

ЛЕКЦІЯ 2
БІОЛОГІЧНІ МЕТОДИ
ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ
ВОД

- 1. Зміст і межі застосування біологічного очищення води.
Класифікація методів біологічного очищення
- 2. Природне біологічне очищення стічних вод
- 3. Штучне біологічне очищення стічних вод
 - 3.1. Очищення стічної води за допомогою біоплівки
 - 3.2. Особливості очищення стічної води з використанням аеротенків
 - 3.3. Особливості анаеробного очищення стічних вод
- 4. Особливості застосування окремих культур мікроорганізмів в біологічному очищенні стічної води
- 5. Особливості очищення господарсько - побутових стічних вод по технології “ BIOTAL”

1. Зміст і межі застосування біологічного очищення води. Класифікація методів біологічного очищення

- Біологічне очищення на практиці широко застосовується для обробки побутових стоків і виробничих стічних вод. В основі цього способу очистки лежить процес біологічного окислення органічних сполук, та інших речовин, що містяться в стічних водах. Зміст біологічного очищення води полягає у свідомому застосуванні гідробіонтів для звільнення води від небажаних домішок. Гідробіонти — це мікроорганізми, представники тваринного і рослинного світу, які живуть у воді.

Сучасні біологічні методи можна успішно використовувати для очищення води від:

усіх без винятку розчинених у ній органічних сполук у будь-яких концентраціях;

йонів важких металів, нітратів, сульфатів, хроматів, аміатів;

небезпечних біологічних агентів (хвороботворних бактерій, вірусів тощо).

- Завдяки біологічному очищенню можна не лише знешкодити стічні води, а й відтворити якість води, використаної в промисловому виробництві, побуті, сільському господарстві чи забрудненої внаслідок техногенних аварій на водоймах. З огляду на його відносну дешевизну (а іноді й прибутковість), надійність та екологічну безпечність біологічне очищення води має безсумнівну перспективу закріпити свою чільну роль в охороні водного басейну від забруднення.

- Саме в Україні вперше було створено і введено в експлуатацію штучні біологічні споруди — поля зрошення: у 1887 р. в Одесі та в 1894 р. — у Києві, в Москві такі споруди з'явилися лише в 1898р.

- Виходячи з того, що процеси біологічного окислення можуть проходити як в середовищі з киснем, так і в без кисневому середовищі, розрізняють ***аеробне біологічне очищення***, коли в якості активного компонента використовують організми – аероби, та ***анаеробне біологічне очищення***, коли в якості активного компонента використовують організми – анаероби.

На ефективність процесів біологічного окислення впливають наступні фактори:

температура
аеробних
процесів
(оптимальна
– 20-30°C);

реакція
середовища
(оптимальна –
нейтральна або
слабко лужна);

підтримання
концентрації
розчиненого
кисню при
проходженні
аеробних
процесів на рівні
2 мг/л;

концентрація
токсичних
компонентів у
стічній воді (не
повинна
перевищувати
ГДК).

Як і будь-яка інша біотехнологія, біологічні методи очищення води ґрунтуються на використанні тих чи інших живих істот, їхніх комплексів — біоценозів. Таких біоценозів в очищенні води нині відомо п'ять:



- Саме ці біологічні угруповання є основою всіх існуючих біотехнологій очищення води: найрізноманітніших біофільтрів (з гравійним, піщаним чи синтетичним завантаженням; вертикальних чи новітніх — горизонтальних, що звуться "wetlands" — мочарами, занурених у воду, чи інтенсивно провітрюваних тощо); аеротенків, окситенків різних типів і калібрів (витискувачі, змішувачі, циркуляційні, шахтові, баштові тощо), бактеріальних біореакторів, низки анаеробних споруд з висхідним чи низхідним потоком, з рециркуляцією чи без неї; нарешті, прямотечійні мікробіо-, зоо- та фітореактори.

- Людина придумала силу-силенну технічних пристроїв, споруд, апаратів для біологічного очищення води, проте всі вони спираються на перелічені вище п'ять типів біологічних агентів, які споконвічно існують у природі. Згадаймо: у будь-якому потічку каміння та інші тверді предмети слизькі від біоплівки; немає озерця без мулу на дні — верхній шар якого аеробний, нижній — анаеробний; найкращі бактерії-деструктори живуть у ґрунті, що зрошується забрудненими водами; в кожній річці, що інтенсивно забруднюється органічними речовинами, можна спостерігати просторову сукцесію гідробіонтів, яка забезпечує поступове самоочищення води в ній. Активний мул "придумали" англійці Ардерн і Локкет, мікробіологічний метод — наша співвітчизниця, дослідниця з Києва Наталія Путиліна, гранульований анаеробний мул — нідерландський учений Леттінга.

- Біологічне очищення води було, є і буде основним методом охорони природних вод від хімічного та біологічного забруднення. В перманентному і вічному самоочищенні води гідробіонти беруть участь з моменту їхньої появи у воді. Абсолютно всі вони завдячують своїм існуванням незбагненному, гідному подиву, шаленому потягу до розмноження, а також тим органічним речовинам, які потрапляють у воду з ґрунту чи повітря або утворюються в результаті фотосинтезу і які з погляду людини є речовинами, що забруднюють воду, а для гідробіонтів-гетеротрофів вони є єдиним джерелом живлення.

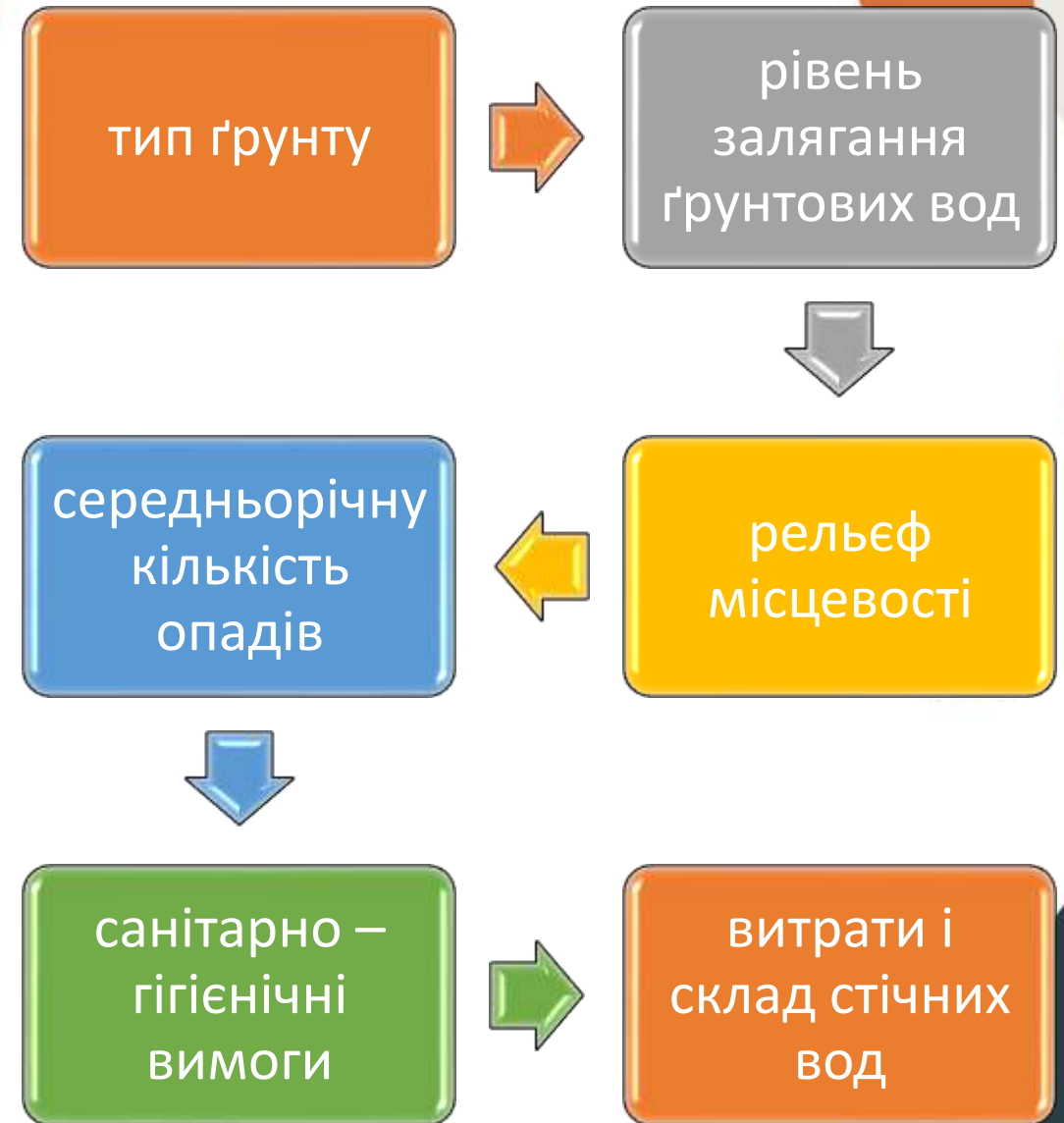
- Біотехнологія очищення води у всіх високорозвинених країнах — найбільш великотоннажна не тільки серед біотехнологій (давніх, як випікання хліба, одержання кисломолочних продуктів та продуктів бродіння; нових, як біосинтез лікарських засобів типу антибіотиків, інтерферону чи інсуліну), а й серед відомих людині технологій взагалі. В Англії, наприклад, біологічно очищають за добу більше води, ніж виготовляють сиру, молока, м'яса за рік. Згідно з елементарним підрахунком, у колишньому СРСР протягом року піддавалось біологічному очищенню приблизно стільки ж тонн стічних вод, скільки видобувалось корисних копалин, вироблялось сільськогосподарської та промислової продукції за десять років.

2. Природне біологічне очищення стічних вод

- Існують два види біологічного очищення: **природне** та **штучне**.
Природне біологічне очищення передбачає використання ґрунтових методів очищення і очищення стічних вод в біологічних ставках.

