

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

для практичних занять, виконання РГР та самостійної роботи
з навчальної дисципліни

«МІКРОБІОЛОГІЯ»

*(для студентів 4 курсу денної та заочної форм навчання за напрямками
підготовки 6.060101 – Будівництво
(професійне спрямування «Водопостачання та водовідведення»)
та 6.060103 – Гідротехніка (водні ресурси))*

Методичні вказівки для практичних занять, виконання РГР та самостійної роботи з навчальної дисципліни «Мікробіологія» (для студентів 4 курсу денної та заочної форм навчання за напрямом підготовки 6.060101– Будівництво (професійне спрямування «Водопостачання та водовідведення») та 6.060103 – Гідротехніка (водні ресурси) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. І. М. Чуб, О. В. Булгакова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 36 с.

Укладачі: канд. техн. наук, доц. **І. М. Чуб**,
канд. техн. наук, доц. **О. В. Булгакова**

Рецензент

Г. І. Благодарна, кандидат технічних наук, доцент Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

Рекомендовано кафедрою водопостачання , водовідведення та очистки вод, протокол № 1 від 27.08.2015 р.

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ	4
1 Теми для практичних занять.....	5
1.1 Загальні правила роботи в мікробіологічних лабораторіях.....	5
1.2 Склад і типи поживних середовищ.....	6
1.2.1 Оцінка якості води за ступенем сапробності.....	9
1.2.2 Сутність біохімічних процесів очищення води.....	10
1.2.3 Аналіз активного мулу та біоплівки	12
1.2.4 Вивчення методів біотестування.....	14
2 Розрахунково-графічна робота.....	17
3 Питання для самостійного вивчення.....	31
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	35

ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

Мікробіологія (з грец. micros – малий, bios – життя, logos – вчення) – наука, що вивчає будову, життєдіяльність і екологію мікроорганізмів – найдрібніших форм життя рослинного або тваринного походження, невидимих неозброєним оком. Вона вивчає всіх представників мікросвіту (бактерії, гриби, найпростіші, віруси). За своєю суттю мікробіологія є фундаментальною наукою для фахівців в області очищення води.

Ці методичні вказівки містять практичні основи курсу, що вивчає різноманітність мікроорганізмів, їх місце в еволюції, морфологію, основні фізіологічні та біохімічні властивості. А так само дозволяє самостійно виконувати завдання та відповідати на запитання при поглибленому вивченні курсу.

Особлива увага приділяється питанням поширення мікроорганізмів в біосфері, їх ролі у колообігу речовин в природі, участі в процесах самоочищення природного середовища від техногенних факторів.

У кожному розділі наведені питання для самоконтролю, необхідні при самостійній роботі студентів при вивченні теоретичного матеріалу курсу.

1 ТЕМИ ДЛЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

ЗМ 1 Основи мікробіології

1.1 Загальні правила роботи в мікробіологічних лабораторіях

1. У приміщення лабораторії не можна входити без спеціального одягу – халата.
2. Не дозволяється виходити в халаті за межі лабораторії і надягати на халат верхній одяг.
3. У приміщенні лабораторії забороняється приймати їжу і зберігати продукти харчування.
4. Не виносити за межі лабораторії, які б те не було посуд і матеріали, які використовуються для проведення лабораторних робіт (пробірки, фарби й т.д.).
5. Не класти на стіл особисті речі (сумки, папки й ін.), тримати їх на спеціально відведених місцях.
6. Якщо мікроорганізми попадають на встаткування або підлогу (розіб'ється пробірка або чашка Петрі, на якій вони росли), про цьому треба відразу ж повідомити викладача або лаборанта, а на даному місці провести знезаражування, заливши його дезінфікуючим розчином. Після цього необхідно провести збирання.
7. Під час виконання практичних робіт не можна відкривати кватирки. Необхідно дотримуватися тиші, уникати зайвого руху й ходіння, відкривання й закривання дверей - усього того, що підсилює рух повітря.
8. Перед початком роботи чергові проводять вологе прибирання приміщення, а столи протирають дезінфікуючим розчином.
9. Кожний студент перед початком роботи повинен перевірити, чи все необхідне перебуває на його столі та чи справний мікроскоп.
10. Роздача необхідного для проведення лабораторної роботи матеріалу й посуду проводиться лаборантом або черговими.
11. На заняттях студенти повинні мати зошит і олівці (простий і кольорові - червоний і синій). Малюнки при мікроскопіюванні треба робити із препаратів, а не із книг або посібників.
12. По закінченні роботи всі використовувані інструменти знезаражують. Бактеріальні петлі й голки прожарюють над полум'ям спиртівки, а піпетки і скло поміщають у дезінфікуючий розчин.
13. Всі використовувані при роботі мікробні культури здають лаборантові, що проводить їхнє знезаражування або в автоклаві, або в дезінфікуючому розчині.
14. Наприкінці занять треба прибрати робочий стіл, протерти й забрати мікроскоп, ретельно вмити руки (при роботі із заразним матеріалом їх спочатку дезінфікують) і зняти халат.

Збирання робочого місця

Після закінчення роботи беруть пінцетом шматок вати, змочують його в 5 % розчині хлораміну або в 5 % розчині формаліну й протирають їм поверхню стола на робочому місці. Такого роду повсякденна дезінфекція носить профілактичний характер.

1.2 Склад і типи живильних середовищ

Класифікація живильних середовищ

Живильне середовище (culture medium) – субстанція, що використовується для лабораторного вирощування організмів. У цей час відомо безліч стандартних біологічних поживних середовищ. Основа багатьох середовищ, що використовуються, зокрема, для культивування бактерій, бактеріофагів, личинок дрозофіл і т.п. – агар. У наборі специфічних компонентів можуть бути виділені: мінімальне середовище, селективне середовище та ін.

При складанні поживних середовищ для мікроорганізмів необхідно враховувати їхню потребу в елементах харчування. По складу поживні середовища підрозділяються на дві групи: **природні (натуральні) і синтетичні**. **Природними** звичайно називають середовища, які складаються із продуктів тваринного або рослинного походження, що мають складний невизначений хімічний склад. Основою таких середовищ є різні частини зелених рослин, тваринні тканини, солод, дріжджі, овочі, гній, ґрунт, вода морів, озер і мінеральних джерел.

Більшість із них використовується у вигляді екстрактів або настоїв. На природних середовищах добре розвиваються багато мікроорганізмів, тому що в цих середовищах є, звичайно, усі компоненти, необхідні для росту й розвитку мікроорганізмів. Це пов'язане з тим, що склад природних середовищ дуже складний; крім того, він не є постійним, тому що істотно коливається залежно від сировини і способу готування середовищ. Це помітно впливає на зріст мікроорганізмів. До числа середовищ невизначеного складу відносять і так звані **напівсинтетичні середовища**. У їхній склад поряд із з'єднаннями відомої хімічної природи входять речовини невизначеного складу. **Синтетичні середовища** – це такі середовища, до складу яких входять тільки певні, хімічно чисті сполуки, узяті в точно зазначених концентраціях. Синтетичні середовища варто готувати на дистильованій воді.

Синтетичні середовища можуть мати щодо великий набір компонентів, але можуть бути й досить простими за складу. Синтетичні середовища найбільш зручні для дослідження обміну речовин мікроорганізмів. Знаючи точний склад і кількість компонентів що входять у середовище, можна вивчити їхнє споживання і перетворення у відповідні продукти обміну.

