

Тема 5

Аеробні та анаеробні процеси очищення стічних вод

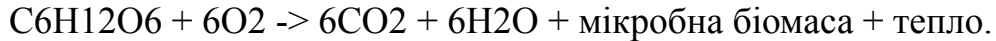
1. Аеробні та анаеробні процеси очищення стічних вод, їх характеристика.
2. Екстенсивні та інтенсивні системи очищення стічних вод
3. Переваги та недоліки біохімічних методів очищення стічних вод.
4. Реактори, що використовуються для аеробного очищення стічних вод. Схема роботи гомогенних реакторів.

1. Аеробні та анаеробні процеси очищення стічних вод, їх характеристика. У процесі очищення стічних вод беруть участь дві групи бактерій: гетеротрофи та автотрофи. Ці групи бактерій відрізняються за способом використання джерела вуглецевого живлення. Гетеротрофи використовують вуглець з готових органічних речовин, що переробляються ними для отримання енергії, необхідної для біосинтезу клітин. Автотрофи для синтезу клітин застосовують неорганічний вуглець, а енергію утримують у результаті фотосинтезу або хемосинтезу (окислення деяких органічних сполук: аміаку, нітритів, солей двовалентного заліза, сірководню та ін.). Під дією мікроорганізмів можуть протікати окислювальний (аеробний) або відновлювальний (анаеробний) процеси.

Аеробний метод заснований на використанні аеробних мікроорганізмів, для життєдіяльності яких необхідний постійний приплив кисню і температура в межах 20 - 40 С. При аеробного очищення мікроорганізми культивуються в активному мулі або у вигляді біоплівки. Активний мул складається з живих організмів і твердого субстрату. Живі організми представлені бактеріями, найпростішими хробаками і водоростями. Біоплівка зростає на наповнювачі біофільтра і має вигляд слизових обростань товщиною 1 - 3мм і більше. Біоплівка складається з бактерій, найпростіших грибів, дріжджів та інших організмів. Аеробна очищення відбувається як в природних умовах, так і в штучних спорудах.

Аеробна мікробна фауна активного мулу систем аеробного очищення води представлена винятковим біорізноманіттям. В останні роки за допомогою нових молекулярно-біологічних методів, зокрема специфічних рРНК проб, в активному мулі показана присутність бактерій родів *Paracoccus*, *Caulobacter*, *Hyphomicrobium*, *Nitrobacter*, *Acinetobacter*, *Sphaerotilus*, *Aeromonas*, *Pseudomonas*, *Cytophaga*, *Flavobacterium*, *Flexibacter*, *Halisomenobacter*, *Artrobacter*, *Corynebacterium*, *Microtrix*, *Nocardia*, *Rhodococcus*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Lactobacillus*, *Staphylococcus*. Однак, вважається, що до теперішнього часу ідентифіковано не більше 5% видів мікроорганізмів, що беруть участь в аеробному біологічному очищенню стічних вод. Слід зазначити, що багато аеробних бактерій є факультативними анаеробами. Вони можуть рости при відсутності кисню за рахунок інших акцепторів електрона (анаеробне дихання) або бродіння (субстратне фосфорилування). Продуктами їхньої життєдіяльності є вуглекислота, водень, органічні кислоти і спирти.

Біологічне очищення стічних вод: аеробний процес можна подати у вигляді такої схеми:



Ця реакція описує процес окислення органічних речовин у стічних водах та утворення нової біомаси. При цьому в очищених стічних водах залишаються біологічно неокислені речовини переважно в розчиненому стані, оскільки колоїдні та нерозчинені речовини виводяться із стічної води методом сорбції.

Після використання джерела живлення (повного окислення органічних речовин) починається процес окислення кліткової речовини за реакцією: Мікроорганізми+O₂ – CO₂+H₂O+N+P+біологічно нестійкі частинки кліткової речовини.