Споруди ґрунтової очистки

- Ґрунтові методи очищення базуються на використанні як біологічних (гниття, біоокиснення), так і фізичних (випарювання, фільтрування, виморожування) процесів. Споруди ґрунтової очистки використовують переважно для очищення побутових стічних вод. При використанні способу ґрунтового очищення слід брати до уваги таке:



За продуктивністю їх поділяють на:

малі

- пропускна здатність до 1 тис м3

середні

- пропускна здатність до 50 тис м3

великі

- пропускна здатність понад 100 тис м3

- ***Малі споруди ґрунтової очистки*** за конструкцією – фільтрувальні колодязі, пісочно – щебеневі фільтри, фільтрувальні траншеї з природним або штучним шаром ґрунту.
- ***Середні споруди біологічної очистки*** – поля підземного зрошення і підземної фільтрації.
- ***Великі споруди біологічної очистки*** – землеробські поля зрошення, комунальні поля зрошення і поля наземної фільтрації.

- На РИСУНКУ 1 зображена схема очисних споруд з полями зрошення при цілорічному прийманні очищених стічних вод з сезонним регулюванням їх подачі. Землю поливають лише в період вегетації, а після його закінчення стічні води надходять до ставків – накопичувачів, місткість яких дорівнює 6-ти місячним витратам стічної води.

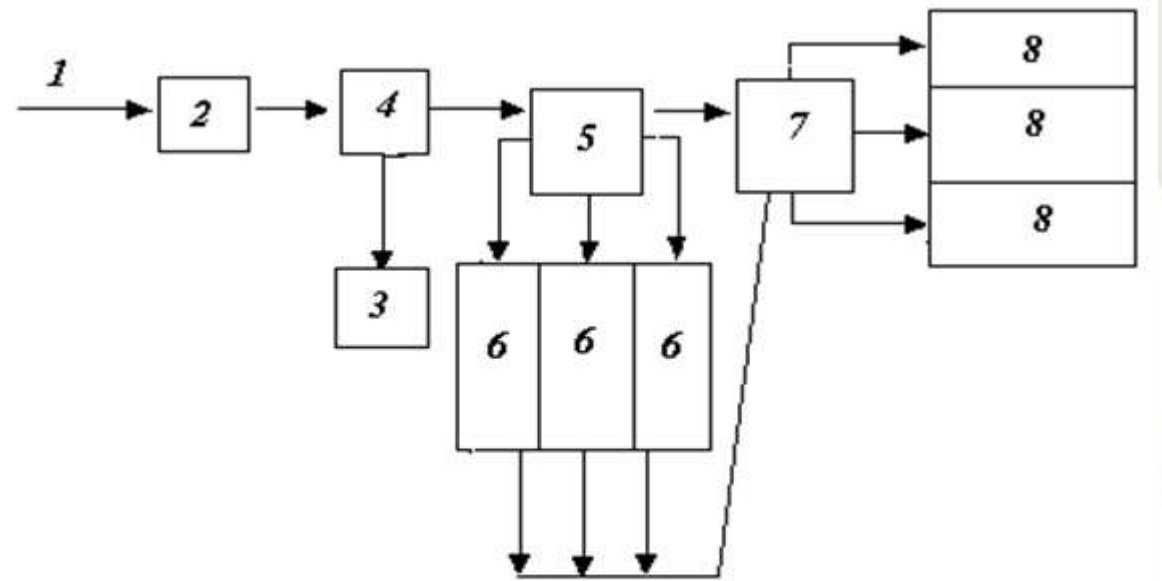


РИСУНОК 1. СХЕМА ОЧИСНИХ СПОРУД З ПОЛЯМИ ЗРОШЕННЯ

1 – стічні води, що надходять на очищення; 2 – решітка з дробаркою; 3 – відстійники; 4 – споруди для обробки осаду; 5 – розподільний пристрій; 6 – ставки – накопичувачі; 7 – споруди для розподілу стічних вод по полях зрошення; 8 – поля зрошення

Біологічні ставки

- Великого поширення набули біологічні ставки та лагуни — штучно створені водойми, в яких очищення відбувається завдяки природним процесам самоочищення. Ці процеси іноді трохи стимулюються додатковою примусовою, здебільшого механічною, аерацією. Окиснювальна здатність біоставків і лагун дуже невисока, функціонують вони переважно в теплу пору року, займають величезні території, забруднюють повітря, поверхневі водойми та підземні водоносні горизонти. Процеси, що відбуваються в них, є практично некерованими і малоефективними.

Біологічні ставки поділяють на:

аеробні

анаеробні

проміжні
(факультативно
анаеробні)

- Аеробні біологічні ставки в свою чергу поділяють на аеробні з природною аерацією (глибина до 1 м) і аеробні зі штучною аерацією (глибина до 3 м). Найбільш поширеними спорудами є аеробні ставки з природною аерацією.

- Розрахунок часу перебування стічних вод у аеробному ставку з природною аерацією можна зробити за формулою:

$$T = (B \times C_v \times H) / 1000 F \times S$$

- де B – калорійність сухої речовини водоростей, кал/мг, приймають за 4,61;
- C_v – концентрація водоростей, мг/л;
- H – глибина ставка, см;
- F – коефіцієнт використання сонячної енергії водоростями;
- S – енергія сонячної радіації, кал/см² на добу.

- Використання споруд ґрунтового очищення стічних вод для знешкодження навіть побутових стічних вод слід розцінювати як анахронізм, що свідчить про відсутність гігієнічної та екологічної культури. Спроби очищати промислові стічні води ґрунтовими методами можна віднести до екологічних злочинів, бо таке очищення супроводжується і забрудненням повітря, і проникненням токсичних речовин у підземні водоносні горизонти, і виведенням на тривалий час, а іноді й назавжди, значних земельних площ із сільськогосподарського вжитку. Ґрунтові методи, очевидно, можна використовувати тільки для глибокого доочищення (наприклад, від залишкових концентрацій фосфору та інших біогенних речовин) ретельно очищених слабкомінералізованих стічних вод.

3. Штучне біологічне очищення стічних вод

- До індустріальних, штучних методів біотехнології очищення належить обробка стічних вод аеробними (у біофільтрах, аеротенках тощо) та анаеробними (у метантенках, біореакторах тощо) організмами.

- Штучні методи очищення води відомі здавна. Спочатку виникла ідея (у 1893 р. її було реалізовано в Англії) біологічного фільтрування води крізь спеціальне завантаження, що обросло біологічною плівкою. В Англії (м. Екзетер) у 1895 р. було введено в експлуатацію так званий септик - споруду для анаеробної обробки комунальних стічних вод. Через два роки подібний септик було споруджено в Індії (м. Бомбей). У 1914 р. в Англії було створено перший аеротенк, робота якого ґрунтувалася на функціонуванні дуже складного біоценозу, що дістав назву "активний мул". Останнім часом проводять дослідження й реалізують на практиці очищення деяких промислових і побутових стічних вод за допомогою анаеробних мікроорганізмів — як вільноплаваючих (завислий або гранульований анаеробний мул), так і прикріплених (імобілізованих) до різноманітних насадок.

Принципова технологічна схема механо – біолого -хімічного очищення стічних вод передбачає проходження стічною водою таких трьох стадій:

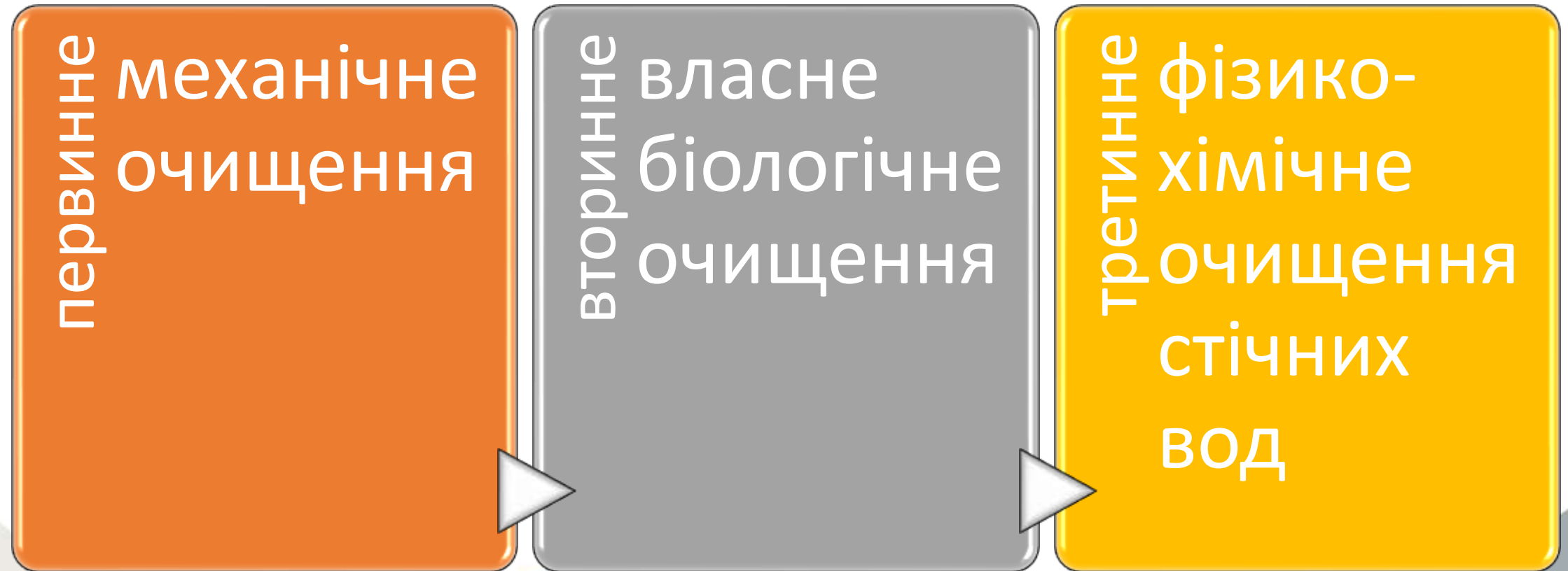
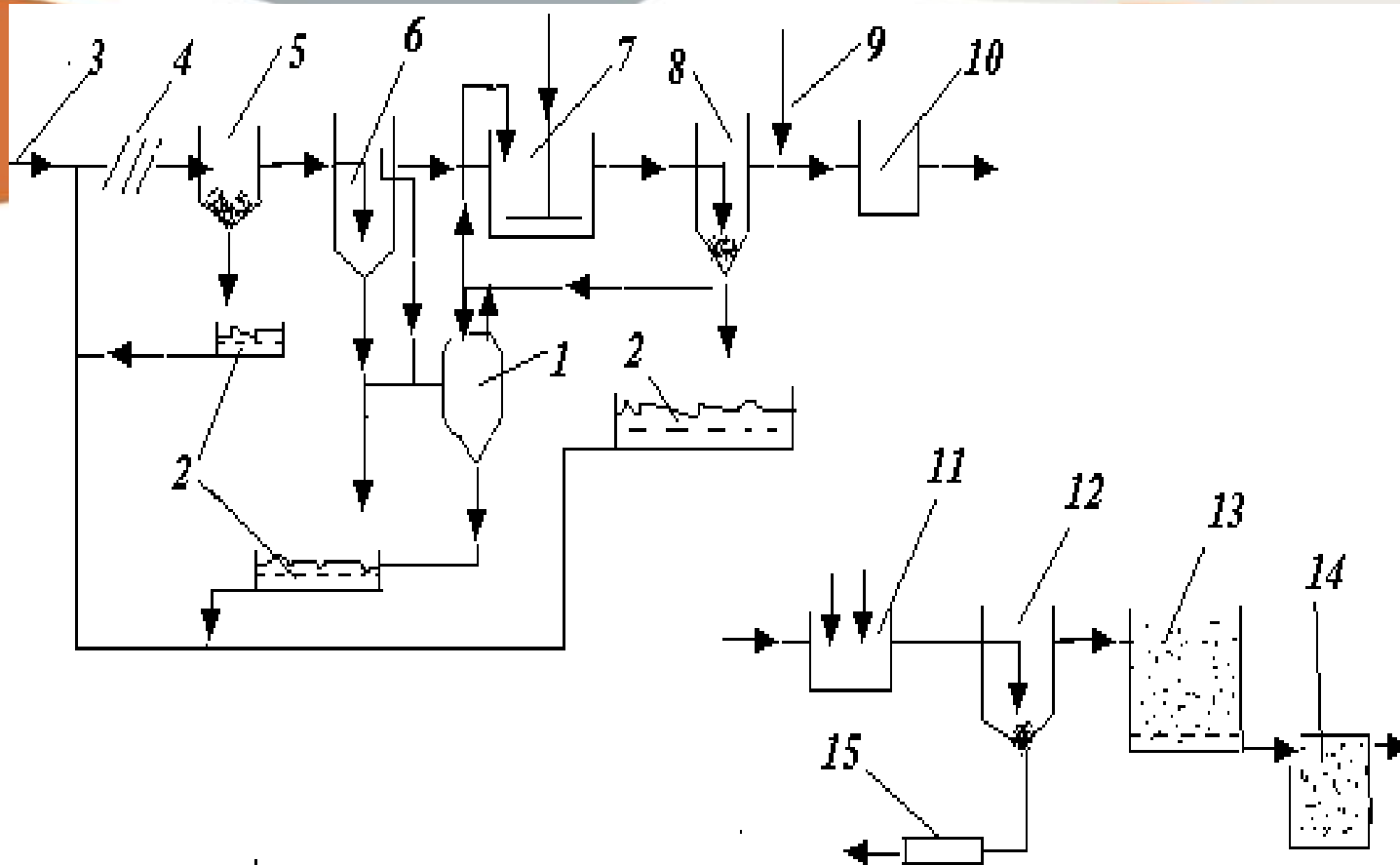




РИСУНОК 2. ЗАГАЛЬНА СХЕМА БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

1 — метантенк; 2 — мулові
майданчики; 3 — стічна вода; 4 —
решітки; 5 — піскоуловлювач; 6 —
первинний відстійник; 7 —
біореактор (аеротенк); 8 —
вторинний відстійник; 9 — ємкість
для хлорування; 10 — контактний
резервуар; 11 - ємкість для
флокуляції - коагуляції; 12 —
відстійник; 13 — піщаний фільтр; 14
— фільтр з активованим вугіллям; 15
- згущувач осаду



- Під час механічного очищення стічна вода 3 проходить крізь решітки 4, де затримуються грубі механічні домішки, потім крізь піскоуловлювач 5, де відокремлюється пісок, і, нарешті, потрапляє у первинні відстійники 6, де завдяки силам гравітації все, що важче за воду, осідає на дно, збирається і відкачується в метантенки 1 на зброджування або через певний проміжок часу (іноді один раз за квартал) випускається на мулові майданчики з дренажем 2, а все, що легше за воду, - підіймається на поверхню води, де згрібається спеціальними пристроями в бункер і теж направляється в метантенк.

- Біологічні процеси відбуваються у воді на всіх етапах проходження її крізь очисні споруди. Більше того, вони розпочинаються в момент утворення стічних вод, тривають під час збирання і транспортування цих вод до очисних споруд (у каналізаційних мережах), не припиняються після будь-якого, навіть найбільш ретельного очищення і знезараження води.

- Однак найбільш помітне біологічне очищення стічних вод відбувається саме на другій — біологічній — стадії, де вже згадувані біоплівка, активні аеробні чи гранульовані анаеробні мули, спеціально селекціоновані мікроорганізми-деструктори чи сформовані у трофічний ланцюг гідробіоценози у спеціально створених для них умовах у відповідних спорудах інтенсивно розмножуються, споживаючи з води органічні сполуки та інші речовини, які ми розглядаємо як забруднення. Біомасу гідробіонтів, що наростає під час очищення води, відділяють у так званих вторинних відстійниках 8 (див. рис. 2), звідки її подають або в метантенки 1 або на мулові майданчики 2.

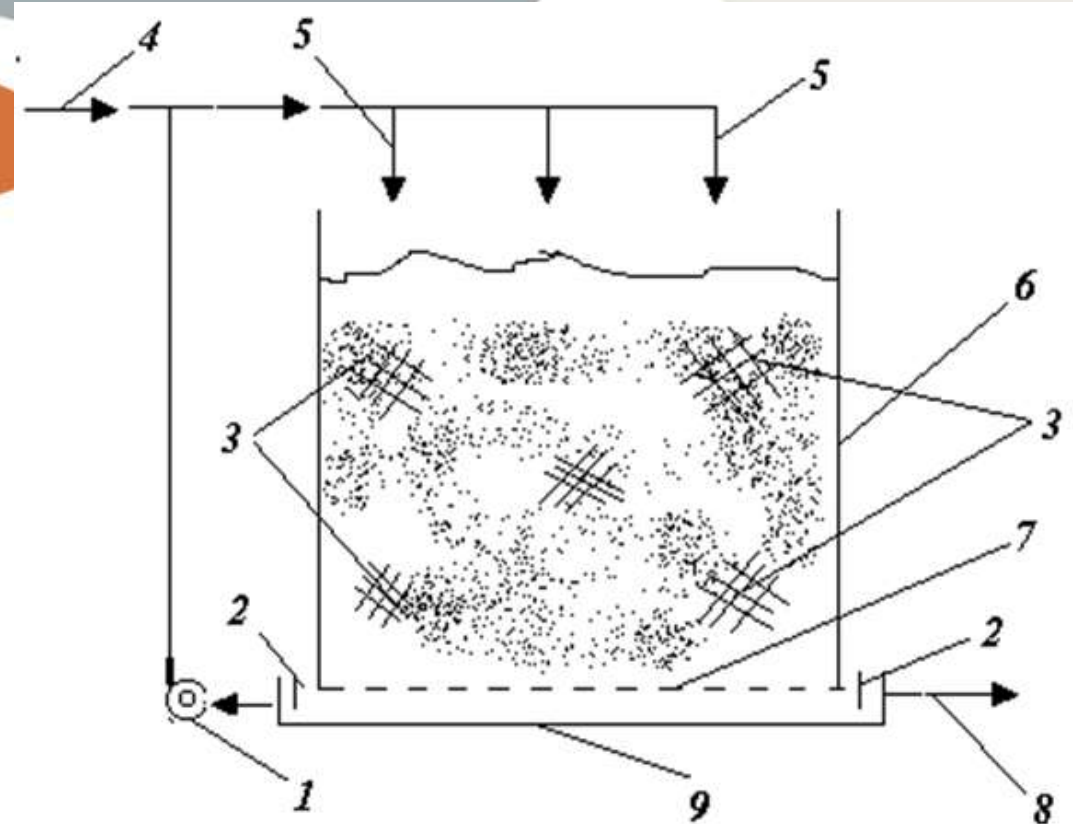
- Третинне очищення води полягає в основному у спробі знезаразити воду-знищити можливо наявні в ній епідемічні небезпечні організми та вібріони (збудники захворювань травного каналу - холери, дизентерії, гепатиту тощо). Для цього використовують переважно хлорування, іноді — опромінювання ультрафіолетовим світлом, ще рідше — озонування. У разі обробки очищених стічних вод хлором 9 їх витримують протягом 20-30 хв у контактних резервуарах 10, після чого скидають у відкриті водойми. Експериментально доведено, що така обробка води, яка містить значні кількості (десятки міліграмів у літрі) органічних речовин (а сюди належать усі без винятку, навіть найретельніше очищені стічні води і переважна більшість поверхневих природних вод), призводить до утворення найрізноманітніших хлорорганічних речовин — від не дуже шкідливого хлороформу до надтоксичних діоксинів, серед яких трапляються дуже активні і смертельно небезпечні мутагени.

- Для повного, надійного і безпечного доочищення води у світі розробляються різноманітні схеми, найтипівіша з яких включає процеси обробки флокулянтами і коагулянтами 11, відстоювання 12, фільтрування крізь пісок 13 і, нарешті, крізь активоване вугілля 14. Осади, що утворюються внаслідок коагулювання, і відстоювання, згущують на центрифугах, фільтр-пресах чи барабанних вакуум-фільтрах 15 і складують у балках, яругах чи на звалищах.
- Нині найбільш популярні і поширені в Україні та інших розвинених країнах біологічні методи очищення води ґрунтуються на використанні біоплівки, й особливо, активного мулу.