Живильні середовища бувають різної консистенції: рідкі, щільні, напіврідкі. Щільні живильні середовища використовують для обліку

кількості бактерій, виділення їх у чисту культуру та інших цілей. Такі середовища готують із **рідких, додаючи 1,5 – 2,5 % агар-агару** або 10 – 15 % **желатини**. При готуванні напіврідких середовищ вносять **агар-агар у кількості 0,1 – 0,2 %**.

По призначенню середовища розділяють на **елективні і диференційно-діагностичні**. Елективні середовища забезпечують переважний розвиток одного або цілої фізіологічної групи мікроорганізмів. Наприклад, для переважного виділення грамнегативних бактерій буває достатнім додавання в живильне середовище трифенілметанових барвників (кристалічний фіолетовий, малахітовий зелений і т.д.). Для виділення стафілококів у середовище може бути доданий хлористий натрій у концентрації 7,5 %. **При цій концентрації зріст інших бактерій придушується.**

Діагностичні середовища застосовуються для швидкої ідентифікації близькородових видів мікроорганізмів, для **визначення видової приналежності**, у клінічній бактеріології та ін.

Наприклад, **середовище Ендо** дозволяє відрізнити колонії, що зброджують лактозу від колоній, що не володіють цією властивістю. Тому поживне середовище вони (мікроорганізми) фарбують в рожевий колір. Мікроорганізми, що не зброджують лактозу, утворюють на цьому середовищі безбарвні колонії.

Для зрощування мікроорганізмів, що використовують органічні форми азоту, часто вживають **м'ясопептонні середовища**: м'ясопептонний бульйон, м'ясопептонний агар. М'ясопептонний бульйон (МПБ). Для готування м'ясопептонних середовищ використовують м'ясний бульйон, що одержують так: 500 г дрібно порубаного свіжого м'яса без кісток, жиру і сухожилля заливають в емальованій каструлі 1 л водопровідної води, нагрітої до 50 °С, і залишають настоюватися 12 год при кімнатній температурі або 1 год при 50–55 °С. М'ясо віджимають, екстракт проціджують через марлю із шаром вати, кип'ятять протягом 30 хв для згортання колоїдних білків і фільтрують двічі (перший раз через марлю з ватою, другий – через паперовий фільтр). Фільтр доливають водою до 1 л, розливають у колби, закривають ватними пробками й стерилізують при 120 °С 20 хв. (пробки колб закривають зверху ковпачками з паперу). М'ясний бульйон може бути використаний у будь-який час для готування відповідних середовищ. Для готування м'ясопептонного бульйону до 1 л м'ясного бульйону додають 5 – 10 г пептону (пептон – перший продукт гідролізу білка з високою молекулярною масою) для підвищення калорійності середовища і 5 г харчової солі з метою створення осмотичної активності. М'ясопептонний агар (МПА). До 1 л м'ясопептонного бульйону додають 15–20 г дрібно нарізаного агар-агару. Середовище нагрівають до розчинення агару (температура плавлення його 100 °С, охолодження – 40°С), створюють слаболужну реакцію середовища 20 % - ним розчином Na_2CO_3 і через лійки розливають у пробірки .

Методи стерилізації і пастеризації

Знищення мікроорганізмів - один з необхідних елементів мікробіологічної роботи і основа консервування харчових продуктів; тому варто зупинитися на ньому докладніше. Звільнення якого-небудь матеріалу від живих мікроорганізмів або їхніх спороутворюючих форм називають **знепліднюванням або стерилізацією**. Від стерилізації варто відрізнити **часткове знепліднення (пастеризацію)**.

Вологий жар. Вегетативні клітини більшості бактерій і грибів гинуть через 5–10 хв уже при температурі близько 60 °С, спори дріжджів і міцеліальних грибів - лише при температурах вище 80 °С, а спори бактерій - вище 120 °С (15 хв.). Час впливу вологим жаром, необхідне для знищення спор деяких видів бактерій, що відрізняються надзвичайною термостійкістю, можна визначити за довідником. При цьому варто враховувати, що остаточний результат стерилізації залежить також від ступеня забруднення матеріалу, що обробляється. Наприклад, від числа терморезистентних спор: чим їх більше, тим довше повинно бути нагрівання. Для досягнення температур вище крапки кипіння води користуються **автоклавом**.

Для багатьох методів задовольняються **частковою стерилізацією**, тобто знищенням вегетативних форм мікроорганізмів. Такого ефекту звичайно досягають **шляхом пастеризації** – витримування протягом 5–10 хв. при 75 або 80 °С. Пастеризацією частково стерилізують, зокрема, молоко; однак, щоб не зіпсувати його смаку, час впливу в цьому випадку скорочують. Застосовують два методи пастеризації молока: короткочасне нагрівання (20 с. при 71,5– 74 °С) і сильне нагрівання (2–5 с. при 85–87 °С). **Стерилізації** молока домагаються в результаті надсильного нагрівання. При цьому в молоко вводять перегріту водяну пару, доводячи температуру суміші до 135–150 °С. Молоко піддається дії цієї температури протягом 1–2 с. Потім, пропускаючи молоко через форсунку, знижують тиск і одночасно прохолоджують молоко; при цьому з нього віддаляється вода, введена у вигляді пари.

Сухий жар. При стерилізації сухим жаром бактеріальні спори переносять більше високі температури й притім довше, ніж при стерилізації вологим жаром. Тому жаростійкий скляний посуд, порошки, масла й т.п. стерилізують протягом 2 год. при 160 °С у сухому стерилізаторі. У випадку стерилізації матеріалів з високою теплоємністю або термоізоляційними властивостями варто враховувати час прогріву. У кожному разі рекомендується контролювати температуру за допомогою індикаторів або перевіряти повноту стерилізації (для цього в апарат поміщають також пробу ґрунту, що містить спори, які потім висівають). У тих випадках коли дозволяє матеріал, може бути застосовано 30-хвилинне нагрівання при 180 °С. Як показує досвід, при цьому гинуть усі спори. Стерилізація жаром заснована на коагуляції клітинних білків.

ЗМ. 2 Мікроорганізми у процесах очистки природних та стічних вод

1.2.1 Оцінка якості води за рівнем сапробності

Сапробність – здатність водних організмів жити у воді, що містить різну кількість органічних речовин.

Полісапробна зона:

- Утримується значна кількість нестійких органічних речовин і продуктів їх анаеробного розпаду.
- Багато білкових речовин.
- Фотосинтезу немає.
- Кисень надходить у воду тільки за рахунок атмосферної аерації і повністю витрачається на окислювання.
- Дефіцит кисню.
- У воді присутні сірководень і метан.
- На дні кисень відсутній, багато детриту, ідуть відбудовні процеси, залізо присутнє у формі FeS, мул чорний із запахом H₂S.
- Дуже багато сапрофітної мікрофлори.
- Добре розвинені гетеротрофні організми:
- нитчасті бактерії (*Sphaerotilus*);
- сірчані бактерії (*Beggiatoa*, *Thiothris*);
- бактеріальні зооглеї (*Zoogloea ramigera*);
- найпростіші - інфузорії (*Paramecium putrinum*, *Vorticella putrina*);
- безбарвні джгутикові;
- олігохети *Tubifex tubifex*, водрость *Polytoma uvella*.