Очищення в природних умовах відбувається на полях зрошення, полях фільтрації і біологічних ставках. Поля зрошення - це спеціально підготовлені для очищення стічних вод і агрокультурних цілей площі. Очищення відбувається під дією ґрунтової мікрофлори, сонця, повітря й під впливом рослин. У ґрунті полів зрошення знаходяться бактерії, дріжджі, водорості, найпростіші тварини. Стічні води містять в основному бактерії. У змішаних біоценозах активного шару ґрунту виникають складні взаємодії мікроорганізмів, у результаті чого стічна вода звільняється від містяться в ній бактерій. Якщо на полях не вирощуються сільськогосподарські культури, і вони призначені тільки для біологічного очищення стічних вод, то вони називаються полями фільтрації.

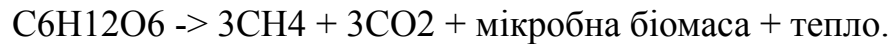
Біологічні ставки - це каскад ставків, що складається з 3 - 5 ступенів, через які з невеликою швидкістю протікає освітлена або біологічно очищена стічна вода. Такі ставки призначені для біологічного очищення стічних вод або доочищення стічних вод у комплексі з іншими очисними спорудами. Очищення в штучних спорудах поводить в аеротенках і на біофільтрах. Більш широке застосування знайшли аеротенки.

Аеротенки - це залізобетонні резервуари, що представляють собою відкриті басейни, обладнані пристроями для примусової аерації. Глибина аеротенках - 2 - 5 м.

Аеробний процес може відбуватись нормально, якщо концентрація органічної речовини в очищеній воді, виражена у біологічній потребі в кисні, не перевищуватиме певне значення. У зв'язку з цим під час біологічного очищення концентровані стічні води розводять слабкоконцентрованими побутовими стічними водами, а в окремих випадках чистою водою [1].

Анаеробний метод очищення протікає без доступу повітря. Анаеробний процес часто застосовують для очищення дуже концентрованих стічних вод, що викидаються малярними, лакувальними, машинобудівними, деревообробними та іншими промисловими підприємствами. Його в основному використовують для знешкодження твердих осадів, що утворюються при механічній, фізико-хімічній та біологічній очистці стічних вод. Ці тверді опади зброджуються анаеробними бактеріями в спеціальних герметичних резервуарах, які називаються метантенки. Залежно від кінцевого продукту бродіння буває

спиртове, молочнокисле, метанове та ін. Для зброджування осадів стічних вод використовується метанове бродіння, воно відбувається за такою схемою:



Анаеробна деградація органічних речовин, при метаногенезі здійснюється як багатоступінчастий процес, в якому необхідна участь щонайменше чотирьох груп мікроорганізмів: гідролітиків, бродильників, ацетогенів і метаногенів. У анаеробній фауні між мікроорганізмами існують тісні і складні взаємозв'язки, що мають аналогії в багатоклітинних організмах, оскільки зважаючи на субстратну специфічність метаногенів, їх розвиток неможливий без трофічного зв'язку з бактеріями попередніх стадій. У свою чергу метанові археї, використовуючи речовини, які продукуються первинними анаеробами, визначають швидкість реакцій, здійснюваних цими бактеріями. Ключову роль в анаеробній деградації органічних речовин до метану грають метанові археї родів *Methanosarcina*, *Methanosaeta* (*Methanothrix*), *Methanomicrobium* та інші. При їх відсутності або недостатці анаеробне розкладання закінчується на стадії кислотогенного і ацетогенного бродіння, що призводить до накопичення летких жирних кислот, в основному масляної, пропіонової і оцтової, зниження рН і зупинки процесу.

Процеси анаеробного очищення протікають в герметичних метантенках чи біореакторах, які виконуються з бетону, металу або високоміцного пластика. Причому для життєдіяльності цих мікроорганізмів потрібен кисень. Процеси очищення протікають без викиду енергії, тому підвищення температури в ємності відсутня. Під час розкладання органіки чисельність колонії бактерій практично не змінюється. Оскільки в конструкції не потрібна складна система контролю умов середовища, то анаеробна очистка – більш дешевий метод [2].

Перевагою анаеробного біологічного очищення стічних вод є висока швидкість і використання речовин в низьких концентраціях. Перевагою є також відносно незначне утворення мікробної біомаси.

