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

Дәріс № 3

Су экологиялық жүйелері және оларды микробиологиялық тазалау жолдары

Дәріскер: Какимова Ардак Болатовна

Су экожүйесі — бұл су ортасында (мысалы, өзендерде, көлдерде, теңіздерде, мұхиттарда, батпақтарда және т.б.) тіршілік ететін тірі ағзалар мен олардың қоршаған ортасының өзара байланысқан жүйесі.

Басқаша айтқанда, *су экожүйесі* — бұл судағы тіршілік иелерінің (өсімдіктер, жануарлар, микроағзалар) және физикалық факторлардың (жарық, температура, тұздылық, ағыс, оттек және т.б.) біртұтас табиғи бірлігі.





Су экожүйесінің негізгі бөліктері

Өндірушілер (продуценттер)

су өсімдіктері мен балдырлар (мысалы, *Chlorella*, *Scenedesmus*, *Spirogyra*). Олар фотосинтез арқылы органикалық заттар түзеді.

Тұтынушылар (консументтер)

шаянтәрізділер, балықтар, жәндіктер және басқа жануарлар, яғни дайын органикалық заттармен қоректенетіндер

Бұзушылар (редуценттер)

бактериялар мен саңырауқұлақтар, олар өлі қалдықтарды ыдыратып, минералдарға айналдырады



- Тұщы су экожүйелері — өзен, көл, бұлақ, тоған, батпақ.
- Теңіз және мұхит экожүйелері — тұзды судағы тіршілік жүйелері.
- Аралас (өтпелі) — өзен атыраулары, жағалау лагуналары.