Альфа-мезосапробна зона:

- Починається аеробний розпад органічних речовин, утворюється аміак, вуглекислота.
- Кисню мало, сірководню і метану немає.
- БСК становить десятки міліграм у літрі.
- Кількість сапрофітних бактерій визначається десятками й сотнями тисяч в 1 мл.
- Залізо перебуває в окисній і закисній формах.
- Мул сірого цвіту.
- Утримуються організми, пристосовані до недолику кисню і високому вмісту вуглекислоти.
- Переважають рослинні організми з гетеротрофним і міксотрофним харчуванням.
- Окремі організми розвиваються в масі:
- бактеріальні зооглеї;
- нитчасті бактерії;
- гриби;
- з водоростей – осцилляторії, стигеоклоніум, хламідомонас, евгена.

- Зустрічаються в масі сидячі інфузорії (*Carchesium*), коловертки (*Brachionus*), багато забарвлених і безбарвних жгутикових.
- В мулі багато тубіфіцидів (олігохети) і личинок хирономід ("мотиль").

Бета-мезосапробна зона:

- Немає нестійких органічних речовин, відбулася повна мінералізація.
- Сапрофітів - тисячі клітин в 1 мл, і різко збільшується їхня кількість у період відмирання рослин.
- Вміст кисню і вуглекислоти коливається залежно від часу доби: удень надлишок кисню, дефіцит вуглекислоти; уночі - навпаки.
- Мул жовтий, ідуть процеси окислення, багато детриту.
- Багато організмів з автотрофним харчуванням, спостерігається цвітіння води, тому що сильно розвинений фітопланктон.
- Зустрічаються:
 - діатомові водорості *Melosira vaians*, *Diatoma*, *Navicula*;
 - зелені водорості *Cosmarium*, *Botrytis*, *Spirogira crassa*, *Cladophora*;
 - багато одноклітинних водоростей.
 - Уперше з'являється кушир *Ceratophyllum demersum*.
 - Багато кореніжок, соняшників, хробаків, моллюсків, личинок хирономід.
- Зустрічаються ракоподібні і риби, тобто різних видів, але чисельність та біомаса їх невелика.

Олігосапробна зона:

- Це практично чисті водойми. Цвітіння не буває, зміст кисню і вуглекислоти не коливається.
- На дні мало детриту, автотрофних організмів і бентосних тварин (хробаків, моллюсків, личинок хирономід).
- Зустрічаються водорості *Melosira itallica*, *Draparnaldia glomerata* і *Draparnaldia plumosa*, коловертка *Notholea longispina*, рачки *Daphnia longispina* і *Bythotrophes longimanus*, личинки веснянок, моллюск *Dreissena polymorpha*, риби стерлядь, гол'ян, форель.

1.2.2 Сутність біохімічних процесів очищення води

Здатність бактерій використовувати в процесі своєї життєдіяльності як харчування різні органічні й мінеральні речовини стічних вод є основою процесів біологічного очищення. Бактерії мають дуже різноманітні фізіологічні можливості відносно живильних речовин і умов навколишнього середовища, що дозволяє видаляти зі стічних вод практично будь-які органічні сполуки.

У клітинах бактерій одночасно протікає безліч біохімічних реакцій. Ферменти, що прискорюють біохімічні реакції, мають високу каталітичну активність, тобто ефективно знижують енергію активації, необхідну для здійснення реакції, завдяки тому, що сприяють утворенню проміжних продуктів, що вимагають меншої енергії.

Бактеріальне розкладання органічних речовин може відбуватися в анаеробних і в аеробних умовах.

Основна відмінність анаеробного бродіння від аеробного окислювання полягає в тім, що при розкладанні органічної речовини в анаеробних умовах акцептором електронів може слугувати зв'язаний кисень органічних і неорганічних з'єднань (анаеробне дихання), або проміжні продукти реакції (бродіння), а не молекулярний кисень. В обох процесах енергія, одержувана клітиною при розкладанні органічної речовин, запасується в зв'язках аденозинтрифосфорної кислоти (АТФ). При розщепленні від АТФ однієї грам-молекули фосфату виділяється до 42 Кдж енергії, що використовується клітиною у всіх обмінних реакціях, що вимагають витрат енергії.

Анаеробні бактерії в порівнянні з аеробними менш ефективно використовують енергію. Це обумовлює значно менший приріст біомаси мікроорганізмів в анаеробних умовах у порівнянні з аеробними при однаковій кількості перероблених живильних речовин.

Анаеробний процес проходить у дві стадії. На стадії кислого бродіння в результаті гідролізу білків утворюються поліпептиди й амінокислоти, які, в остаточному підсумку, при відщипленні від них аміногрупи перетворюються в жирні кислоти. Жири руйнуються з утворенням гліцерину й жирних кислот. Вуглеводи в анаеробних умовах також руйнуються до кислот жирного ряду.

Таким чином, на стадії кислого бродіння утворюються жирні кислоти (найбільше часто - оцтова, мурашина, пропіонова й масляна кислоти), двоокис вуглецю, амоній, сірководень, спирти, кетони, ацетон, оцетовий альдегід.

На стадії метанового бродіння жирні кислоти, що утворилися, спирти і т. п. розкладаються до метану, двоокису вуглецю, водню.

Основними процесами, використовуваними при біологічному очищенні, є аеробні, при яких органічні речовини окисляються, в остаточному підсумку, до вуглекислоти і води. Клітини одержують біологічно корисну енергію за рахунок ферментативних реакцій, у ході яких електрони переходять із одного енергетичного рівня на інший. Для більшості організмів кінцевим акцептором електронів служить кисень. Передача електронів кисню відбувається при участі системи переносу електронів, що послідовно передає його різним компонентам системи й зрештою активує його. Активований кисень вступає в реакцію з іонізованим атомом водню, утворюючи воду або перекис водню. У ході ферментативних реакцій енергія електронів зв'язується в зв'язках АТФ.

При окислюванні органічної речовини частина енергії розсіюється, частина передається доти, поки весь вуглець органічної речовини не буде окислений до CO_2 і води, отже, не вичерпається запас енергії органічної речовини. Кожна речовина має певний запас енергії, тобто має потребу в певній кількості кисню для повного окислювання. Необхідна для повного

окислювання кількість кисню (БСК) є мірою кількості органічної речовини, здатної окислюватися бактеріями в аеробних умовах. При оцінці ступеня розкладання органічної речовини в анаеробних умовах і визначенні ефективності роботи анаеробних споруджень, де кисень не споживається, показник БСК застосовуватися не повинен.

1.2.3 Аналіз активного мулу та біоплівки

Активний мул - це штучно вирощений біоценоз при аерації прояснених стічних вод, населений бактеріями, найпростішими і багатоклітинними тваринами, які трансформують забруднюючі речовини і очищують стічні води в результаті усмоктування, окислювання, поїдання.

Окислювання органічних забруднюючих речовин в аеротенках відбувається за рахунок життєдіяльності аеробних мікроорганізмів, що утворюють пластівчасті скупчення - активний мул.

Гідробіологічний аналіз активного мулу складається з наступних етапів:

- 1) візуальне дослідження мулу в скляному циліндрі;
- 2) визначення видів, підвидів організмів (для дрібних джгутиконосців, колоній бактерій обмежуються більше високими систематичними рангами);
- 3) визначення чисельності кожного виду одним з методів кількісного рахунку залежно від необхідної точності висновків;
- 4) опис функціонального стану, особливостей внутрішньої будови, морфологічних змін у індикаторних організмів;
- 5) визначення розмірів деяких характерних біоіндикаторів проводиться в тому випадку, якщо при мікроскопічному дослідженні виявляється їхнє помітне здрібнювання, а також для уточнення видової діагностики;
- 6) розподіл біоіндикаторів на характерні групи організмів, що є присутнім у даній пробі мулу (основні критерії розподілу - це харчові потреби біоіндикаторів, їхнє відношення до концентрації розчиненого кисню, екологічна пластичність, що розуміється як здатність існувати і пристосовуватися в широкому діапазоні змін навколишнього середовища, стійкість до впливу токсичних стічних вод);
- 7) підсумкова оцінка біоценозу, віднесення його до одного з певних типів, характеристика встановленого типу.