Важливо, що головним недоліком анаеробного методу очищення є те, що в результаті діяльності анаеробів виділяється горючий газ – метан. З цієї причини діють певні обмеження при застосуванні анаеробної методики очищення: Такі конструкції можна зводити тільки на рівній добре вентильованій (продувається) поверхні. По периметру конструкції обов'язково встановлюються газоаналізатори. Аналізатори підключаються до системи оповіщення про пожежу. Варто знати: анаеробні принципи очищення застосовуються в ЛОС для обслуговування дач і заміських будинків. Суттєвими недоліками, особливо при обробці концентрованих стічних вод, є високі енерговитрати на аерацію і проблеми, пов'язані з обробкою та утилізацією великих кількостей надлишкового мулу [3]. До недоліків слід віднести і неможливість видалення органічних забруднень у низьких концентраціях.

2. Екстенсивні та інтенсивні системи очищення стічних вод. Процеси біологічного очищення стічних вод, або відновлення якості води антропогенно трансформованих природних водних об'єктів можна умовно розділити на два типи: екстенсивні і інтенсивні.

Екстенсивні способи очищення стічних вод. Екстенсивні – методи, безпосередньо не пов'язані з керованим культивуванням мікроорганізмів (поля зрошення, поля фільтрації, біоставки).

Екстенсивний процес — це природне самоочищення. Він включає в себе створення біоставів (біоплато, ботанічних майданчиків, ветлендів) і потребує додаткових земельних площ. Сам процес залишається мало керованим.

До екстенсивних методів належить очищення СВ у біологічних ставках, полях зрошення і полях фільтрації, які забезпечують ефективність очищення води до 99,9%. У таких випадках додаткова дезінфекція, як правило, не потрібна. Біологічні ставки – належать до споруд біологічного очищення, у яких під дією природного біоценозу активного мулу проходить окислення органічних забруднень. Як правило, вода, що виходить зі ставків, не містить патогенну мікрофлору. Бактерицидну дію щодо патогенів проявляють метаболіти одноклітинних водоростей і вищої водної рослинності. Застосовуються для очищення СВ заводів органічного синтезу, нафтохімічних підприємств. - з природною аерацією - зі штучною аерацією Поля фільтрації – використовують винятково для очищення СВ. На них подають максимальну кількість рідини. Поля зрошення – призначені для вирощування сільськогосподарської продукції, тому вода на них подається при необхідності (періодично, через 5 діб). СВ підвищують якість ґрунту, вони багаті на доступними для рослин формами азоту, фосфору, калію.

Недоліки цих споруд – низька окислювальна здатність, сезонність роботи, потреба у великих територіях, некерованість процесу тощо.

Інтенсивні способи очищення стічних вод. Інтенсивні методи – це ті, в основі яких лежить діяльність активного мулу чи біоплівки, тобто природно виниклого біоценозу, що формується у кожному конкретному виробництві залежно від складу стічних вод і обраного режиму очищення (промислові апарати - аеротенки чи біофільтри).

Інтенсивний процес — це керований процес при якому виключена залежність результатів очищення води від абіотичних умов (температури води і повітря, освітлення). Інтенсифікація передбачає оптимальне концентрування біомаси очисних організмів на одиницю площі або об'єму та створення для них необхідних умов (оптимальної температури, кисневого режиму, проточності, видалення надлишкової біомаси) для досягнення найкращих показників якості очищеної води

Інтенсифікація передбачає впровадження ряду заходів:

1. еколого-біологічні: правильний підбір видів для створення стійкої екосистеми з урахуванням міжвидових відносин у штучному угрупованні, забезпечення адаптації культур організмів до умов концентрованих стоків з метою зменшення і уникнення стресу (селекція і штучний відбір у культивованих популяціях);

2. технічні: створення закритих систем; забезпечення додаткового освітлення і аерації; розмежування у просторі певних процесів формуванням каскаду водойм; періодичне осушення водойм для видалення решток та аерації

грунту ложа; автоматизацію процесів розділення і очищення; диференціацію екологічних ніш шляхом конструктивних змін поверхні дна, використання різноманітних інертних субстратів та носіїв;

3. господарсько-економічні: переробка нетоксичних компонентів (розчинених та нерозчинених органічних і мінеральних речовин) з метою отримання корисної продукції (корм для риб та інших сільськогосподарських тварин, органічні добрива).