3.1. Очищення стічної води за допомогою біоплівки

- Біоплівка — головний діювий гідробіоценоз таких очисних споруд, як біофільтри та обертові біоконтактори.

- Типовий, "класичний" біофільтр — це кругла, багатогранна чи прямокутна в плані залізобетонна ємкість 6 (РИСУНОК 3) з несправжнім дном 7, в яку вміщено (насипано) завантаження 3.

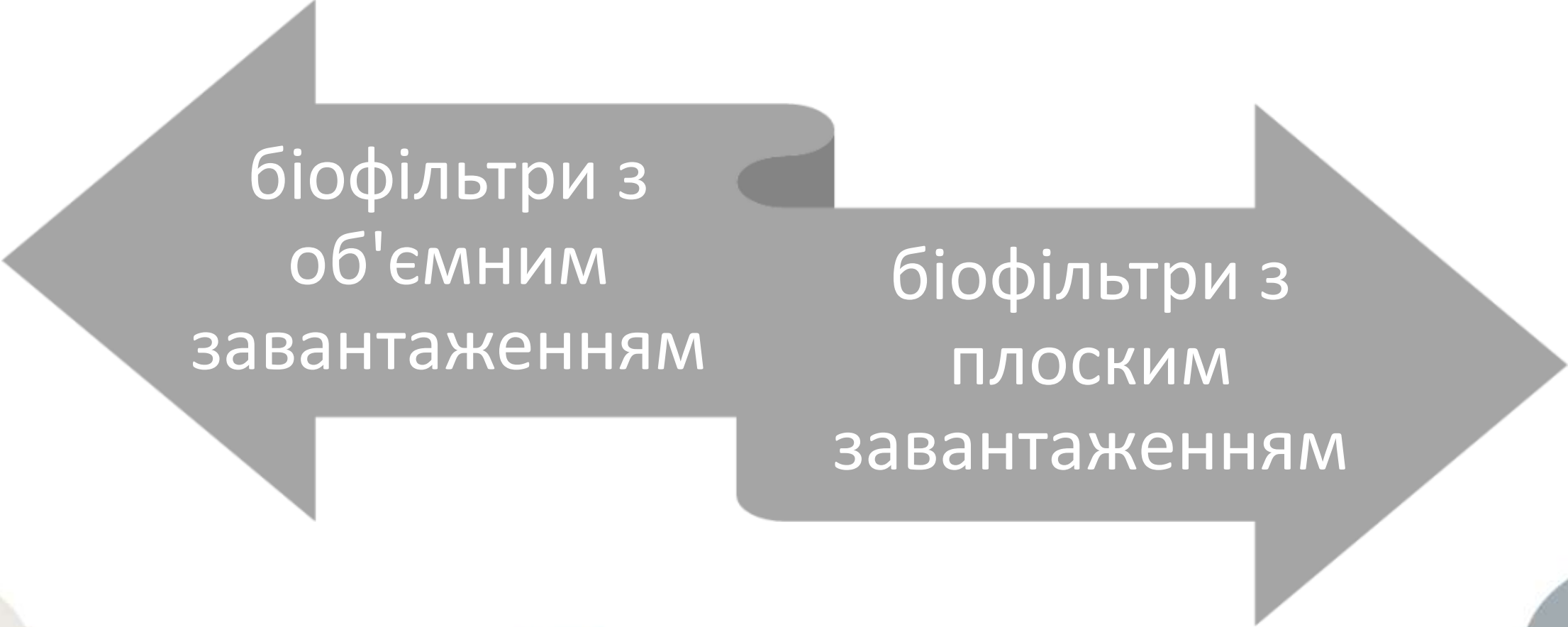


1 – насос; 2 – вентиляційні вікна; 3 – завантаження; 4 – подача стічної води; 5 – розбризкувальні пристрої; 6 – корпус біофільтра; 7 – несправжнє дно; 8 – відведення очищеної води; 9 – піддон

- На цій поверхні розвиваються найрізноманітніші гідробіонти, що власне і становлять біоплівку. Стічна вода 4, що надходить на очищення, розбризкується тим чи іншим пристроєм 5 по всій поверхні завантаження біофільтра, стікає, омиваючи біоплівку, вниз і збирається у піддоні 9, звідки насосом рециркулюється крізь біофільтр для повторного її очищення. Для забезпечення біоплівки, що обростає завантаження в усьому тілі біофільтра киснем повітря, в нижній частині біофільтра передбачено вентиляційні вікна 2. Для запобігання замерзанню води в біофільтрах їх споруджують у приміщеннях або укомплектовують вентиляційними системами з калориферами. На період роботи вентиляторів і підігрівання повітря (взимку) вентиляційні вікна 2 герметизують.

- Сучасні невеликі біофільтри, призначені для локального очищення стічних вод окремих будинків, вкопують у землю або обваловують, зверху герметизують кришками, в яких монтують маленькі вентилятори, що подають повітря крізь завантаження біофільтра згори вниз. Виходить повітря з біофільтра по тій самій трубі, по якій витікає очищена вода.

За типом завантаження біофільтри поділяють на дві категорії:



біофільтри з
об'ємним
завантаженням

The diagram consists of two large, grey, stylized arrows pointing in opposite directions. The left arrow points to the left and contains the text 'біофільтри з об'ємним завантаженням'. The right arrow points to the right and contains the text 'біофільтри з плоским завантаженням'. The background is white with abstract, organic shapes in orange, grey, and dark blue at the corners.

біофільтри з
плоским
завантаженням

- У разі об'ємного, як правило насипного, завантаження застосовують гравій, керамзит, шлак, кільця Рашига, Палля, сідла Берля, "інталькс", пластмасові вироби різноманітних конфігурацій та розмірів. Питома поверхня об'ємного завантаження становить від 70 до 300 м²/м³.



- Плоске завантаження — це переважно блокові вироби з шиферу, пластмас, тканин, ниток, волокон (виготовлених, наприклад, у вигляді "йоржів" чи "вій") тощо. Питома поверхня їх може досягати $10000 \text{ м}^2/\text{м}^3$.

- Біофільтри не потребують особливих затрат на аерацію. Однак вважається, що біофільтр не може нормально функціонувати без рециркулювання рідини, яку очищають, бо основна маса води проходить крізь біофільтр дуже швидко, і за цей короткий проміжок часу весь бруд не встигає осісти на біоплівці, що міститься на насадці. Однак рециркулювання має свої недоліки, пов'язані не лише зі значними витратами електроенергії на перекачування води, а й зі збільшенням об'ємів відстійників, підвищенням навантаження на біофільтр за забрудненнями, схильністю до колюматації завантаження, а найголовніше — з вирівнюванням якісного складу біоценозів біоплівки по всій висоті біофільтра. Доречно зазначити, що біоплівка на зернах піску виконує чи не найважливішу роль в очищенні питної води від розчинених органічних сполук під час пропускання її крізь шар піску, особливо в так званих повільних фільтрах.

- Своєрідним різновидом біофільтра можна вважати відносно новий тип очисних споруд, що набуває всезростаючої популярності в США, Великій Британії, Нідерландах та інших країнах, а саме **мочари** (wetlands).

- Мочари - це інженерна споруда в землі, "лежачий біофільтр" (РИСУНОК 4) з гравійним завантаженням 2, розміщеним невеликою товщиною (до 1 м) на надійній гідроізоляції 1 з синтетичної плівки. Стічна вода 4 після ретельного механічного очищення розподіляється по ширині мочари перфорованою трубою 3 і дуже повільно просочується впродовж тривалого часу (1-3 доби) крізь обросле біоплівкою завантаження 2, на якій, крім того, щільно ростуть водяні рослини 5 — рогіз, комиш, водяний перець, череда, аїр тощо, які сприяють аерації води, що очищається, вилучають з неї біогенні елементи, зокрема фосфор, калій, азот, а також важкі метали, і завдяки своїй розгалуженій кореневій системі збільшують поверхню обростання біоплівкою. Природно очищена вода збирається перфорованою трубою 6 і відводиться в найближчий потік.

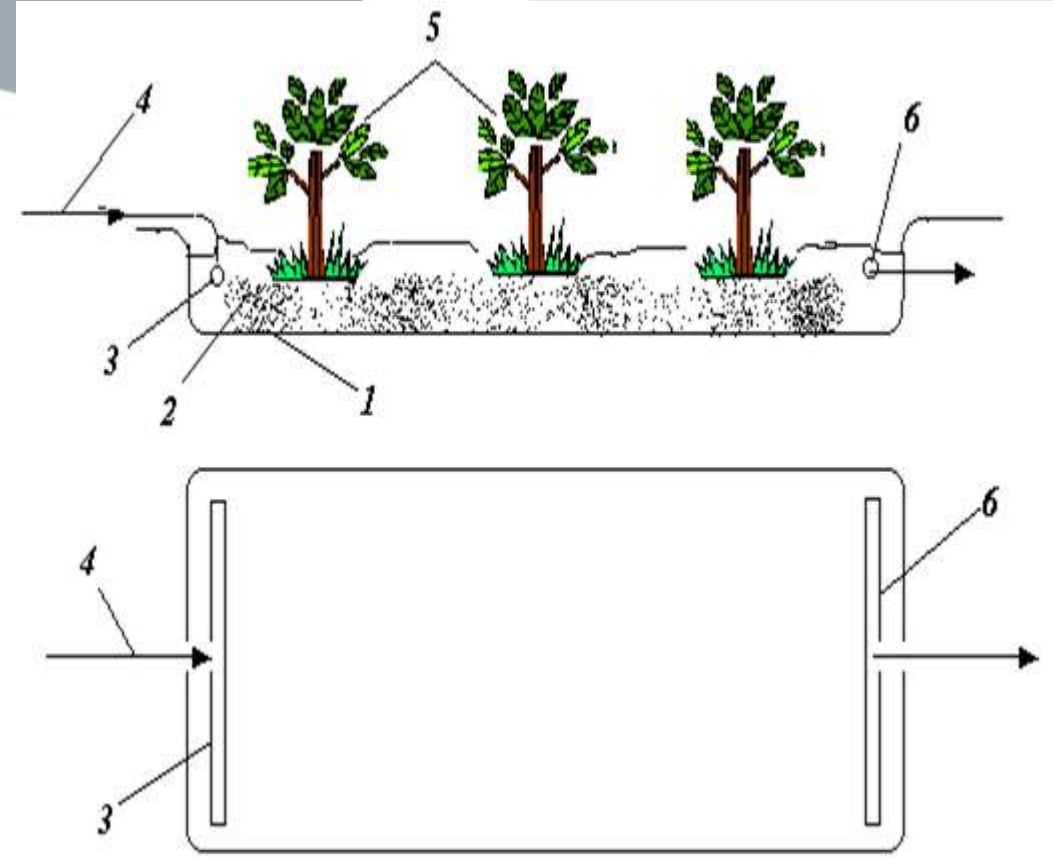


РИСУНОК 4. МОЧАРИ

1 – гідроізоляція; 2 – гравійне завантаження; 3 – розподільна труба; 4 – стічна вода; 5 – водні рослини; 6 – труба збору очищеної води