Біоценоз активного мулу

У біоценозах активного мулу присутні представники шести відділів мікрофлори: бактерії, гриби, діатомові, зелені, синьозелені, евгленові мікроводорості і дев'яти таксономічних груп мікрофауни: джгутиконосці, саркодові, інфузорії, первиннопорожнинні і вториннопорожнинні черви, черевійчасті черви, коловертки, тихходки, павукоподібні.

Активний мул являє собою складну екологічну систему, організми якої перебувають на різних трофічних рівнях. Гетеротрофні бактерії, водорості,

сапрофітні гриби й сапрофітні найпростіші – первинні – становлять *I трофічний рівень*. Голозойні найпростіші – *II*, а окремі види нематод, хижі коловертки, ссисні інфузорії, тихоходки, хижі гриби – *III трофічний рівень*.

– Він формується з найбільш стійких до даних стічних вод бактеріальних штамів з відповідними харчовими потребами, видова розмаїтість найпростіших визначається ступенем розкладання органічних забруднюючих речовин.

– Багата видова розмаїтість організмів активного мулу свідчить про благополуччя біологічної системи аеротенка, високої ефективності очищення і стійкості біоценозу до впливу токсичних стічних вод.

– Характер реакції біоценозу активного мулу на несприятливий вплив проявляється в зниженні видової розмаїтості. Чутливі до несприятливого впливу види можуть зникнути зовсім або різко знизити чисельність, у той час як стійкі стають ще сильніше. Якщо дія несприятливого фактору наростає або довго зберігається, зачіпаються всі нові види біоценозу і, в результаті, при мінімальній видовій розмаїтості спостерігається максимальна чисельність найбільш стійких видів.

Характеристика мулу

Задовільно працюючий мул. У ньому велика розмаїтість найпростіших по видовому складу при невеликій кількісній перевазі якогонебудь із видів. Всі організми досить рухливі у жвавому стані.

Голодуючий мул. Дрібні розміри найпростіших, організми стають прозорими, травні вакуолі їх зникають, частково інфузорії перетворюються в цисти.

Нітрифікуючий мул. Постійна присутність у помітних кількостях коловерток. Кількісна перевага прикріплених інфузорій, великих амеб.

Перевантажений мул. Мала якісна розмаїтість при кількісній перевазі двох-трьох. Велика кількість безбарвних джгутикових, дрібних амеб і інших дрібних інфузорій.

Мул при скиді промислових стоків. Зменшення переваги видів. Здрібнювання організмів при збільшенні їхньої загальної кількості або при різкому зменшенні загальної кількості залежно від ступеня токсичності стоку.

Мул при недостатній кількості кисню. Велика розмаїтість джгутикових. Коловертки нерухливі, застигли у витягнутому стані, та відмирають.

1.2.4 Вивчення методів біотестування

Під біотестуванням (biotesting) звичайно розуміють процедуру встановлення токсичності середовища за допомогою тест-об'єктів, що сигналізують про небезпеку незалежно від того, які речовини і у якому

сполученні викликають зміни життєво важливих функцій у тест-об'єктів. Завдяки простоті, оперативності і доступності біотестування одержало широке визнання в усьому світі і його все частіше використовують поряд з методами аналітичної хімії.

Для чого використовується біотестування?

Біотестування як метод оцінки токсичності водного середовища використовується:

- при проведенні токсикологічної оцінки промислових, стічних побутових, сільськогосподарських, дренажних, забруднених природних та ін. вод з метою виявлення потенційних джерел забруднення;
- при контролі аварійних скидань високотоксичних стічних вод;
- при проведенні оцінки ступеня токсичності стічних вод на різних стадіях формування при проектуванні локальних очисних споруд;
- у контролі токсичності стічних вод, що подаються на очисні споруди біологічного типу з метою попередження проникнення небезпечних речовин для біоценозів активного мулу;
- при визначенні рівня безпечного розведення стічних вод для гідробіонтів з метою обліку результатів біотестування при коригуванні і встановленні гранично припустимих скидів (ГДС) речовин, що надходять у водойми зі стічними водами;
- при проведенні екологічної експертизи нових матеріалів, технологій очищення, проектів очисних споруд та ін.

Що таке тест-об'єкти?

Тест-об'єкт (test organism) – організм, використовуваний при оцінці токсичності хімічних речовин, природних і стічних вод, ґрунтів, донних відкладень, кормів і ін. Тест-об'єкти, по визначенню Л.П. Брагинського – «датчики» сигнальної інформації про токсичність середовища і замітники складних хімічних аналізів, що дозволяють оперативно констатувати факт токсичності (отруйності, шкідливості) водного середовища («так» або «ні»). Незалежно від того, чи обумовлена вона наявністю однієї речовини або цілого комплексу аналітично не визначених речовин, який звичайно являють собою стічні води. Тест-об'єкти з відомим ступенем наближення дають кількісну оцінку рівня токсичності забруднення водного середовища – стічних, скидних циркуляційних і природних вод.

Які тест-об'єкти використовуються для біотестування?

Для біотестування використовуються різні гідробіонти – водорості, мікроорганізми, безхребетні, риби. Найбільш популярні об'єкти – ювенальні форми (juvenile forms) планктонних ракоподібних фільтраторів *Daphnia magna*, *Ceriodaphnia affinis*. Семиденний тест на добовій молоді цериодафнії *Ceriodaphnia affinis* дозволяє за більше короткий строк (7 діб), чим на *Daphnia magna* (21 діб) дати висновок про хронічну токсичність води.

Важлива умова правильного проведення біотестування – використання генетично однорідних лабораторних культур, тому що вони проходять перевірки чутливості, утримуються в спеціальних, застережених стандартами лабораторних умовах, що забезпечують необхідну збіжність і відтворюваність результатів досліджень, а також максимальну чутливість до токсичним речовинам.

Що таке тест-функція ?

Життєва функція або критерій токсичності (toxicity criterion), використовується в біотестуванні для характеристики відгуку тест-об'єкта на дію, що ушкоджує, середовища. Тест-функції, використовувани як показники біотестування для різних об'єктів:

- для інфузорій, ракоподібних, ембріональних стадій молюсків, риб, комах - виживання (смертність) тест-організмів;
- для ракоподібних, риб, молюсків - плідність, поява аномальних відхилень у ранньому ембріональному розвитку організму, ступінь синхронності подрібнення яйцеклітин;
- для культур одноклітинних водоростей і інфузорій - загибель клітин, зміна (приріст або збиток) чисельності клітин у культурі, коефіцієнт розподілу клітин, середня швидкість росту, добовий приріст культури.
- для рослин - енергія проростання насіння, довжина первинного кореня та ін.

Як довго триває біотестування?

Тривалість біотестування залежить від завдання, поставленої дослідником.

Гострі біотести (acute tests), виконуються на різних тест-об'єктах по показниках виживання і тривають від декількох хвилин до 24-96 год. Короткострокові (short-term chronic tests) хронічні тести тривають протягом 7 діб й закінчуються, як правило, після одержання першого покоління тест-об'єктів. Хронічні тести (chronic tests) на загальну плідність ракоподібних, що охоплюють 3 покоління, тривають до народження молоді.