Очисні споруди з аеробними процесами є інтенсивною системою очищення стічних вод. Традиційний метод штучного біологічного очищення СВ за допомогою активного мулу аеротенків. (запропонований ще у 1914 р. Е. Ардерном і В.Т. Локкетом). Інтенсифікувати процеси біологічного очищення можна шляхом аерації суспензії активного мулу чистим киснем. Цей процес можна здійснювати в модифікованих аеротенках закритого типу – окситенках, із примусовою аерацією стічної води. Аеротенки – резервуари, в яких СВ, що очищається, і активний мул насичуються повітрям і перемішуються. СВ після ретельного механічного очищення від різного сміття, піску, домішок, що осідають чи спливають, потрапляє в споруду (глибина -4-6м, довжина 50-250м, ширина -3-11 м.), де за постійної аерації очищається гідробіоценозом активного мулу. Після тривалого очищення (6-24 і більше годин) вода надходить у вторинний відстійник, у якому звільняється від активного мулу, а потім потрапляє для третинного фізико-хімічного доочищення (іноді після хлорування) у проміжні водойми (ставки) і, нарешті, у річку чи інше джерело. Частина активного мулу, що осідає, повертають до аеротенка. Проблему за такої технології створює надлишковий мул, який містить віруси, мікроорганізми, яйця гельмінтів, а також іони і солі важких металів, біологічно стійкі, токсичні та мутагенні сполуки, які пригнічують життєдіяльність мікроорганізмів активного мулу [4].

Біофільтрація – для очищення виробничих СВ у штучних умовах за допомогою біологічних фільтрів. На відміну від аеротенків у біофільтрах (або перколяційних фільтрах) клітини мікроорганізмів перебувають у нерухомому стані, тому що прикріплені до поверхні пористого носія. Біоплівку, яка утворюється у такий спосіб можна віднести до іммобілізованих клітин. У цьому випадку іммобілізована не монокультура, а цілий консорціум, неповторний за якісним й кількісним складом й розрізняється в залежності від його місцезнаходження на поверхні носія. Вода, яка очищається, контактує з нерухомим носієм, на якому іммобілізовані клітини й за рахунок їхньої життєдіяльності відбувається зниження концентрації забруднювача.

Найважливішою складовою частиною біофільтру є завантажувальний матеріал. За типом завантажувального матеріалу всі біофільтри поділяють на дві категорії:

- з об'ємним завантаженням (краплинні, високо навантажувальні, баштові);

- з площинним завантаженням (з жорстким засипним, жорстким блоковим і м'яким завантаженням).

У біофільтрах з об'ємним завантаженням використовують гравій, керамзит, з площинним – шифер, листи пластмаси, синтетичні тканини.

Пропускна здатність біофільтрів визначається площею поверхні сорбційних процесів біоплівки і можливістю вільного доступу повітря. Для того, щоб не відбувалося замулювання поверхні біофільтра, застосовують рециркуляцію. Рециркуляція – це повернення частини очищеної води для розведення вихідної СВ. Це збільшує вміст розчинного кисню в суміші, що подається на біофільтр; вирівнює концентрацію біоплівки за висотою споруди, вирівнює піки концентрації забруднень, значно зменшує навантаження на біофільтр.

3. Переваги та недоліки біохімічних методів очищення стічних вод.

Біохімічне очищення засноване на здатності деяких мікроорганізмів використовувати для живлення органічні (спирти, білки, вуглеводи та ін.) і неорганічні (аміак, нітрати, фосфати, солі калію, сірководень і ін.) речовини, що знаходяться в стічних водах. Контактуючи з цими речовинами, мікроорганізми частково руйнують їх, перетворюючи у воду, оксид вуглецю (IV), сульфат-іони, іони натрію. Інша частина речовини йде на утворення біомаси. Руйнування органічних речовин називають біохімічним окисненням. Одні речовини здатні легко окиснюватись, інші окиснюються дуже повільно. Отже, різні організми і рослини розщеплюють хімічні речовини до форм, придатних для засвоєння і введення в біологічний цикл [5].