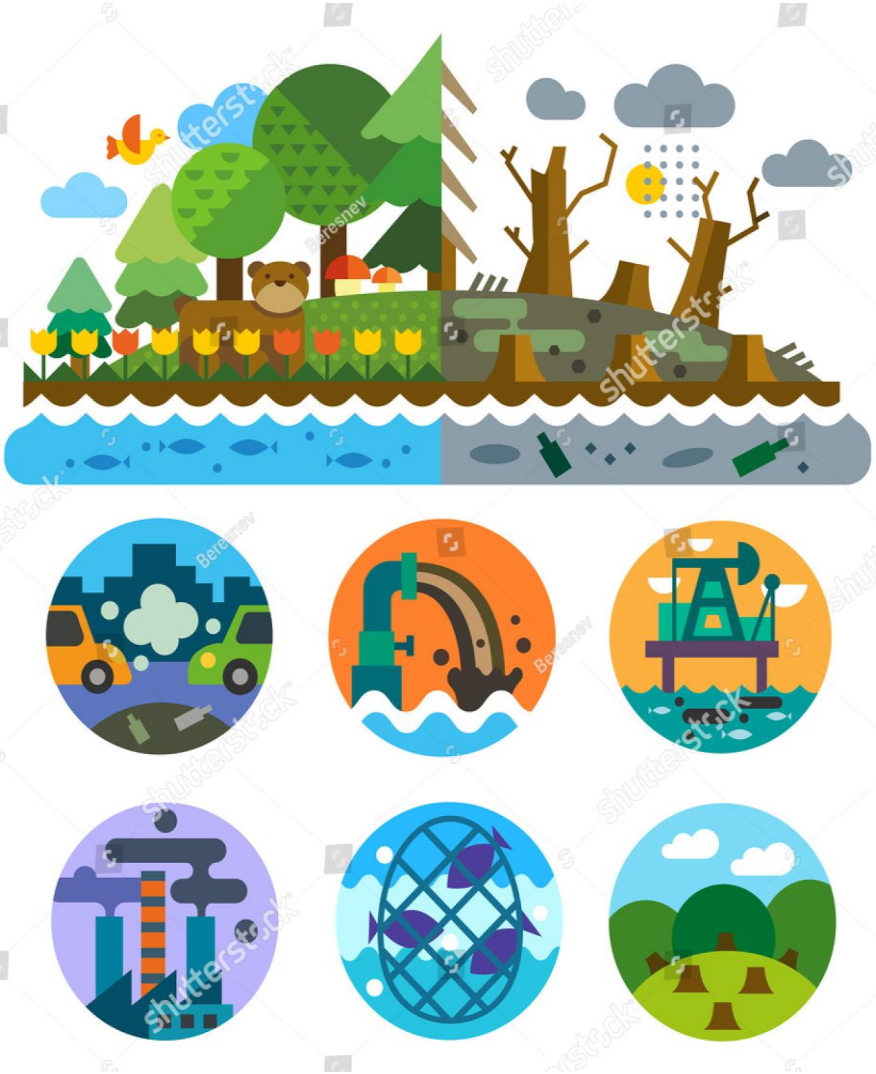


- Табиғаттағы зат айналымын қамтамасыз етеді (оттек, көмірқышқыл газы, азот).
- Су организмдерінің мекені.
- Азық-түлік пен ресурстар көзі (балық, балдыр, тұз).
- Экологиялық тепе-теңдікті сақтайды.

Судың ластану себептері

Өнеркәсіптік қалдықтар	•Зауыттар мен фабрикалардан бөлінетін химиялық заттар (ауыр металдар, мұнай өнімдері, улы қышқылдар) өзен-көлдерге түседі. •Бұл заттар су организмдерін улап, судың химиялық тепе-теңдігін бұзады.
Тұрмыстық қалдықтар	•Тазартылмаған канализация суы, кір жуғыш заттар мен тұрмыстық химия су жүйелеріне түседі. •Бұл судың биологиялық оттек сұранысын арттырып, судағы тіршілікті азайтады.
Ауыл шаруашылығы	•Тыңайтқыштар мен пестицидтер (зиянкестерге қарсы дәрілер) жаңбыр немесе суару кезінде жер асты және жер үсті суларына араласады. •Мұндай заттар эвтрофикация процесін туғызады — яғни су балдырлармен шамадан тыс ластанады.
Мұнай және оның өнімдері	•Кемелерден, өндірістерден, апаттардан төгілген мұнай судың бетінде жұқа қабық түзіп, оттектің енуін тоқтатады. •Балықтар мен су өсімдіктері өледі.
Қатты тұрмыстық қалдықтар мен пластик	•Пластик пен басқа қоқыстар суға түсіп, ондаған жылдар бойы ыдырамай, су жануарларына қауіп төндіреді. •Теңіз жануарлары пластикті тамақ деп шатастырып жұтады.
Атмосфералық ластану	•Өндіріс пен көліктен шыққан түтін, күкірт және азот оксидтері жаңбырмен араласып, қышқылды жаңбыр түрінде түсіп, суды ластайды

Қазіргі таңда судың ластануы — экологиялық мәселелердің ең өзектілерінің бірі. Өнеркәсіптік және тұрмыстық қалдықтар, ауыл шаруашылығында қолданылатын тыңайтқыштар мен пестицидтер су ресурстарын ластауда. Осындай ластанған суларды тиімді тазалау үшін микробиологиялық әдістер кеңінен қолданылады. Бұл әдіс табиғи биохимиялық процестерге негізделген және қоршаған ортаға зиянсыз.



Суды микробиологиялық жолмен тазалау

Суды тазалау – қоршаған ортаны қорғаудың маңызды бағыттарының бірі. Табиғи сулар мен өндірістік, тұрмыстық ағын сулар құрамында әртүрлі органикалық және бейорганикалық заттар болады. Осы заттар қоршаған ортаға зиян келтірмеу үшін суды тиімді тазарту қажет.

Бұл процесс табиғи экожүйелердегі өздігінен тазару құбылысына ұқсас, тек жасанды жағдайда (арнайы биореакторларда) күшейтіліп жүргізіледі.

Микробиологиялық әдіс – суды тазалаудың экологиялық таза әрі экономикалық тиімді тәсілдерінің бірі.