Що таке токсичний ефект?

Токсичний ефект (toxic effect) – зміна будь-якого показника життєдіяльності або функцій організму під впливом токсиканта. Залежить від особливостей отрути, специфіки метаболізму організму, факторів зовнішнього середовища (вміст кисню, рН, температури та ін.).

Що таке токсичність середовища і як вона визначається?

Токсичність (toxicity) – властивість хімічних речовин проявляти згубну або летальну дію на живі організми. Речовина, що робить токсичний вплив, називається токсикантом, а процес впливу токсиканта на організм – токсикацією. По Н.С. Строганову, кількісно токсичність речовини для окремого організму визначається як величина, зворотна медіанній летальній концентрації: $T = 1/LC50$.

Токсичність водного середовища (toxicity of water environment) – токсичність води і донних відкладень для гідробіонтів, що виникає внаслідок появи в ній токсичних речовин природного або антропогенного походження (ксенобіотіков), забруднення стічними водами, токсичними атмосферними опадами та ін. При виникненні токсичності водного середовища вода із середовища, що підтримує життя, стає середовищем, згубним для життя. Ступінь токсичності водного середовища оцінюється методами біотестування, а також по перевищенню ГДК (гранично припустимих концентрацій).

Яка різниця між гострою й хронічною токсичністю?

Гостра токсичність виражається в загибелі отруєного організму за короткі проміжки часу – від декількох секунд до 48 год.

Хронічна токсичність середовища проявляється через якийсь час у вигляді порушень життєвих функцій організмів і виникнення патологічних станів (токсикозів). У водних організмів хронічна токсичність виражається в гонадотропній і ембріотропній дії токсиканта, що приводить до порушення плідності (продуктивності), ембріогенезу і постембріонального розвитку, виникненню каліцтв (мутацій) у потомстві, скороченню тривалості життя, появі «карликових» форм.

Чи існують кількісні міри токсичності речовин для живих організмів?

Так, такі величини існують. Це показники гострої токсичності NOEC, LC 0, LC 50, LC 100, встановлені для «чистої» речовини при його лабораторному дослідженні. Показник не має універсального значення і встановлюється для кожного тест-об'єкта індивідуально. NOEC (no observed effect concentration) – максимально недіюча концентрація речовини; LC 0 – мінімальний поріг чутливості, при якому відзначаються специфічні тест-реакції або смертність тест-об'єктів; LC 50 – стандартна міра токсичності речовини, що показує, яка концентрація речовини викликає загибель 50 % тест-організмів за встановлений час (24, 48 або 96 год.) LC 100 – вищий смертельний поріг для всіх тварин або тест-культури водоростей, використаних у досвіді.

2 РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА

Кожен студент самостійно виконує завдання на розрахункову роботу. Працює з літературними джерелами та складає свою індивідуальну роботу, яка містить основні розділи, що розкривають обрану тему. Для зручнішого та більш зрозумілого виконання необхідно спиратися на теоретичний матеріал, якій наведено у цьому розділі. Теоретичний зміст розділу має спрямувати студентів у правильному напрямку при пошуку необхідної інформації.

Септики

Септики (типові проекти (т. п.) 3-73.1.87; 902-3-73.2.87; 902-3-73.3.87) у нашій країні застосовуються як спорудження механічного очищення перед спорудженнями природного біологічного очищення на витрату 0,4–12 м³/доб, а при необхідності й при відповідному техніко-економічному обґрунтуванні – на витрату до 25 м³/доб. У септиках одночасно здійснюються два процеси очищення стічних вод – прояснення і обробка (бродиння) осаду в природних умовах. При тривалому перебуванні стічних вод у септиках (з розрахунку 2–3 доби) видаляється високий відсоток механічних домішок і на виході їхня концентрація становить у середньому до 30 – 40 мг/л. При таких залишкових концентраціях суспензій зрошувальні дрени споруджень природного біологічного очищення не засмічуються і працюють тривалий час (до 10 років) – до наступного періоду регенерації системи. Тривала експлуатація дозволила визначити зв'язок між концентрацією зважених речовин C_{en} , BCK_5 і L_{ex} стічної рідини, що пройшла обробку.

Як правило, в осаді поряд з мінеральними втримується велика кількість органічних речовин, частина яких незабаром після утворення починає загнивати через відсутність кисню. Під впливом анаеробних мікроорганізмів протягом шести місяців відбувається процес анаеробного бродиння. Відсутність примусового перемішування й підігріву визначає інтенсивність процесу, що, в основному, завершується на першій фазі – кислого бродиння. Гази, що утворюються в процесі гниття (метан, вуглекислий газ, сірководень і ін.) у більшій або меншій кількості захоплюються потоком рідини, що рухається, надаючи проясненій рідини гнильний запах. Таку воду можна скидати у водойми, що мають високу здатність до самоочищення.

На практиці у двокамерних септиках робочий обсяг першої камери приймають 2/3 загального обсягу, у трьох- і більше камерних – половину загального обсягу. Це пояснюється тим, що при надходженні стоків безпосередньо в першу камеру зважені речовини, що мають більшу гідравлічну крупність, швидко осідають, тому ця камера завжди перевантажена. Робоча глибина води в септиках повинна бути 1,2 – 2 м, тому що більші глибини ускладнюють видалення осаду і сприяють утворенню короткозамкнених потоків рідини, що знижує ефект поділу твердої й рідкої

фаз. Рівень води між тою, що подають і відводять комунікаціями в середньому повинен становити 45–50 мм. На стінках маються пропускні отвори, причому щоб уникнути засмічування їх варто розташовувати так, щоб в них не попадав донний осад і плаваючі речовини. Тому в місцях входу й випуску стічних вод установлюють напівзанурені дошки або трійники, що виключають прямий потік, це забезпечує забір води з-під рівня. Ці пристрої повинні бути занурені у воду не менш чим на 300 мм і над водою підніматися не менш чим на 200 мм. Перекриття септика повинне виключати надходження дощових вод у споруди. Проїзд по поверхні не допускається. Для постійного видалення газів, що утворюються, у септиках влаштовують вентиляційні труби. Щоб уникнути вхідних і вихідних трубах відкладень, їх влаштовують із більшим ухилом, відповідно 1:50 і 1:100. Обслуговують септики через люки. Рівномірність надходження стічних вод від септика на спорудження природного біологічного очищення здійснюється дозуючою камерою і сифоном.

Найбільш ефективний серед звичайних септиків – це двох'ярусний септик який забезпечує видалення продуктів розпаду (газів) органічних сполук осаду, минаючи вистояну зону. Посвітління стічної води в жолобах досягає – 98 %, а зниження БСК₅ – 70 %. Поділ відстійної і септичної частин споруди також полегшує та поліпшує умови вивантаження осаду із септичної частини. На відміну від звичайних септиків осад видалається під гідростатичним тиском через спеціально влаштований муловіджимний трубопровід, що виключає вторинне забруднення стоків. При цьому відсутні осідання і його винос, а це запобігає засмічуванню зрошувальних трубопроводів. Така конструкція сприяє тривалій і надійній роботі септика, виключає необхідність його відключення в період вивантаження осаду і забезпечує задовільні гігієнічні умови.

Фільтруючі колодязі

При витраті стічних вод, що не перевищує 1 м³/доб зручно користуватися фільтруючими колодязями. Їх застосовують у супіщаних ґрунтах з умов навантаження 40 л/доб стічних вод на 1 м³ фільтруючій поверхні і 80 л/доб при піщаних ґрунтах. Під фільтруючою поверхнею розуміється дно й бічна площа стінок колодязя на висоту фільтра в зоні забезпечення фільтруючого контакту колодязя із ґрунтом.