Біохімічні методи застосовують для очищення господарсько-побутових і промислових стічних вод від багатьох розчинених органічних і деяких неорганічних (сірководень, сульфіді, аміак, нітрیتی) речовин. Процес очищення заснований на здатності мікроорганізмів використовувати ці речовини для живлення в процесі життєдіяльності, оскільки органічні речовини для мікроорганізмів є джерелом вуглецю.

Розрізняють аеробні й анаеробні способи біохімічного очищення стічних вод. Останнім часом для очищення стічних вод малих населених пунктів та окремо розташованих об'єктів значного поширення набули споруди для анаеробно-аеробного очищення стічних вод.

Загальні переваги біохімічних способів очищення стічних вод:

2. Можливість видалення зі стічної води широкого спектра органічних забруднень;
3. Самопідлаштування системи до зміни спектру і концентрацій органічних забруднень;
4. Простота апаратного оформлення;
5. Відносно невисокі експлуатаційні витрати.
6. Висока швидкість і використання речовин в низьких концентраціях

Перевагою аеробного біологічного очищення стічних вод є:

1. Висока швидкість і використання речовин в низьких концентраціях.
2. Конструкція аеротенків дуже компактна, що дозволяє розміщати устаткування навіть на невеликих ділянках;

3. Конструкцію не потрібно утеплювати зимою, оскільки при переробці органічних відходів виділяється велика кількість енергії.

Недоліки біохімічних (аеробних) способів очищення стічних вод:

1. Робота аеротенків не може бути забезпечена без електроенергії;
2. Висока ціна на заводські вироби;
3. Складне обладнання, що використовується у роботі аеротенків потребує постійного контролю;
4. Потрібно постійно слідкувати за кількістю та якістю живильного середовища для бактерій.

Перевагами анаеробної біохімічної очистки, на думку дослідників, є:

1. Низьке споживання електроенергії (до 10% від енергоспоживання при аеробного очищення);
2. Утворення незначної кількості надлишкового активного мулу;
3. Можливість підтримки активності анаеробного мулу тривалий час, при температурі його зберігання не нижче +15 ° С;
4. Допустимість високих навантажень (до 30 кг ХСК / м³ на добу при температурі 30 ° С) в порівнянні з 3 кг ХСК / м³ на добу (при аеробного очищення). [6]

Недоліки біохімічних (анаеробних) способів очищення стічних вод:

1. Головним недоліком анаеробного методу очищення є те, що в результаті діяльності анаеробів виділяється горючий газ – метан.
2. Бактерії метанового бродиння чутливі до різних інгібіторів.
3. Суттєвими недоліками, особливо при обробці концентрованих стічних вод, є високі енерговитрати на аерацію і проблеми, пов'язані з обробкою та утилізацією великих кількостей надлишкового мулу в аеробному процесі очищення;
4. Високі капітальні витрати, що йдуть на спорудження очисних систем;
5. Необхідність строгого дотримання технологічних режимів очищення;
6. Токсичність деяких органічних сполук для біоценозу активного мулу;

4. Реактори, що використовуються для аеробного очищення стічних вод. Схема роботи гомогенних реакторів.

У біометодах застосовують такі очисні споруди стічних вод, як гомогенні реактори.

Гомогенні реактори можуть бути рідкофазний або газофазних. Гетерогенні реактори мають дві ознаки. По-перше, в них відбувається міжфазний обмін речовиною або енергією (або тим і іншим) і, по-друге, відсутня твердий каталізатор. Найбільш поширеними є гетерогенні реактори для систем рідина - рідина або рідина - газ. Набагато рідше зустрічаються реактори для систем рідина - рідина - газ. Прямоточні і протиточні, ізотермічні і неізотермічеські реактори мають свої особливості, які розглядаються у відповідних розділах книги. Однак ці відмінності не є принциповими і не служать відмінними ознаками особливих типів реакторів. Деякі принципові

відмінності мають реактори, в яких фази обмінюються тільки енергією. Цей тип реакторів є проміжним між гомогенними і гетерогенними. До розряду гетерогенних реактори цього типу віднесені тому, що їх розрахунок вимагає обліку міжфазної поверхні. [7]

Гомогенні реактори в активній зоні завантажують розчином, що містить уран-235 або уран-233, в зоні відтворення зазвичай застосовують розчин солі торію.

