органикалық және өсімді материал мөлшерін азайта отырып, қағаз бен пластмасс мөлшерін ұлғайту қажет. Бұл әдіс қоқыс орындарында қалдықтарды тұрақтандыру мезгілін ұзартады. Қоқыс орындарна химиялық зерттеу жүргізгенде алынған нәтиже бойынша қатты қалдықтың құрамында биодеградацияға оңай түсетін фракциялар мөлшері 70% құрайды екен.

2. Қоқыс орындарындағы қалдықтың сипаты өте күрделі, себебі мұнда әр түрлі уақыт аралығында жаңа материалдар келіп түседі. Нәтижесінде бұл процес температура градиентіне, рН, сұйық ағынына, ферментация активтілігіне және т.б тәуелді. Қалдық материалдарында күрделі микроорганизмдер ассоциациясы болады, олар қатты бөлшектердің бетінде дамып, олар үшін биогенді элементтер көзі болып табылады.

Ассициация ішінде әр алуан өзара байланыс пен өзара әрекеттестік байқалады. Жалпы микробты ассоциацияның жағдайы мен биокаталитикалық потенциялы ортаның химиялық құрамына, мөлшеріне, субстрат концентрациясына тәуелді. Европалық қоқыс орындарында қалдықтар белгілі бір бөліктерге орналасқан, оларды өңдеген уақытта периодты әрекетте жұмыс атқаратын реакторларды пайдаланады. Мұндай реакторларда қалдықтар биодеградацияның әр түрлі кезеңдерінде болады.

Қатты қалдықтарды биодеградациялаудың алғашқы сатысында микроорганизмдер (бактерия, актиномицеттер, саңырауқұлақтар) мен омыртқасыздар ( нематод, кене) әсерінен деградацияланатын компоненттердің тотығуы жүретін аэробты процес басым болады. Содан кейін деструкция процесі қиын жүреді және лигнин, лигиоцеллюлоза, меланин, танин субстраттары баяу тотығады. Қатты заттарды биодеградациялаудың деңгейін бағалаудың бірнеше әдісі бар. Мұндай бағалау әдістерінің бірі, целюлоза менлигиннің ажырау жылдамдығына негізделген. Өңделмеген қатты қалдықтар құрамында целлюлозаның лигнинге қатынасы 4.0 құраса, өңделмегенде – 0,9-1,2, ал тұрақты қалдықтарда олар 0,2 тең. Аэробты кезеңде ортаның температурасы 80С дейін көтерілуі мүмкін, нәтижесінде жәндіктер дернәсілдері, вирустар, патогенді микроорганизмдер өліп, инактивация жүреді. Температура бұл ортаның жағдайын көрсететін негізгі көрсеткіш болып табылады. Температура мөлшерінің ұлғаюы органикалық заттардың денструкциялық процестерінің жүру жылдамдығын жоғарылатады, бірақ лимиттеу факторы болып табылатын оттегінің оттегінің ерігіштік қасиетін төмендетеді, in situ молекулалық оттегінің таусылуы нәтижесінде жылу шығымы мен көмірқышқылының жиналуы төмендейді. Бұл жағдай өз кезегінде алдымен факультативті, кейін аблегатты анаэробты микроорганизмдердің өсуін реттейді. Анаэробты минерализацияны аэробты процеспен салыстыратын болса, мұнда әр түрлі бір бірімен әрекеттесетін микроорганизмдер қатысадыы. Мұндай организмдер электрон акцепторының тотыққан түрін пайдалануға қабілетті, нәтижесінде олар термодинамикалық және кинетикалық артықшылыққа ие болады. Соңынан полимерлердің (полисахарид,липтд, ақуыз) гидролизі жүреді, бұлардан түзіоген маномер сутегі, коміртек диоксидіне, спиртке және органикалық заттарға ажырайды. Одан кейін метаногендер көмегімен метан түзу процесі жүреді.