Фільтруючі колодязі будують поза зоною джерел питного водопостачання. Зона поширення стічних вод не повинна досягати радіуса депресійної воронки джерела питного водопостачання. В окремих випадках ці спорудження повинно погоджувати з органами санітарного нагляду.

Висока фільтруюча здатність ґрунту являє собою небезпеку при пристрої колодязя питної води поблизу фільтруючого колодязя, оскільки перший більше глибокий і в нього можуть попадати забруднення зі стічних вод. Найбільший гарант очищення води у фільтруючих колодязях –

будівництво фільтруючого шару у верхніх шарах ґрунту, але не менш чим на 1 м до рівня ґрунтових вод. Природний ґрунтовий фільтр затримує забруднення стічних вод за рахунок біологічної сорбції. Потім відбувається окислювання, а також розкладання патогенних бактерій. Для відводу стічних вод застосовують фільтруючі колодязі із дном і без нього. Типові проекти, застосовувані в нашій країні, рекомендують фільтруючі колодязі із пристроєм фільтруючого дна. Фільтруючі колодязі будують круглими й прямокутними із цегли, бетону або залізобетонних кілець діаметром 1,5 – 2 м глибиною до 2 м. Значення перфорації в стінках колодязя становить 20 – 30 мм. Днище й стінки колодязя обсыпають щебенем крупністю 44 – 54 мм. Усередину колодязя засипають цей же фільтруючий матеріал товщиною до 1 м. Колодязь перекривають плитою з убудованим люком, що забезпечує доступ у колодязь для його обслуговування й у випадках замулювання поверхні завантажувального матеріалу. Перед фільтруючими колодязями необхідно передбачати септик.

Надійність роботи колодязя залежить від точності розрахунків по знаходженню необхідної корисної площі фільтрації, обумовленою й поглинаючою здатністю ґрунту й тиском стовпа рідини в колодязі. Необхідну площу фільтрації доцільно в кожному конкретному випадку визначати з урахуванням місцевих умов, гідрогеології району.

Підземна фільтрація стічних вод

Підземну фільтрацію стічних вод у піщаних і супіщаних ґрунтах виконують при розташуванні зрошувальних труб вище рівня ґрунтових вод не менш чим на 1 м.

З огляду на те, що зрошувальні труби укладають на глибині 0,6–0,9 м, у період вегетації значна кількість стічних вод (у вигляді живильних речовин і вологи) засвоюється кореневою системою рослин, а не засвоювана їхня частина проходить біологічну фільтрацію через шар ґрунту й попадає в ґрунтові води.

Значні капітальні витрати на укладання дренажу і постійна погроза замулювання перфорації зрошувальних труб не завжди роблять систему підземної фільтрації зручною для застосування.

Спорудження підземної фільтрації бувають із природним фільтруючим завантаженням (ґрунт), що одержали назву поля підземної фільтрації, і зі штучним фільтруючим завантаженням (піщано-гравійні фільтри та фільтруючі траншеї).

До споруджень природного очищення такі ставляться землеробські поля зрошення.

Процеси біологічного очищення стічних вод на цих спорудах аналогічні всім біологічним процесам вилучення забруднень, тому на процес вилучення впливають загальновідомі фактори. По даним НДІ ВОДГЕО і АКХ ім. К.Ц. Памфілова процеси мінералізації забруднень у спорудах

природного очищення відбуваються у фільтруючих ґрунтах, розташованих безпосередньо в зрошувальних трубах. Таке подання про механізм процесу видалення забруднень дало можливість удосконалити методіку розрахунку цих систем - у розрахунках стали враховувати навантаження на довжину зрошувальних труб, а не на площу фільтрації.

Підземна фільтрація в якості повного біологічного очищення стічних вод застосовується на витрату до 12 м³/доб, в окремих випадках при відповідному техніко-економічному обґрунтуванні до 25 м³/доб.

Навантаження на 1 м погонної довжини зрошувальних труб застосовуються залежно від гідрогеологічних і кліматичних умов. Для піщаних ґрунтів навантаження становить 16 – 30 л/доб на 1 м погонної довжини, а супіщаних ґрунтів 8 – 16 л/доб. Зрошувальну мережу влаштовують із керамічних або з азбестоцементних перфорованих труб. Діаметр труб становить 100–150 мм, значення перфорації ~15 мм, крок 200 мм. Щоб уникнути замулювання, перфорацію (пропили) направляють долілиць, труби укладають на подушки з добре фільтруючого матеріалу, наприклад щебінь, с ухилом 0,001–0,003 у сторону плину рідини. У супіщаних ґрунтах труби укладають горизонтально, причому зрошувальних труб повинне бути не менш двох кожна довжиною не більше 20 м.

Один зі способів розподілу стічних вод – застосування дозуючих пристосувань залежно від витрати. На витрати 3 м³/доб і більше в камерах септиків дозування влаштовують сифонами, а з малими витратами – хитними жолобами, оскільки при малих витратах надійність спрацьовування сифонів різко знижується.

При витратах більше 0,45 м³/доб зрошувальні труби укладають паралельно з відстанню між ними, що враховує геологічні умови. Для піщаних ґрунтів залежно від крупності фракцій піску ця величина становить 1,5–2 м, у супіщаних – до 2,5 м. Наприкінці зрошувальних труб влаштовують вентиляційні труби (стояки), які, як правило, перекриваються флюгерками. При малих витратах вентиляційні труби встановлюють на кожному зрошувачі. При пристрої групових галузей кінці зрошувальних труб з'єднують вентиляційним колектором, що закінчується вентиляційним стояком.

Розрахунок полів підземної фільтрації полягає у визначенні довжини зрошувальних труб. Потім, відповідно до типового проекту підбирається відповідна технологічна схема. На полях підземної фільтрації прояснені води піддаються повному біологічному очищенню. При цьому досягається глибокий ефект вилучення забруднень. Отримані якісні дані основних показників при результаті роботи для навантаження 33 л/доб. на 1 м погонної довжини.

Поля фільтрації – це спеціально сплановані прямокутної форми ділянки землі, на які подається прояснена стічна рідина після септиків, або двох'ярусних і інших типів відстійників.

Поля фільтрації призначені для повного біологічного очищення з високим ефектом. Після біологічного очищення зважені речовини повинні становити 98,5–99 %; БСК₂₀ – 97,5–98 %. Робота полів фільтрації ґрунтується на здатності ґрунту, що самоочищується, і обмежується геологічними характеристиками ґрунтів. Щоб уникнути замулювання ґрунту (зниження коефіцієнта фільтрації) рекомендовано незначні гідравлічні і органічні навантаження. Тому навіть при малих обсягах оброблюваної рідини потрібні значні території земельних площ. Механізм вилучення забруднень аналогічний іншим спорудженням підземної фільтрації лише з різницею у швидкості окислювання органічних сполук. Розкладання органічних забруднень відбувається у взаємодії біоплівки, що утвориться на поверхні фракцій ґрунту, і розчиненого кисню, що надходить із проясненою рідиною. Поля фільтрації влаштовують долилиць за течією ґрунтових вод від населеного пункту не ближче чим 300 м – для супісі і 500 м для піщаних ґрунтів.