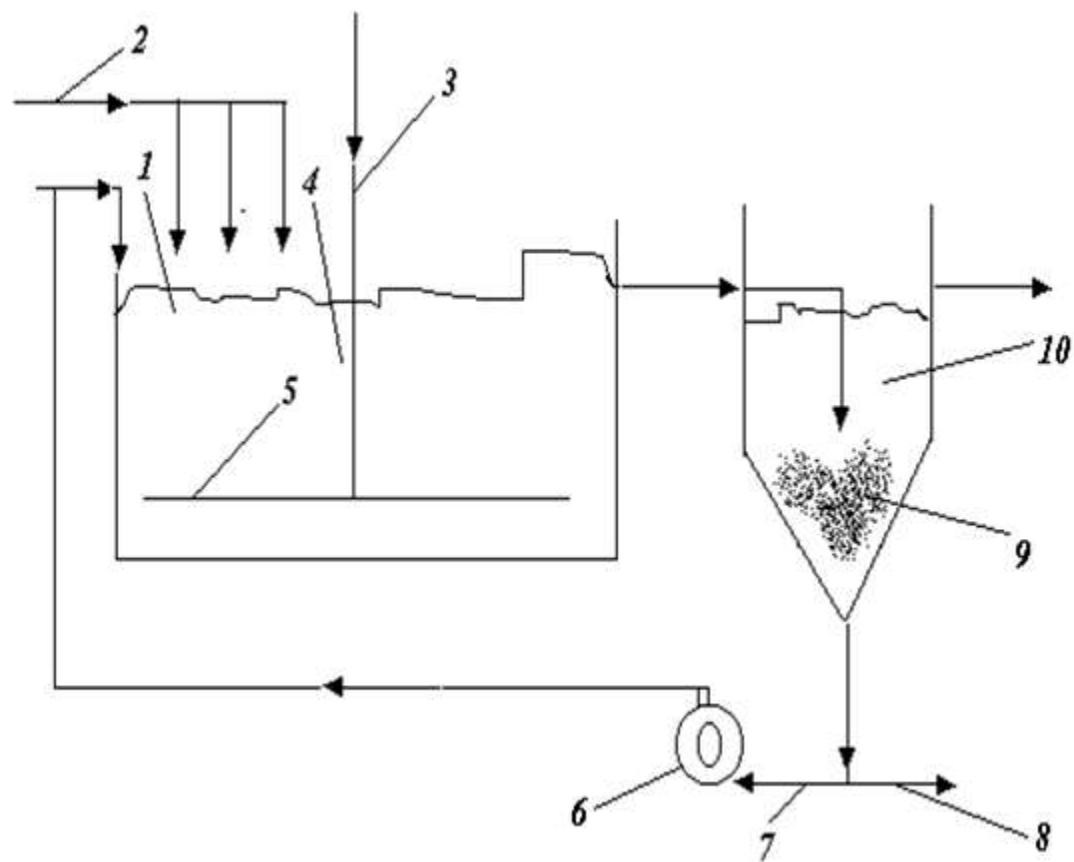
- Така очисна споруда не потребує жодних енергетичних затрат на аерацію, переміщення води, вона проста в обслуговуванні, екологічно бездоганна і повинна зайняти гідне місце в системі очищення стічних вод в Україні.

- Біоплівка є основою функціонування ще одного типу очисних споруд, об'єднаних загальною назвою **обертіві біоконтактори**. Це напівзанурені у стічну воду металеві або пластмасові диски, барабани з різноманітних синтетичних матеріалів у вигляді склеєних між собою під різними кутами листів шиферу, волоконних йоржів, "вій", що інтенсивно обростають біоплівкою. Ці диски чи барабани прикріплені до вала, що повільно (1-4 оберти за хвилину) обертається, і біоплівка, яка наростає на розвиненій поверхні біоконтакторів, постійно то занурюється у стічну воду, перемішуючи її та сорбуючи й адгезуючи з неї розчинені та завислі органічні речовини, то підіймається у повітря, де добре аерується й окиснює (розкладає, мінералізує) зазначені забруднення. Частина біомаси зривається водою, суспендується в ній і теж бере участь в її очищенні. Надлишкова біомаса виноситься з очищеною водою у вторинний відстійник, де й осідає. Біоконтактори використовують, як правило, на біологічних очисних спорудах невеликої потужності, їх розміщують в обвалованих ґрунтом приміщеннях. Біоплівка має низку незаперечних достоїнств. Вона дуже стійка проти будь-яких змін у складі та кількості стічної води, не боїться залпових скидів, витримує короточасну негативну дію токсичних речовин, швидко відновлює свої очисні функції після зняття збурювальних чинників.

3.2. Особливості очищення стічної води з використанням аеротенків

- "Класичний" аеротенк 4 (РИСУНОК 5) — це залізобетонний канал завглибшки 4-5 м, завширшки 3-11 м (залежно від потужності), завдовжки 50-150 м (залежно від ступеня забрудненості стічних вод). Стічну воду 2 подають з одного або декількох місць, вона контактує з регенованим активним мулом, переміщується й аерується повітрям 3, що подається в розміщений на дні аеротенка пристрій 5 для розпилення повітря. Після біологічного очищення, яке триває 4-48 год, вода перетікає у відстійник 10, в якому активний мул 9 осідає, й основну його кількість — так званий "зворотний мул" — за допомогою ерліфта чи насоса 6 подають "в голову" аеротенка, в ту його частину, що зветься "регенератором", де за інтенсивної аерації відбувається відновлення якості активного мулу: він перетравлює сорбовані раніше зі стічних вод органічні сполуки, особливо ті, що розкладаються повільно, "голодніє" і готується до інтенсивного очищення нової порції свіжої стічної води 2. Надлишок активного мулу, що так і зветься "надлишковим мулом" 8, подають на стабілізацію, ущільнення, зневоднення, складування, а в міру можливості й на подальше використання, наприклад, для одержання біогазу, добрив тощо.

РИСУНОК 5. «КЛАСИЧНИЙ» АЕРОТЕНК»



- Взагалі осади, що утворюються під час очищення стічних вод, у тім числі й надлишковий активний мул, є дуже непростю проблемою, над розв'язанням якої працює вже не одне покоління науковців в усьому світі.

Створено багато найрізноманітніших конструктивних модифікацій аеротенків. Класифікують аеротенки за численними ознаками:

- • конструктивними: прямокутні, круглі, овальні, комбіновані, баштові, шахтні, фільтротенки, флототенки та ін.;
- • структурою потоку: витискувачі, змішувачі, комірчаного, проміжного типу із розосередженим випусканням рідини, яку очищають, з нерівномірно розподіленим подаванням стоку;
- • способом відокремлення активного мулу та його регенерації: аеротенки з відстійниками та регенераторами, розміщеними окремо, сумісні з відстійниками та регенераторами:
- • навантаженням на мул: з великим, звичайним і низьким навантаженням;
- • кількістю ступенів: одно-, дво- та багатоступінчасті;
- • типом системи аерації: з пневматичною, механічною, поверхневою, заглибною, пневмомеханічною, комбінованою, гідродинамічною системами;
- • типом аерації: звичайні аеротенки (з аерацією повітрям) та окситенки (з аерацією киснем або повітрям, збагаченим киснем).

Аеротенки мають незаперечні позитивні якості, що особливо виявляються під час очищення побутових стічних вод:



- Однак така велика різноманітність аеротенків викликає сумнів щодо високої досконалості цих споруд. Труднощі, з якими стикаються виробники під час експлуатації аеротенків для очищення промислових стічних вод у разі потрапляння в стічні води токсичних речовин (ксенобіотиків, йонів важких металів), залпових скидань тощо, які часто супроводжують очищення стічних вод, стимулюють пошуки нових рішень.

- Найбільша технологічна цінність активного мулу полягає в його здатності утворювати великі і досить важкі конгломерати - флокули, які відносно легко і швидко (протягом 1,5-2 год) осідають у звичайних гравітаційних відстійниках, відокремлюються від очищеної ними води. Вода стає прозорою і чистою. Частину активного мулу можна спрямовувати на початок аеротенка і тим самим забезпечувати потрібну концентрацію (засів, "закваску") активного мулу в стічній воді, що надходить на очищення. Однак технологічно привабливе рішення із зворотним активним мулом не витримує критики з біологічного погляду. Адже в цьому разі біоценоз аеробних гідробіонтів, які живуть у відносно чистій воді в кінці аеротенка, після не менш ніж півторагодинного витримування в безаераційних умовах вторинного відстійника переміщують у забруднену стічну воду на початок цього аеротенка.