Гомогенний реактор являє собою порожню трубу або систему таких труб, через які безперервно проходить реакційна суміш. В останньому випадку труба з реагує сумішшю нагрівається або охолоджується будь-яким теплоносієм. Гомогенний реактор має низку переваг перед гетерогенним.

Гомогенний реактор має також більш просту механічну конструкцію. Однак великим недоліком гомогенного реактора є те, що в ньому необхідно застосовувати збагачений уран або важку воду, що значно підвищує його вартість. Все гомогенні реактори є різне поєднання цих елементів, і саме це поєднання, якщо виключити відмінності в складі стічних вод, визначає продуктивність апарату. Задавши процес специфікою конфігурації аеротенках та методу аерації застосовується для розрахунку навантаження, ми встановимо екологію системи і її продуктивність за якістю вихідного стоку і рівню освіти мулу. Такий підхід є, звичайно, свехупрощеніє, так як і інші фактори, наприклад природа мулу і зміни в потреби в кисні, впливають на продуктивність. Від гомогенного реактора турбулентний полум'я відрізняється наявністю певного розподілу (градієнта) середніх температур і концентрацій між кордонами свіжого і згорілого газу, що є самим умовою поширення зони реакції.

В гомогенних реакторах процес протікає в одній фазі і не супроводжується фазовими переходами. Відсутність перенесення речовини или енергії через кордон розділу фаз є основною ознакою гомогенних процесів. При цьому зовсім не обов'язково, щоб реактор містив тільки одну фазу. Він може бути заповнений інертною твердою насадкою для зменшення поздовжнього перемішування або в нього може подаватися інертна рідке або газоподібна речовина для барботажного перемішування або створення ерліфта. Однак якщо в реакторі не відбувається обмін речовиною или енергією між фазами, то він повинен бути віднесений до гомогенним. У гомогенному реакторі основні ядерні компоненти в активній зоні повністю перемішані. Речовина, що містить ядерне паливо, вводиться в реактор як молекулярне з'єднання у вигляді розчину, суспензії або в розплавленому стані (з розчинником або без нього) у вигляді гомогенної / ккд-кістки.

У гомогенному реакторі, де активна зона складається з однорідної суміші палива і сповільнювач, є можливість видаляти шкідливі продукти ділення, не перериваючи роботи реактора. Для цього частину паливної суміші відводять в спеціальну установку, де її очищають від домішок з великим перетином захоплення нейтронів, потім додають свіже паливо і повертають назад в реактор. У гомогенному реакторі без відбивача існує залежність щільності матеріалу і розмірів реактора від температури [8].

Хоча загальна картина досить заплутана, але ретельний розгляд показує, що гомогенні реактори розрізняються лише за трьома основними параметрами: методу подачі кисню, конфігурації, величиною навантаження.

Питання для самоконтролю:

1. Що називають анаеробним методом очищення?
2. Що називають аеробним методом очищення?
3. Чим відрізняється екстенсивний від інтенсивного методу очищення?
4. Переваги біохімічного очищення стічних вод.
5. Недоліки біохімічного очищення стічних вод.
6. Механізм роботи гомогенного реактора.

Список джерел використаної літератури:

1. Очищення стічних вод природними дисперсними сорбентами : [монографія] / М. С. Мальований, І. М. Петрушка ; М-во освіти і науки, молоді та спорту України, Нац. ун-т «Львів. Політехніка». – Л. : Вид-во Львів. політехніки, 2012. – 180 с. : іл. – Бібліогр.: с. 160-174 (171 назва). – ISBN 978-617-607-306-2
2. Мала гірнича енциклопедія : у 3 т. / за ред. В. С. Білецького. — Д. : Східний видавничий дім, 2004—2013.
3. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води. - К.: Вища школа, 2005. - 671 с.
4. Міжвузівський збірник «НАУКОВІ НОТАТКИ». Луцьк, 2010. Випуск №27/
5. Дмитренко, Г. М. Закономірності безкисневого дихання аеробних бактерій [Текст] / Г. М. Дмитренко // Доповіді НАН України. – 2008. – № 10. – С. 170–177.
6. В. А. Загорський, Д. А. Данилович, М. Н. Козлов, О. В. Мойжес, Н. А. Белов, Ф. А. Дайнеко // Водопостачання та санітарна техніка. - 2004. - №5. - С. 5-8.
7. <http://mediclab.com.ua/index.php?newsid=13098> від 2012 року.
8. Портал науково-технічної інформації ЕБ нафта і газ, 2007, стаття «Гомогенний реактор».

1. Бактерії автотрофи енергію утримують у результаті фотосинтезу або хемосинтезу.
 - а) так
 - б) ні

2. Активний мул складається із двох основних компонентів.
 - а) так
 - б) ні

3. Живі організми активного мулу представлені лише найпростішими еукаріотами.
 - а) так
 - б) ні

4. Для зброджування осадів стічних вод використовується пропіоновокисле бродіння:
 - а) так
 - б) ні

5. Інтенсивні методи – це ті, в основі яких лежить діяльність природно виниклого біоценозу.
 - а) так
 - б) ні

6. Інтенсифікація передбачає впровадження одного основного заходу.
 - а) так
 - б) ні

7. Складовою частиною біофільтру є завантажувальний матеріал.
 - а) так
 - б) ні

8. Самопідлаштування системи до зміни спектру і концентрацій органічних забруднень є перевагою біохімічного способу очищення.
 - а) так
 - б) ні

9. Висока ціна на заводські вироби є недоліком аеробного способу очищення.
 - а) так
 - б) ні

10. Недоліком анаеробного методу очищення є неможливість видалення органічних забруднень у низьких концентраціях.
 - а) так
 - б) ні

Рівень 2

1. Для життєдіяльності аеробних організмів необхідний постійний приплив кисню і температура в межах:
 - а) 10-15 °С
 - б) 20-40 °С
 - в) 50-60 °С.
2. В активному мулі (аеробний процес) присутні бактерій родів:
 - а) paracoccus, caulobacter, hyphomicrobium
 - б) pseudomonas, proteus, bacillus
 - в) bacillus, neisseria, enterobacteriaceae.
3. Анаеробний процес використовують для знешкодження:
 - а) патогенних бактерій
 - б) хімічних реагентів
 - в) твердих осадів.
4. Процеси анаеробного очищення протікають в:
 - а) метантенках
 - б) літій-іонних акумуляторах
 - в) керованих шунтуючих реакторах.
5. Екстенсивний процес:
 - а) абсолютно керований
 - б) мало керований
 - в) не керований.
6. Інтенсифікація передбачає впровадження ряду заходів, серед них:
 - а) еколого-біологічні заходи
 - б) заходи з енергозбереження
 - в) економіко-правові.
7. Пропускна здатність біофільтрів визначається площею поверхні сорбційних процесів біоплівки та:
 - а) можливістю вільного доступу повітря
 - б) іоносорбцією
 - в) колоїдністю.
8. Однією з переваг біохімічного очищення стічних вод є:
 - а) можливість регулювання їх гідрофільності
 - б) самопідлаштування системи до зміни спектру і концентрацій органічних забруднень
 - в) високі енерговитрати на аерацію.

9. Гомогенні реактори можуть бути:

- а) із захисною оболонкою або беззахисної оболонки
- б) рідкофазний або газофазних
- в) на теплових нейронах та без теплових нейронів.

10. У гомогенному реакторі без відбивача існує залежність щільності матеріалу і розмірів реактора від

- а) температури
- б) тиску
- в) сили тяжіння.

Рівень 3

1. Чим між собою відрізняються аеробний й анаеробний методи очищення стічних вод?
2. Для чого і як застосовують біохімічні методи очищення?
3. Особливості роботи гомогенних реакторів.
4. Біофільтрація та біофільтри, описати процес.
5. Які біохімічні методи застосовують для очищення господарсько-побутових і промислових стічних вод?