Промислові стічні води не рекомендується очищувати на полях зрошування. Але в деяких галузях (цукрова промисловість і т. ін.) нормами передбачена подача стічних вод на підлоги зрошування після попереднього локального очищення (або без нього). Багаторічний досвід експлуатації подібних систем свідчить про те, що тільки в перший рік підвищується врожайність полів. Далі порушується здатність ґрунтів до самоочищення, накопичуються солі та інші шкідливі з'єднання, що порушують структуру і склад ґрунтового комплексу. Все це різко знижує врожайність, а іноді змінює якість вирощуваної продукції.

З метою забезпечення максимальної швидкості фільтрації під поля зрошення приділяється відносно рівний рельєф місцевості з незначним ухилом у межах 0,001– 0,01 незасвоєних ділянок з добре фільтруючими ґрунтами й глибиною залягання ґрунтових вод не більше 2 м. При необхідності паралельно з полями зрошування можуть бути влаштовані поля фільтрації, ставки-накопичувачі або резервні поля зрошування.

Біоставки

Біологічні ставки влаштовують у слабофільтруючих ґрунтах із пристроєм рівного горизонтального дна. Форму в плані біоставків приймають із урахуванням способу аерації (переважно прямокутну).

Біологічні ставки призначені для очищення малих кількостей слабо концентрованих і концентрованих стічних вод у природних умовах. Вони застосовуються також як споруди доочищення стічних вод, що пройшли обробку на установках штучного очищення і для очищення умовно чистих промислових стічних вод. Вилучення забруднень у ставках здійснюється за рахунок життєдіяльності мікроорганізмів, що надходять після споруд штучного біологічного очищення, а також зоопланктонів, що розвиваються безпосередньо в самих біоставках. Водорості, що розвиваються,

інтенсифікують процес обміну кисню, це позитивно позначається на життєдіяльності мікроорганізмів. Крім того, кисень надходить через вільну поверхню за рахунок природної аерації, теплового масообміну (глибина ставків 0,4–0,6 м). Погано підібраний гідравлічний режим потоків рідини в біоставки (утворення застійних зон) погіршує умови переносу кисню в товщу води. У свою чергу недолік кисню погіршує процес окислювання біологічного субстрату. Як правило, споруди з низькою окисною потужністю громіздкі і вимагають більших земельних площ, що не завжди вигідно господарствам. Однак простота та зручність в експлуатації і обслуговуванні дають можливість широко використовувати ці споруди.

На ефективність роботи біоценозу впливає температура стічної рідини у водоймі. Біологічні ставки дуже залежні від температури повітря. Це пов'язане з більшим дзеркалом вільної поверхні, що забезпечує контакт рідини й повітря. З одного боку, відбувається інтенсивний перенос кисню повітря в рідину, з іншого боку – цей процес регулюється температурним станом середовища. У літній період робота мікроценоза більше ефективніша, ніж у зимовий. У районах з негативними температурами біологічні ставки покриваються льодом, що створює додаткові труднощі в процесах масообміну. Деякі різновиди мікроорганізмів у цей період цистуються і вичікують більш сприятливих умов або гинуть зовсім. Тому температурні умови обмежують застосування даних споруджень біологічного очищення до середньої і південної зон нашої країни. Вплив температури на процеси окислювання визначають по відомій формулі Стритера -Вельца.

Біологічні ставки зі штучною аерацією

Примусова аерація біоставків прискорює насичення води киснем повітря, а виходить, інтенсифікує окисні процеси. Крім того, при штучному насиченні збільшується глибина проникнення кисню в товщу рідини що дає можливість збільшити глибину водойми до 3 – 4 м. Збільшення обсягу споруд дозволяє обробляти стічні води з більш високими концентраціями (по БСК до 500 мг/л при природній аерації) або ж витратами. Збільшення глибини біологічних ставків, зменшується площа поверхні дзеркала водойми, при цьому заощаджуються земельні угіддя.

Багатоступінчасті ставки – це споруди з гарним гідродинамічним режимом плинну рідини, що виключає утворення застійних зон, а тим самим і нагромадження осаду, його гниття із вторинним забрудненням води. Багатоступінчасті ставки зменшують ймовірність проскакування необроблених стічних вод, мають високе значення коефіцієнта аерації, ефекту очищення і глибини окисних процесів.

Багатоступінчасті біологічні ставки можуть бути виконані зі змішаним типом аерації. На першому щаблі, на який приходиться основне органічне навантаження, доцільний пристрій штучної аерації, на наступних – природна аерація, що дозволить знизити питомі енерговитрати на очищення стічної

води. Штучну аерацію потрібно здійснити механічним або пневматичним способом. Перевага віддається механічному способу. Створено ряд конструкцій механічних аераторів з автоматичним і дистанційним керуванням, що змінюють своє місце розташування залежно від коливання рівня води в ставку.

Біофільтри

Біофільтри – резервуари, у яких розміщене інертне пористе завантаження, через яке зверху долілиць фільтрується стічна вода. Поверхня завантажувального матеріалу обростає біоплівкою. Вихідна вода рівномірно розподіляється по поверхні завантаження, а очищена збирається в піддоні під завантаженням і надходить у вторинний відстійник для відокремлення від біоплівки, що постійно змивається із завантажувального матеріалу.

У цей час у нормальній експлуатації практично не залишилося краплинних біофільтрів і аерофільтрів із гравійним завантаженням.

Біофільтри можуть застосовуватися для видалення органіки в сполученні з видаленням біологічного азоту і фосфору реагентним способом у додаткових спорудженнях, оскільки в діапазоні застосування біофільтрів станції продуктивністю до 20000 м³/доб – видалення фосфору біологічним способом нераціонально.

Інтенсифікація роботи біофільтрів іде в напрямку застосування як завантаження листового матеріалу, що дозволяє підвищити ефективність очищення. Прикладом успішного рішення в цій області є біофільтри – стабілізатори, які складаються з високо навантаженого біофільтра і розташованого під ним резервуара, у якому виділені зони мінералізації й відстоювання. Біофільтр-стабілізатор працює в режимі рециркуляції; видалення забруднень відбувається як на завантаженні біофільтра, так і в зоні мінералізації за допомогою надлишкової біоплівки, що циркулює з мінералізатора на біофільтр.

При продуктивності станції до 10000 м³/доб застосовують глибинні (роторні) біофільтри. Глибинний біофільтр являє собою обертовий барабан, напівзанурений у резервуар зі стічною водою. Барабан виконується у вигляді пластинчастих дисків або пористого матеріалу, що обростає біоплівкою, яка при обертанні барабана періодично опиняється під водою, де контактує із забрудненнями, і над водою, де контактує з атмосферним повітрям.

Очисні споруди з біофільтрами мають досить просту технологічну схему, не вимагають дорогого встаткування, прості в експлуатації. Труднощі виникають при замулюванні завантаження біофільтра в результаті перевищення проектних органічних навантажень на спорудження.

Для затримки надлишкової біоплівки після біофільтрів встановлюються вторинні відстійники, в основному вертикального типу. Надлишкова плівка із вторинних відстійників повинна регулярно видалятися на обробку або на мулові майданчики, у противному випадку загниваючий

осад погіршує якість очищеної води. Залежно від режиму роботи біофільтра (краплинний або високонавантажений) утворюється різна кількість надлишкової біоплівки: для краплинних біофільтрів - 8 г/добу для високонавантажених - 28 г/добу. Вологість осаду, що вивантажується із вторинного відстійника, близько 96 %.