- І цей біоценоз потрапляє у шкідливу або й токсичну для переважної більшості гідробіонтів активного мулу рідину, що аж ніяк не сприяє нормальній їхній життєдіяльності, а отже, й очищенню води. Тому виникає парадокс: що краще, до більш високих кондицій очистять гідробіонти активного мулу стічну воду, то в гіршу ситуацію вони потраплять, коли їх перенесуть з цієї чистої води у початкову стічну воду. Багато гідробіонтів загине, а інші довго адаптуватимуться до цих складних і несприятливих умов існування. Тому в аеротенку відбувається своєрідне саморегулювання поганого очищення.

- Отже, навіть найкращий активний мул за найсприятливіших, ідеальних умов, на жаль, не може забезпечити бажану і навіть стандартизовану у нас глибину очищення стічних вод до концентрації органічних сполук 3-4 мг/дм³. Однак про більш-менш сприятливі умови в такій справі, як очищення стічних вод, годі й мріяти. У стічні води, навіть у звичайні, побутові, нерідко, якщо не сказати постійно, потрапляють токсичні синтетичні речовини — ксенобіотики, яких раніше просто не було в природі, синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР), штучні барвники, йони важких металів, зокрема хромати, різноманітні органічні розчинники, а також нафтопродукти, стічні води з підвищеним вмістом солей тощо.

- Залпове скидання таких речовин призводить до розпадання флокул активного мулу, його спучування і відповідно масового винесення з вторинних відстійників іноді з такою інтенсивністю і в такій кількості, що щезає можливість забезпечення споруди зворотним мулом. Аеротенк перестає функціонувати як біологічна очисна споруда і перетворюється на звичайний транзитний канал стічних вод. Для відновлення роботи аеротенка після такої аварії необхідно завозити з інших очисних споруд значну кількість активного мулу як посівного матеріалу, поступово нарощувати біомасу активного мулу, адаптувати його до даних стічних вод, що іноді вимагає 2—3 місяці часу.

3.3. Особливості анаеробного очищення стічних вод

- Анаеробні бактерії відіграють велику роль в очищенні води. Вони живуть упродовж усіх етапів формування, транспортування й очищення стічних вод. Нестерпний запах побутових стоків, що надходять до очисних споруд, — це результат життєдіяльності анаеробних бактерій. Непоодинокі смертельні випадки з персоналом, що обслуговує каналізаційні колектори, трапляються від задухи внаслідок перебігу анаеробних процесів, які відбуваються всюди, де є поживні речовини і нестача кисню. Анаеробні бактерії виявлено навіть у місцях з інтенсивною аерацією — у флокулах активного мулу, в нижніх шарах біоплівки. Там, де така аерація відсутня, наприклад у відстійниках, особливо первинних, анаеробні процеси можна виявити за запахом, а також за виділенням газів на поверхні води.

- Анаеробні процеси використовуються для очищення води з кінця минулого століття у відкритих глибоких ємкостях — септиках, де відбуваються як звичайне механічне відстоювання завислих домішок стічних вод, так і їх біологічне анаеробне зброджування.

- Особливого поширення набули процеси метанового зброджування осадів, у тім числі й надлишкового мулу, в спеціальних закритих герметичних залізобетонних спорудах — метантенках. У метантенках відбуваються надзвичайно складні, досі ще остаточно не вивчені процеси перетворення різноманітних органічних речовин на кінцеві продукти метаболізму анаеробних бактерій: метан, вуглекислий газ, водень, аміак, сірководень. Анаеробні процеси зброджування проводять у мезофільному (30 - 35°C) або термофільному (50-55°C) режимі, а горючі гази, що утворюються (метан, водень), використовують як енергоносії. Процеси розкладання мулу в метантенках тривають 10-30 діб і потребують ретельного інженерного забезпечення.

- Внаслідок зброджування надлишкового активного мулу гідробіонти упродовж тривалого часу автолізуються, гідролізують усі складні високомолекулярні сполуки (білки, ліпіди, поліцукри, нуклеїнові кислоти тощо), з яких складається їхнє тіло, до простих речовин (амінокислот, вуглеводів, низькомолекулярних кислот та ін.), які можуть засвоювати анаеробні бактерії.

- Вочевидь, застосування аеробних гідробіоценозів - біоплівки та активного мулу - вже на самому початку процесу очищення води і розв'язання створюваної проблеми надлишкової біомаси — не найкращий шлях в охороні водного басейну від антропогенного хімічного та біологічного забруднення. Тому під час очищення деяких висококонцентрованих (понад 1000 мг O₂/л за БСК) стічних вод, зокрема харчової промисловості (спиртових, крохмалепатокових та інших заводів), свиноферм, птахофабрик, почали використовувати анаеробні мікроорганізми.

- При цьому різко зменшились експлуатаційні затрати на процес очищення стічних вод, з'явилась можливість одержання горючого біогазу, кормових концентратів, що містять вітамін B12, органо-мінеральних добрив. Однак великого поширення анаеробні процеси не знайшли через багато об'єктивних і суб'єктивних причин. Основні з них полягають у виділенні під час очищення стічних вод вибухонебезпечних і отруйних газів (метану, гідрогенсульфуру). у потребі висококваліфікованого обслуговування анаеробного процесу, певної його нестійкості до залпових скидань токсичних речовин, значної тривалості перебування стічних вод в очисній споруді.

- Ситуація дещо поліпшилась із застосуванням іммобілізованих, закріплених на різних субстратах (носіях) анаеробних мікроорганізмів, а також з усвідомленням того факту, що деякі промислові стічні води, зокрема хімічних, фармацевтичних, газопереробних підприємств, не можуть бути очищені за аеробних умов і на початкових стадіях процесу очищення потребують участі анаеробних мікроорганізмів.

- У 70-х роках ХХ ст. голландський вчений Леттінга помітив, що за певних умов анаеробні мікроорганізми формують гранули, які не виносяться потоком рідини з біореактора, а досить швидко осідають на дно. Під такий анаеробний гранульований мул Леттінга розробив спеціальний очисний апарат - Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor (UASBR – реактор) - з висхідним потоком стічної води. Цей висхідний потік підтримує шар гранульованого мулу у завислому стані, проходить крізь нього, забезпечуючи відмінний масообмін між забрудненнями стічних вод та мікроорганізмами, які їх споживають. Внаслідок глибокого анаеробіозу утворюється біогаз, що на 65-70 % складається з метану і може бути використаний як енергоносіє.

- Анаеробний гранульований мул швидко набув популярності, його досить широко використовують для очищення стічних вод переважно харчової промисловості. Розроблено понад два десятки типів анаеробних біореакторів — з низхідним потоком рідини, гібридні, мембранні тощо.

- Останнім часом проводяться роботи щодо використання анаеробного гранульованого мулу для очищення побутових (розбавлених за забрудненням) стічних вод, робляться спроби застосовувати такий мул для очищення стічних вод деяких хімічних підприємств.

- Анаеробний гранульований мул — велике досягнення в очищенні стічних вод. Він має незаперечні переваги порівняно з аеробним активним мулом, оскільки не потребує енергетичних затрат на аерацію і перемішування стічних вод, а, навпаки, виділяє високоенергетичне паливо - біогаз; анаеробний мул має майже на порядок менший економічний коефіцієнт і відповідно не створює таких великих додаткових труднощів з надлишковою біомасою, як звичайний аеробний мул.

- Навантаження за органічними забрудненнями, що їх вилучають, у деяких типах анаеробних біореакторів з висококонцентрованих стічних вод харчових виробництв, просто фантастичне: до 60 кг ХСК/м³ за добу (принагідно зазначимо, що споруди з біоплівкою мають окиснювальну здатність близько 0,5 кг ХСК/м³ за добу, а з активним мулом — 2,5 кг ХСК/м³ за добу). Анаеробні біореактори не викидають у повітря мікробних аерозолів і тому екологічно прийнятніші, ніж аеротенки.

- Недоліком анаеробного мулу є його певна вразливість токсичними речовинами, що можуть потрапити у стічну воду. Для формування і нарощування біомаси анаеробного мулу потрібно в декілька разів більше часу, ніж для аеробного: залежно від типу стічних вод ця процедура триває рік і більше. Тому в разі запускання в дію нових або реконструйованих очисних споруд анаеробний гранульований мул завозять з аналогічних очисних споруд, благо, що на відміну від аеробного активного мулу він стійкіший до тривалого зберігання, не потребує аерації під час транспортування, охолодження чи будь-яких інших технічних операцій для підтримування свого активного стану.

- На жаль, анаеробний мул не може очистити воду до кондицій, достатніх для скидання її у природні водні об'єкти, тому після анаеробної обробки стічну воду потрібно доочищати біологічно за аеробних умов або фізико-хімічними методами, наприклад за допомогою мембранної технології.

4. Особливості застосування окремих культур мікроорганізмів в біологічному очищенні стічної води

- У кінці 50-х років наша співвітчизниця Н. Путиліна запропонувала використовувати для очищення промислових стічних вод, що містили фенол, крезол, роданіди, спеціально селекціоновані мікроорганізми - деструктори цих речовин. Н. Путиліна із співробітниками навіть опублікували у 1964 р. працю "Микробный метод обесфеноливания сточных вод", проте сама ідея була настільки новаторською, що не тільки не зустріла підтримки, а й була піддана нищівній критиці з боку московських фахівців, що займалися очищенням води. Незабаром Н. Путиліна померла, і про її "мікробний метод" рідко хто згадував.

- Однак ситуація з очищенням стічних вод, як промислових, так і побутових (міських), за допомогою активного мулу постійно погіршувалась у зв'язку з тим, що в ці води надходило все більше і більше синтетичних речовин, зокрема синтетичних поверхнево-активних речовин, розчинників, барвників, пестицидів та інших сполук, які дістали назву "ксенобіотики", що в перекладі з грецької означає "чужі життю". Шкідливо впливають на гідробіонтів активного мулу також йони важких металів, що їх щедро спускають у каналізацію машинобудівні заводи, підприємства електронної, поліграфічної та інших галузей промисловості. Почастішали випадки спучення та винесення з аеротенків активного мулу, погіршилась якість біологічно очищеної води, в той час як вимоги до неї з боку природоохоронних та санітарно-епідеміологічних служб зросли, не допомогли численні інженерні новинки, навіть найбільш радикальні, такі як аерація активного мулу технічним киснем. Активний мул просто в принципі не здатний очищати воду від "жорстких", а тим більше отруйних речовин.