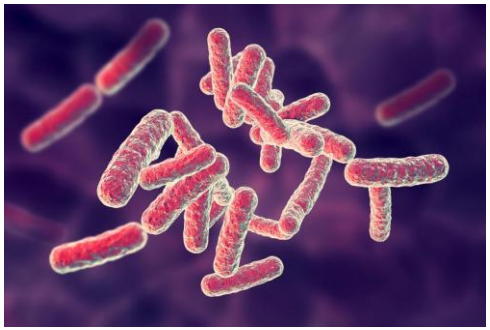
Микробиологиялық тазалаудың мәні

Микробиологиялық тазалау – судың құрамындағы органикалық ластағыштарды тірі микроорганизмдердің (бактериялар, балдырлар, саңырауқұлақтар, қарапайымдар) көмегімен ыдырату процесі.

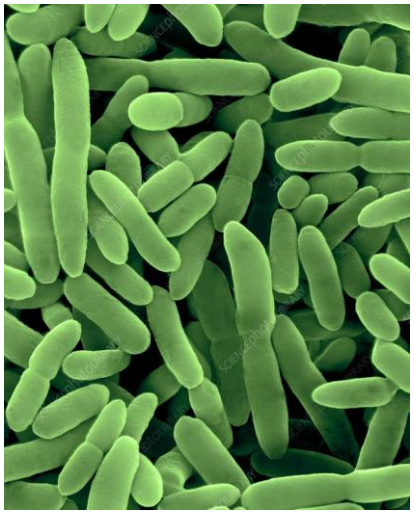
Бұл әдісте микроорганизмдер ластағыш заттарды қоректік орта ретінде пайдаланып, оларды қарапайым әрі зиянсыз заттарға (су, көмірқышқыл газы, нитраттар және т.б.) айналдырады.

Тазалауға қатысатын негізгі микроорганизмдер:

Бактериялар – негізгі рөл атқарады, органикалық және азотты қосылыстарды ыдыратады *Мысалы: Pseudomonas, Bacillus, Nitrosomonas, Nitrobacter*.

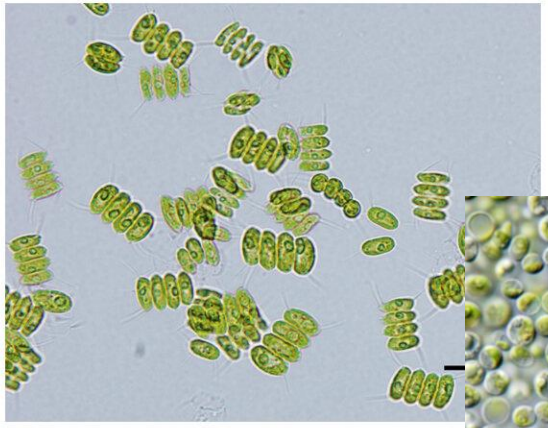


Pseudomonas

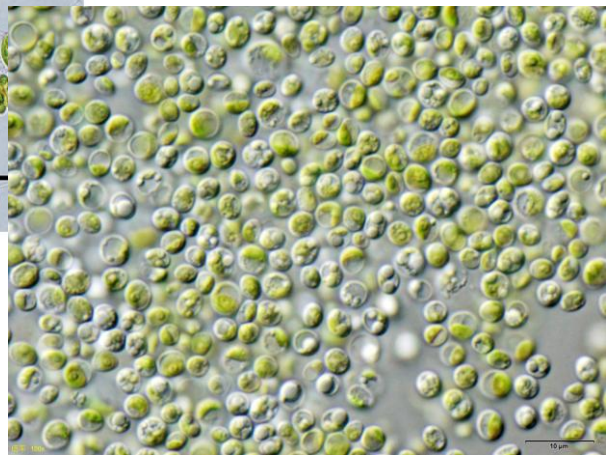


Nitrobacter

Балдырлар– фотосинтез арқылы оттек бөліп шығарады және бактериялармен симбиозда тіршілік етеді, мысалы, *Scenedesmus obliquus, Chlorella*.