Жоғарыда аталған процестер нәтижесінде қоқыс қалдықтарынан екі өнім түзіледі:топыраққа сүзілетін су және газ. Сүзілген су құрамында микроорганизмдерден басқа амонийлі азот, ұшқыш май қышқылы, алифаттық, ароматтық және ацикликалық қосылыстар, терпендер, минерелдар (макро және микроэлементтер), металдар сияқты әр түрлі көмплексті заттардан тұрады.

Сондықтан қоқыс орнын таңдаған уақытты оның қошаған ортаға зиянын тигізбейтіндігіне көңіл бөлуіміз қажет. Су сүзгіштігімен күресу жолы ретінде қоқыс маңайындағы су өткізбейтін қабықпен қаптайды. Суды фильтрация жасау үшін және анаэробты өңдеуді бақылау үшін тамшылы биофильтр, аэротанк немесе аэроционды тоғандар пайдаланылады. Аэроционды жүйеде бірнеше ай ішінде судан 70% БПК бөліп алуға, тамшылы биофильтрлерді 92% жуық БПК алуға болады.

Анаэробты биологиялық тазалау 40 – 50 күн аралығында 25°С температура шамасында ХПК 80 – 90% жоюға мүмкіндік береді. Биогаз құнды энергия тасығыш болғанымен, оның қоршаған оратға тигізетін кері әсерлері (жағымсыз иіс, жер суларының қышқылдануы, ауыл шаруашылығында культуралардың түсімділігінің төмендеуі) көп, сондықтан мүмкіндігінше газ кемуін тоқтату. Ол үшін газдың ауысуын бақылайтын арнайы қоршаулар, траншея (ұзын, терең ор) жасау. Қалдықтарды қайтадан өңдеу арқылы метанды бөліп алуға деген қызығушылық соңғы он жылда арта түсті. АҚШ – та осы мақсатта 10 қодырғы, жалпы нарықтық мемлекеттерде қырық қондырғы салынды. Ендігі уақытта мұнда қондырғаларды салу Ұлыбритания, Жапония, Канада, Швецария елдері көздеп отыр. Қалдықтардан көп мөлшерде түзілген биогаздардың да өз артықшылығы бар. Россман қондырғылары жаз айларында 1 күнде 40000мг дейін газ береді. Мұндай қондырғылар көлемі 10 – 20,106$м^{3}$ құрайды.

Теориялық тұрғыдан алсақ құрғақ қатты заттардан 0,266$м^{3}$/кг метан бөлінеді. Биогаздың бөлінуіне байланысты жүргізілген лобораториялық эксперименттер бойынша жылына 100л/кг жуық газ бөлінеді екен. Метаногенез процесіне үлкен әсер ететін факторлар – ортаның рН, температудасы, ылғалдылығы, аэрация деңгейі, қалдықтардың химиялық құрамы, токсиндік компоненттер және т.б қалдықтар арасынан түзілген газды тігінен және көлденең орналасқан полиэтиленді трубалар арқылы ажыратып аламыз. Насос немесе ауа үрлегіш құралдар көмегімен газды бөліп алуды жылдамдатуға болады.

Сондықтан экологиялық мәселелерден басқа экономикалық сипатқа ие, яғни қалдықтардан өңделген биогаз, қауіпті жағымсыз қалдықтармен, сондай – ақ ластанумен күресте материялды шығымды азайтады.

Өзін тексеруге арналған сұрақтар:

1. Қатты қалдықтарға сипаттама.
2. Қатты қалдықтардың аэробты биодеградациясы.
3. Қатты қалдықтардың анаэробты биодеградациясы.

Ұсынылатын әдебиеттер:

1. Экологиялық биотехнология: ағылшыннан аударма/ К.Ф Фостер, Д.А Дж. Вейз. - Химия. 1990 – 348 бет.
2. Биотехнология: принциптері мен қолданысы / И. Хиггинс: ағылшыннан аударма. М.:Мир, 1988.