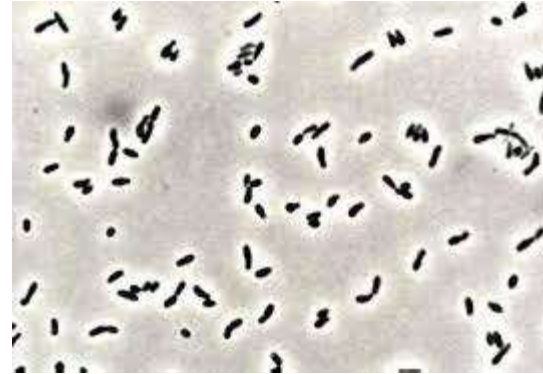
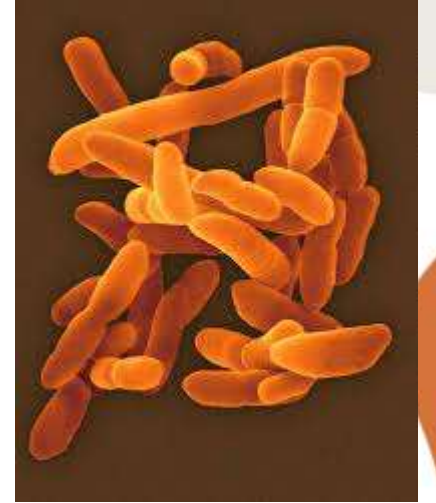
- Недаремно в "Санітарних нормах і правилах" напроти багатьох з цих речовин (хлорорганічних, нітросполук тощо) зазначено: БСК = 0. Вважається, що не тільки активний мул, а й взагалі будь-які організми не здатні деструктувати (мінералізувати) цілу низку синтетичних органічних сполук. Яскравим прикладом і доведенням цього твердження стала частка в біосфері пестициду ДДТ (4,4'-дихлордифеніл-трихлорметилметану), який не розкладається в біосфері, нагромаджується в жирових тканинах усіх тварин, аж до пінгвінів Антарктиди, тому його застосування на основі вищесказаного в цивілізованих країнах було заборонено.

- В американських наукових журналах друкувалися цілі списки хімічних речовин, що не розкладаються біологічно, куди потрапили практично всі хлорорганічні речовини, багато нітросполук, гетероциклічних синтетичних речовин тощо. Ці списки стали великим стимулом для вчених, особливо мікробіологів, які шукали і знаходили мікроорганізми, здатні за відповідних умов не тільки деструктувати згадані вище речовини, а й використовували їх як єдине джерело вуглецю та енергії. Виявлено мікроорганізми, що розкладають ДДТ, інші хлорорганічні пестициди і навіть діоксин.

- Стало цілком очевидним, що за допомогою спеціально підібраних селекціонованих мікроорганізмів можна очищати будь-яку стічну воду, забруднену розчиненими в ній навіть синтетичними сполуками, а не тільки фенолами, що дуже часто трапляються в природі.
- Однак промислове застосування окремі види бактерій знайшли в очищенні стічних і природних вод від неорганічних речовин, а саме від амонійного азоту, нітратів, йонів важких металів.

- Для очищення води від йонів амонію їх спочатку переводять у нітрати біологічним методом. Цей процес називають нітрифікацією. Відбувається він у дві фази за участю двох груп бактерій: одна з них окиснює амоній до нітритної кислоти ($\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_2^-$), а друга - нітритну кислоту окиснює до нітратної ($\text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$). Бактерії першої фази процесу нітрифікації представлені п'ятьма родами: *Nitrosospira*, *Nitrosococcus*, *Nitrosolobus*, *Nitrosovibrio*, а другої фази — трьома: *Nitrobacter*, *Nitrospira*, *Nitrococcus*. Бактерії обох груп належать до родини *Nitrobacteriaceae*. Нітрифікатори — аероби, автотрофи, які для росту і розмноження потребують кисню (аерації) і не потребують органічного джерела вуглецю, а використовують оксид карбону (IV).

- У процесі нітрифікації можуть брати участь і деякі гетеротрофні мікроорганізми, зокрема бактерії родів *Pseudomonas*, *Arthrobacter*, *Corynebacterium*, та деякі гриби - *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*.



- Утворені нітрати, в свою чергу, внаслідок прямої біологічної денітрифікації відновлюються або до аміаку, який є джерелом азоту для побудови складних клітинних речовин під час нарощування біомаси, або до молекулярного азоту, що виділяється з води у повітря. Перший процес називають асиміляторною денітрифікацією, його перебіг забезпечують специфічні факультативно-анаеробні бактерії, в основному родів *Pseudomonas* і *Paracoccus*. Денітрифікуючі бактерії використовують нітрати як акцептори електронів під час окиснення органічних речовин за відсутності кисню. У разі такого анаеробного дихання органічні забруднення води повністю окиснюються до CO_2 і H_2O . Цей процес варто використовувати на практиці як на початкових стадіях очищення води, так і для її глибокого біологічного доочищення.

- Дуже перспективним виявився відкритий нещодавно процес біологічного відновлення шестивалентного хрому до тривалентного за безкисневих, анаеробних умов. У цьому разі хромати перетворюються на гідроксид хрому (III) ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \rightarrow \text{Cr}(\text{OH})_3 \downarrow$) — практично не розчинний у воді продукт, який легко відокремлюється від води у відстійниках. Відновлювати шестивалентний хром можуть різноманітні бактерії, здатні інтенсивно знижувати окисно-відновний потенціал (ОВП) стічної води.

- Процеси біологічного (бактеріального) очищення води від фізіологічно та екологічно небезпечних йонів амонію, нітратів, йонів важких металів, у тім числі й шестивалентного хрому, непорівнювано простіші, дешевші, екологічніші за аналогічні фізико-хімічні процеси. Мікробні сульфат- і хроматредукція не потребують жодних реагентів, відбуваються без енергетичних експлуатаційних затрат, внаслідок їхнього перебігу утворюються компактні осади нерозчинних у воді сполук важких металів, а тому мають велику перспективу.

- Щоправда, використання окремих штамів бактерій для очищення води вимагає певних зусиль та дій для забезпечення утримування їх в очисних спорудах, недопущення вимивання очищуваною стічною водою. Для цього треба або змусити їх сполучатися в конгломерати, аналогічні "пластівцям" аеробного активного мулу чи гранулам анаеробного мулу (це поки що не вдається здійснити), або іммобілізувати ці бактерії на якихось не розчинних у воді субстратах (насадках). Найприйнятнішим типом іммобілізації мікроорганізмів з-поміж чотирьох відомих нині (адгезія, хімічне зв'язування, механічне утримування в полімерах, зокрема в гелях, електроутримування) виявилась звичайна природна властивість мікроорганізмів "приклеюватись" до твердої поверхні різних субстратів після адгезії.

Запропоновано дуже багато різноманітних насадок, які можна розділити на дві категорії:

1) регулярні насадки

- ті, що монтуються (пластини, тканини, полотна, волокнисті "йоржі", "вії" та ін.)

2) нерегулярні насадки

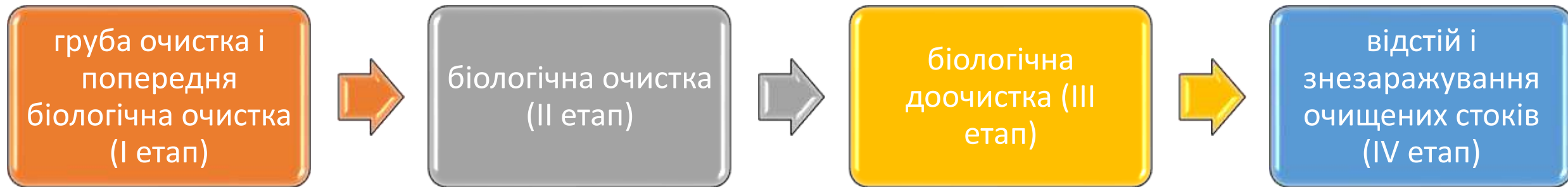
- ті, що рухаються в очищуваній рідині (пісок, активоване вугілля, найрізноманітніші за формою та величиною пластмасові вироби).

- Кожна з цих насадок має свої достоїнства і недоліки, і тільки конкретні обставини та авторські уподобання визначають тип насадки, що використовується для іммобілізації мікроорганізмів в очищенні води.