Scenedesmus obliquus

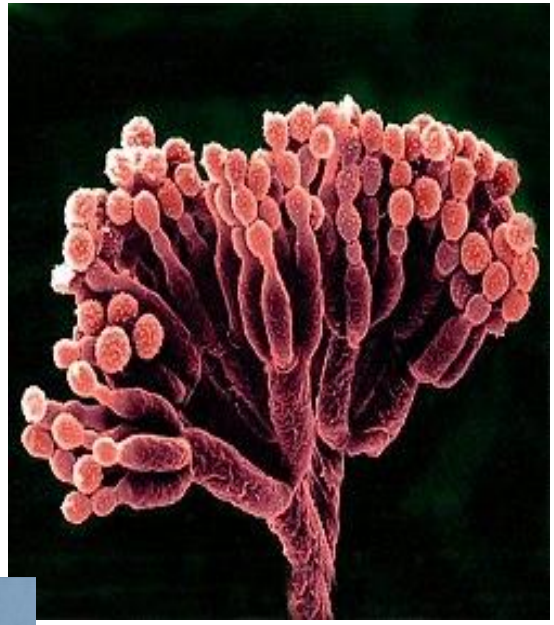


Chlorella

Саңырауқұлақтар – күрделі органикалық қосылыстарды (фенолдар, целлюлоза) ыдыратады. Мысалы, Aspergillus, Penicillium.



Aspergillus

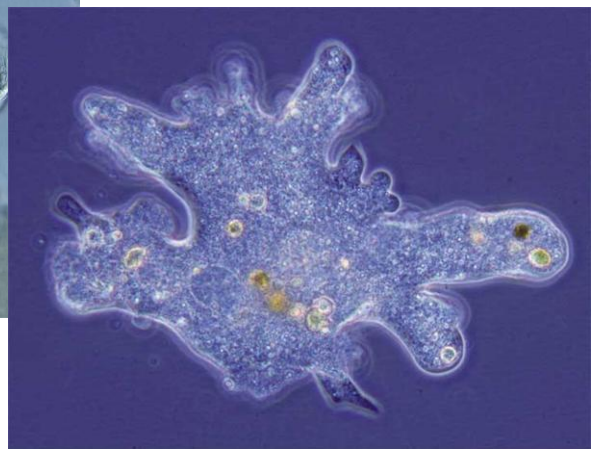


Penicillium

Қарапайымдар (протозойлар) – бактериялармен қоректеніп, судың лайлылығын азайтады. Мысалы, Vorticella, Amoeba.



Vorticella



Amoeba

Негізгі кезеңдері:

1.Механикалық тазалау

Судың құрамындағы ірі қоқыстар мен қатты бөлшектер арнайы сүзгілер, торлар арқылы ұсталып қалады.

2.Биологиялық тазалау (негізгі кезең)

1. Бұл кезеңде су **биореакторға (аэротенк)** түседі.
2. Мұнда **активті ил** болады — яғни миллиондаған микроорганизмдердің тіршілік ортасы.
3. Олар судың органикалық заттарын ыдыратып, минералдайды.

3.Процесс екі түрлі болуы мүмкін:

1. **Аэробты тазалау** – оттек қатысуымен жүреді.
2. **Анаэробты тазалау** – оттексіз жағдайда жүреді (мысалы, метантенктерде).

4.Қосымша тазалау және дезинфекция

Сүзу, хлорлау, озондау немесе ультракүлгін сәулемен зарарсыздандыру арқылы су толық тазарады.

Микробиологиялық тазалау схемасы:

Ластанған су

↓

Механикалық тазалау (тор, сүзгі)

↓

Биореактор (аэротенк – бактериялар мен балдырлар)

↓

Тұндырғыш (ил шөгеді)

↓

Қосымша сүзу және зарарсыздандыру

↓

Тазаланған су → табиғи су айдынына немесе қайта пайдалану жүйесіне

Микробиологиялық процестердің биохимиялық мәні

- Бактериялар судың құрамындағы көміртекті, майлы, белокты заттарды энергия көзі ретінде пайдаланады.

Мысалы:

- **Органикалық зат → CO_2 + H_2O + NH_3**
- **Аммоний → Нитрит → Нитрат** (нитрификация процесі)
- **Нитрат → Азот (N_2)** (денитрификация процесі)
- Бұл процестер нәтижесінде судың биохимиялық оттекке сұранысы (БПК) азайып, су экологиялық тұрғыдан қауіпсіз күйге өтеді.

Биореакторлар мен активті илдің рөлі

Биореактор – микроорганизмдердің тіршілік етуі мен белсенді жұмыс істеуі үшін арнайы жасалған жабдық немесе контейнер. Судың құрамындағы органикалық және кейбір бейорганикалық ластағыштар микроорганизмдер арқылы ыдырауы үшін:

- қорек заттары жеткізіледі
- оттек мөлшері реттеледі
- температура мен pH тұрақтандырылады
- Биореакторлар суды жылдам және тиімді тазалау үшін қолданылады.

Активті ил (ағылш. activated sludge) – аэробты және анаэробты микроорганизмдерден тұратын күрделі биологиялық масса. Құрамында:

- Бактериялар (органикалық заттарды ыдыратады)
- Балдырлар (оттек бөледі, фотосинтез жасайды)
- Қарапайымдар (бактерияларды реттейді, судың лайлылығын азайтады).

Функциясы:

- Органикалық заттарды қоректік орта ретінде пайдаланып, оларды ыдыратады
- Азоттық және фосфорлық қосылыстарды сіңіреді
- Илдің шоғырлануы арқылы тұнба түзіледі, суды тазартуды жеңілдетеді.

Биореактордағы процесс

1.Ластанған су биореакторға түседі.

2.Активті илмен араласады, микроорганизмдер органикалық заттарды сіңіріп, ыдыратады.

3.Процесс кезінде ил ұсақ бөлшектерге бөлінеді немесе тұнбаға айналады.

4.Тазаланған су тұндырғышқа түсіп, ил шөгеді.

5.Кейбір ил қайта биореакторға қосылып, процесс тұрақтылығын қамтамасыз етеді.

Ластанған су → Биореактор (активті ил) → Тұндырғыш → Тазаланған су

Активті илдің артықшылықтары

✅ Суды тез және тиімді тазалайды
✅ Микроорганизмдер көп болғандықтан органикалық заттарды толық ыдыратады
✅ Илдің кейбір бөлігі қайта қолданылады → биореактордағы процесс үнемі жүреді
✅ Азот пен фосфорды тиімді сіңіреді, судың экологиялық сапасын арттырады.

Суды микробиологиялық жолмен тазалаудың

Артықшылықтары

- ✅ Экологиялық қауіпсіз
- ✅ Арзан және тиімді
- ✅ Органикалық заттарды толық ыдырата алады
- ✅ Суды қайта пайдалануға мүмкіндік береді

Кемшіліктері

- ✅ Температура мен орта жағдайына тәуелді
- ✅ Микроорганизмдер құрамын тұрақты бақылау қажет
- ✅ Ауыр металдар мен улы химикаттар толық жойылмауы мүмкін

Қолдану салалары:

- Қалалық және ауылдық ағын суларды тазарту станциялары.
- Өнеркәсіптік кәсіпорындарда (тамақ, мұнай, химия, тоқыма өндірістері).
- Биологиялық тоғандар мен жасанды экожүйелерде.
- Ғылыми зертханаларда — биопрепараттар мен микробиологиялық реагенттер дайындауда.

Суды микробиологиялық тазалаудағы заманауи бағыттары

1. Биоинженерлік әдістер:

Қазіргі кезде ғалымдар табиғи микроорганизмдерді жетілдіру мақсатында **генетикалық инженерияны** пайдаланады.