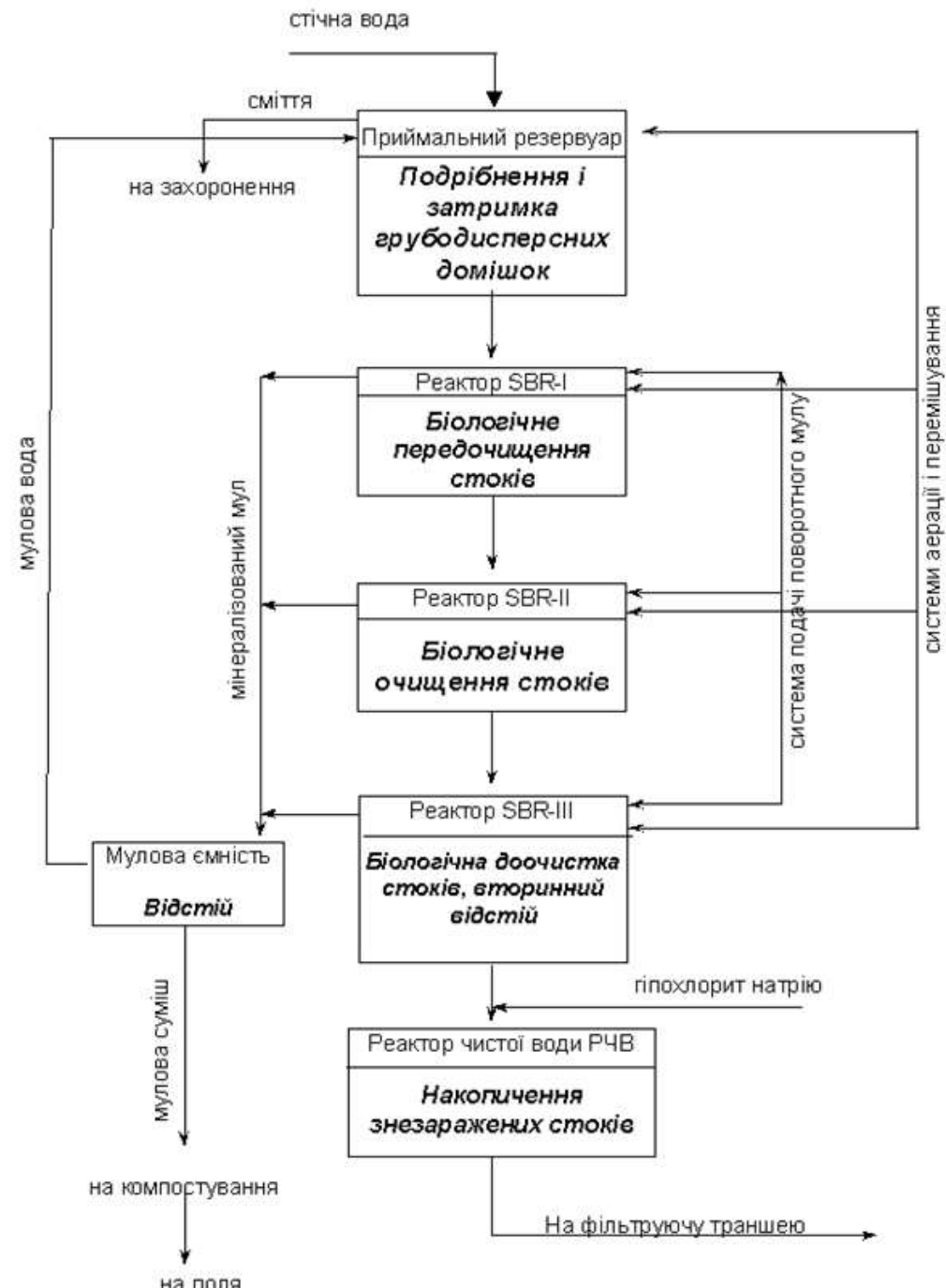
5. Особливості очищення господарсько - побутових стічних вод по технології “BIO TAL”

- В технології BIO TAL для очистки і знезаражування стічних вод використовуються фізичні, хімічні і біологічні методи.

Обробка стоків здійснюється в чотири етапи:



БЛОК-СХЕМА ОЧИСТКИ СТІЧНОЇ ВОДИ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ VIOTAL



ПЕРЕДОЧИЩЕННЯ (І ЕТАП)

- Стічні води від споживачів надходять у прийомний резервуар установки, виконаний з монолітного залізобетону. У ємності відбуваються процеси затримки сміття, роздрібнення грубих часток стоків і їх осадження.
- Далі стоки направляються в реактор SBR-I, виготовлений з пластику, куди подається частина поворотного мулу з реактора SBR-III, виконаного з пластику.
- Суміш стоку і мулу піддаються багаторазовим циклічно повторюваним аерації і перемішуванню.

В апараті протікають реакції:

- • окислення вуглецевмісних безкисневих сполук, що містяться в стоці за схемою: $C_xH_y + \text{повітря} \rightarrow CO_2 \uparrow + CH_4 \uparrow$;
- • відновлення кисневмісних сполук азоту і сірки, сорбованих на активному мулі, по схемах:
 - мул (NO_x) + $C_xH_y \rightarrow N_2 \uparrow$
 - мул (SO_x) + $C_xH_y \rightarrow S_2 \downarrow + H_2S$

БІОЛОГІЧНЕ ОЧИЩЕННЯ (II ЕТАП)

- Попередньо очищена вода надходить у реактор SBR-II, виготовлений із пластику, куди також порціями подається частина поворотного мулу з реактора SBR-III.
- Аналогічно реактору SBR-I, у реакторі SBR-II суміш стоку і мулу піддається багаторазовим циклічно повторюваним аераціям і перемішуванню.

В апараті протікають реакції:

- • окислення азото-сірковмісних органічних сполук стоку киснем повітря в присутності біоценозу активного мулу за схемою:
 - $RN + \text{повітря} + \text{мул} \rightarrow R\bullet + N_2\uparrow + NH_4^+ + NO_x^-$
 - $RS + \text{повітря} + \text{мул} \rightarrow R\bullet + S_2\downarrow + H_2S + SO_x^{2-};$
- • відновлення кисневмісних сполук азоту і сірки, сорбованих на активному мулі, за схемою:
 - $\text{мул} (NO_x^-) + C_xH_y \rightarrow N_2\uparrow$
 - $\text{мул} (SO_x^{2-}) + C_xH_y \rightarrow S_2\downarrow + H_2S\uparrow$

БІОЛОГІЧНЕ ДООЧИЩЕННЯ І ВІДСТОЮВАННЯ СТОКІВ (III ЕТАП)

- Глибоке доочищення стоків здійснюється в реакторі SBR-III в аеробних умовах при перемішуванні.
- В апараті відбувається окислення органіки, що важко розкладається, нітрифікація і сульфатація водневмісних сполук азоту, сірки, їх сорбція на активному мулі. Періодично здійснюється віддування газів, що виділились в результаті реакцій, що протікають у реакторах SBR-I, SBR-II, (вуглекислий газ, метан, азот, нітрати, сірководень і ін.).
- Передбачено періодичне використання реактора SBR-III як вторинного відстійника для освітлення очищених стоків.

ЗНЕЗАРАЖУВАННЯ ОЧИЩЕНИХ СТОКІВ (IV ЕТАП)

- Очищена і освітлена стічна вода з реактора SBR-III періодично відкачується в резервуар чистої води (РЧВ), куди дозується розчин гіпохлориту натрію для знезаражування. Надлишковий стабілізований активний мул видаляється в мулову ємність.
- В міру наповнення ємності мулова вода повертається в прийомний резервуар КНС, а мул після відстою вивозиться на компостування з наступним внесенням у якості органічного мінерального добрива на поля.
- Установа BIOTAL працює в режимі продовженої аерації з використанням процесів нітрифікації і денітрифікації для глибокого видалення азотовмісних забруднень.

- Установка BIOTAL являє собою три послідовно з'єднаних SBR-реактори. Технологія установки влаштована таким чином, що оброблювані стічні води, перетікаючи від першого до третього SBR-реактора, проходять у кожному з них повний цикл біологічної очистки. При цьому поворотний активний мул, що постійно циркулює між реакторами, розділений на чотири потоки: стабілізований мул видаляється із системи на зневоднювання, старий активний мул направляється в перший по ходу руху SBR-реактор обробки стічних вод, більш молодий активний мул направляється в другий SBR-реактор, а мул, що осів у третинному відстійнику, - у прийомну камеру. Цим досягається поетапна адаптація мікроорганізмів активного мулу з поетапним розведенням оброблюваних стічних вод поворотним активним мулом по ходу їхнього руху від першого до третього SBR-реактора.

- При відсутності надходження стічних вод на установку BIOTAL, вона автоматично переходить у перший (через 1 годину) і в другий (через 24 години) економні режими. Це дозволяє значно скоротити витрату електроенергії і продовжити термін служби устаткування.

- Поряд з економними режимами, установка автоматично переходить у форсований режим роботи при залповому надходженні стічних вод у кількості, що перевищує проектну величину. Це забезпечується автоматикою, що миттєво переводить роботу останнього SBR-реактора в режим відстоювання з наступною відкачкою освітлених стічних вод у третинний відстійник. При цьому останній SBR-реактор починає працювати в режимі відстійника, а перший і другий SBR-реактори - у режимі аеротенків з переривчатою аерацією. У цей період надходять стічні води і збираються в об'єми, що утворені керованими ерліфтами (запатентовано) перших двох реакторів SBR. Це перешкоджає попаданню недостатньо очищених стічних вод у третинний відстійник. Ці об'єми, дозволяють установці справитися з залповим скидом стічних вод (до 25 % добової витрати).

- Установка цілком автоматизована, керується контролером MITSUBISHI (Японія), не вимагає постійного обслуговуючого персоналу.
- Установки BIOTAL продуктивністю більше 30 м³/добу. укомплектовані датчиком активного мулу фірми "TELCO" (Данія), що наприкінці циклу відстоювання автоматично перевіряє рівень активного мулу в системі і при перевищенні заданого рівня дасть автоматиці установки команду на видалення надлишкового активного мулу в мулову ємність. Мулова вода направляється в прийомну камеру установки.
- Продуктивність установок BIOTAL - від 1,5 до 1000 м³/добу.
- Водні ресурси при експлуатації установки не використовуються. Очищені стічні води згідно СНіП 2.04.03-85 і рекомендацій інституту гігієни і медичної екології ім. О.М. Марзєєва можуть використовуватися як технічну воду в тому числі і для поливу.



DELFIN PRO 6 Автономна каналізація для 2-10 користувачів

Доставка по Україні

149 400 грн

Купити



ARNA

100%



Автономна каналізація на 1,2 м3/сутні 6 людина Еколайн

Доставка по Україні

65 840 грн
62 840 грн

Купити



ARNA

100%



Автономна каналізація на 1,5 добу 6-10 людина Еколайн

Доставка по Україні

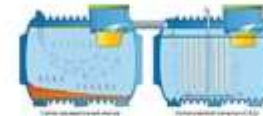
69 580 грн
66 080 грн

Купити



ARNA

100%



Автономна каналізація на 1,8 добу 12 чоловік Еколайн

Доставка по Україні

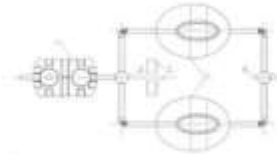
73 830 грн
69 830 грн

Купити



ARNA

100%



DELFIN PRO 24+ Автономна каналізація для 24

Доставка по Україні

323 285 грн
320 052.15 грн

Купити



ARNA

100%