Мысалы:

- *Pseudomonas putida* штамдары генетикалық жолмен өзгертіліп, мұнай өнімдерін тез ыдыратуға бейімделген.
- *Chlorella vulgaris* балдыры биотехнологиялық жолмен өзгертіліп, ауыр металл иондарын сіңіру қабілеті арттырылған.

Бұл тәсіл **судың тазалану жылдамдығын** бірнеше есе арттырады.

2.Биофильм технологиясы

Микроорганизмдер кейде **биофильм** деп аталатын жұқа қабат түрінде өседі.

Олар биореактордың бетінде немесе сүзгі түтікшелерінде бекініп, ұзақ уақыт бойы белсенді жұмыс істейді.

Пайдасы:

- Микробтар су ағымымен жуылып кетпейді.
- Тұрақтылық жоғары.
- Оттек пен қорек заттарын тиімді пайдаланады.

Бұл жүйе қазіргі заманғы **биофильтрлер мен биомембраналық реакторлардың** негізі болып саналады

3.Фототрофты микроорганизмдермен тазалау

Жасыл балдырлар (*Chlorella, Scenedesmus obliquus*) тек тазалау үшін ғана емес, сонымен қатар **оттек көзі ретінде** де маңызды рөл атқарады. Олар фотосинтез арқылы көмірқышқыл газын сіңіріп, суды қанықтырады.

Сонымен қатар, балдырлар судың құрамындағы:

- аммоний азотын
- фосфаттарды
- ауыр металдарды жою қабілетіне ие.

4. Қалдық илді қайта пайдалану

Микробиологиялық тазалаудан кейін түзілетін **активті ил** – пайдалы шикізат көзі:

- Одан **органикалық тыңайтқыштар** (биогумус) дайындалады;
- **Биогаз (метан)** алу үшін қолданылады;
- Кейбір жағдайларда **биотопливо** (балдырлардан алынған майлар) өндіріледі.
- Осылайша, қалдықтың өзі де пайдалы өнімге айналады.

5. Табиғи экожүйелерде микробиологиялық өзіндік тазару

Көлдер мен өзендерде де табиғи микрофлора суды өздігінен тазартады.

Бұл процесс баяу жүреді, бірақ тұрақты:

- Бактериялар – органикалық қалдықтарды ыдыратады;
- Балдырлар – оттек бөледі;
- Қарапайымдар – бактерияларды реттейді.

Яғни, жасанды биореактор – табиғи экожүйенің үлгісі ғана.

Болашақ бағыттар:

Зерттеушілер келешекте микробиологиялық тазалау жүйелерін:

- ақылды биосенсорлармен (процесс жағдайын автоматты бақылау)
- наноұнтақ адсорбенттерімен
- фотобиореакторлармен (жарықпен реттелетін) жақсартуды көздеуде.

Бұл технологиялар суды тазалауды толық экологиялық, энергия үнемді және тиімді етеді.

Қорытынды

Суды микробиологиялық жолмен тазалау – экологиялық биотехнологияның ең тиімді және болашағы зор бағыты. Бұл әдіс табиғи процестерге сүйене отырып, судың органикалық және биологиялық ластануларын жояды, әрі қоршаған ортаға зиян келтірмейді.

Қазіргі таңда микробиологиялық тазалау жүйелері:

- қалалар мен өндіріс орындарында кеңінен қолданылады;
- биоинженерлік және нано-технологиялық жетістіктермен жетілдірілуде;
- су ресурстарын тиімді сақтауға және қайта пайдалануға мүмкіндік береді.

Қорытындылай келе, микробиологиялық тазалау — судың сапасын қалпына келтірудің табиғи, тұрақты және экологиялық тұрғыдан қауіпсіз әдісі. Ол болашақта суды қорғау мен қайта өңдеудің негізгі бағыты болмақ.