У цілому очищена вода після біофільтрів має показники, що не задовольняють вимогам санітарно-епідеміологічної служби та комітетів з охорони природи: БСК_{повн} та концентрація зважених речовин – 20–25 мг/л, нітрифікація іде слабо, зниження вмісту амонійного азоту не перевищує 30–40 %, і його концентрація в очищеній воді 15–20 мг/л залежно від вихідних концентрацій. Очищена вода часто має опалесценцію і дрібну неосідаючу суспензію. Тому самі по собі біофільтри (крім глибинних) не можна рекомендувати, як перспективні очисні споруди, але їхня принципова особливість – біологічне обростання на поверхні завантажувального матеріалу (біоплівка), можуть бути використані при вдосконалюванні способів біологічного очищення. Глибинні біофільтри при використанні декількох ступенів можуть забезпечити необхідну якість очищеної води, але область їхнього застосування обмежується невеликими витратами стічних вод.

Аеротенки

Основними найбільш широко застосовуваними спорудами біологічного очищення є аеротенки.

Аеротенки являють собою резервуари, у яких стічна вода змішується з активним мулом і аерується за допомогою різних систем аерації. Аерація забезпечує ефективне змішування стічних вод з активним мулом, подачу в мулову суміш кисню і підтримку мулу у зваженому стані. У процесі окислювання органічної речовини збільшується біомаса мікроорганізмів і утворюється надлишковий активний мул. Відокремлення активного мулу від очищеної води відбувається у вторинних відстійниках. Аерація забезпечує ефективне змішування стічних вод з активним мулом, подачу в мулову суміш кисню і підтримку мулу у зваженому стані. В процесі окислювання органічної речовини збільшується біомаса мікроорганізмів і утворюється надлишковий активний мул. Відокремлення активного мулу від очищеної води відбувається у вторинних відстійниках, з яких він вертається в аеротенки (циркуляційний активний мул), а надлишковий активний мул періодично виводиться із вторинного відстійника.

Як правило, аеротенки виконуються у вигляді одного-чотирьох коридорів глибиною від 3 до 5 м і довжиною – у 4 рази більше ширини. Ширина коридору не перевершує глибину більш ніж в 2 рази. При необхідності передбачають аеротенки довжиною до 100 м і шириною коридору до 12 м.

Можливі інші форми аеротенків за умови достатнього перемішування мулової суміші і ефективного введення повітря. Висока концентрація активного мулу обмежена його здатністю до відділення від мулової суміші. Практично концентрація мулової суміші в аеротенках перебуває в межах 1,5 – 6 г/л. У вторинному відстійнику мул ущільнюється до концентрації не більше 8–10 г/л. При концентрації мулу в аеротенку понад 6 г/л витрата циркуляційного мулу досягає 300 % від витрати стічної води, що не економічно по витраті енергії і по необхідному обсягу вторинного відстійника.

Аерація мулової суміші здійснюється подачею стисненого повітря через різного роду диспергатори (дірчаті труби, пористі пластини, труби), які виготовляються зі сталі, керамічних і пластмасових матеріалів.

У Франції і Фінляндії, а в останні роки і в Росії, застосовуються конструкції дрібнопухирцевих аераторів на основі пористого поліетилену. Аератор складається з основної перфорованої труби, поліетилену, насадженим на неї диспергатором із двошарового пористого поліетилену, що забезпечує рівномірність утворення пухирців повітря. Аератори, що випускаються в Україні «Екополімер» або «Екотон» прості в монтажі і обслуговуванні, надійні в роботі.

У районах з теплим кліматом при невеликій продуктивності очисної станції можуть застосовуватися механічні аератори – мішалки з вертикальною або горизонтальною віссю обертання.

Ежекторна або струминна аерація заснована на залученні повітря струменями води, що протікає через звужену ділянку трубопроводу, до якого підведений повітровід. Робочою рідиною звичайно є мулова суміш. Ежекторна система аерації найменш ефективна з перерахованих, але одна з найпростіших в монтажі і експлуатації, й тому має свою область застосування – очисні споруди малої продуктивності.

Для біологічного очищення побутових стічних вод потрібно 1–1,4 г кисню на 1 г БСК_{повн}. При застосуванні різних типів пневматичних аераторів у традиційній технологічній схемі очищення без нітрифікації, витрата повітря досягає 5–10 м³ на 1 м³ вихідної стічної води. Потужність механічних аераторів досягає 0,05–0,1 кВт на 1 м³ добовій продуктивності, зона дії одного аератора досягає 30–400 м³. Система аерації повинна підтримувати в аеротенках концентрацію розчиненого кисню від 2 до 5 мг/л.

Вимоги до глибокого видалення з'єднань азоту, обробки і утилізації осадів (необхідне максимальне зниження кількості осаду, що утворився) роблять аеротенки повного окислювання досить привабливими спорудами, тому що при застосуванні звичайних аеротенків однаково необхідно передбачати додаткові споруди для нітрифікації стічних вод, споруди для стабілізації і обробки опадів. У кожному конкретному випадку доцільність застосування аеротенків повного окислювання потрібно визначати техніко-економічним розрахунком.

Аеротенки в стандартній технологічній схемі застосовують для видалення органічних і частини мінеральних речовин (у тому числі біогенних елементів) при синтезі органічної речовини активного мулу й при сорбції на поверхні пластівців. У стандартній технологічній схемі активний мул функціонує в досить вузьких стаціонарних умовах, що підтримуються при роботі станції.

При необхідності видалення біогенних елементів біологічним методом повинні бути створені нестаціонарні умови по органічному навантаженню і подачі кисню.

Для відокремлення очищеної води від активного мулу використовують вторинні відстійники. Конструктивно вторинні відстійники проектують як і первинні: вертикальні, горизонтальні, радіальні – для підвищення ефективності поділу мулової суміші у вторинних відстійниках іноді використовується прийом відстоювання в тонкому шарі (тонкошарові відстійники). Параметри вторинних відстійників розраховуються по гідравлічному навантаженню з урахуванням концентрації активного мулу в аеротенку і його здатності до осадження і ущільнення, що виражається величиною мулового індексу - обсягу в мл., що займає 1 г активного мулу за 30 хвилин відстоювання. Величина мулового індексу залежить головним чином від складу стічних вод і органічного навантаження: при органічному навантаженні від 200 до 500 мг/доб величина мулового індексу коливається в межах 70–100 мл/г, що забезпечує задовільну роботу вторинних відстійників. При збільшенні органічних навантажень муловий індекс зростає, мул погано осідає у відстійниках, що порушує роботу всієї системи.

Споруди із прикріпленою мікрофлорою

Аеротенки із прикріпленою мікрофлорою представляють із себе резервуари, конструктивно влаштовані як традиційні аеротенки, в яких встановлюється затоплене завантаження, виконане з інертних матеріалів. Біомаса мікроорганізмів присутніх в цій споруді існує у вигляді зваженого активного мулу (як у звичайних аеротенках) і у вигляді біоплівки, що наростає на матеріалі завантаження. Основні види завантаження: засипне завантаження (із зернистих матеріалів, обрізків пластмасових труб, керамічних елементів); плаваюче завантаження; завантаження, що перебуває у зваженому стані; листове завантаження з різних синтетичних матеріалів; завантаження типу «йорш» і деякі інші.

Технологічні переваги біологічного очищення в спорудах із прикріпленою мікрофлорою визначаються головним чином тим, що в аеротенку втримується висока доза мулу без збільшення циркуляції із вторинного відстійника. Усереднена доза активного мулу з обліком того, що частина мулу перебуває у зваженому, а інша в прикріпленому стані досягає 6–8 г/л. Внаслідок цього забезпечуються стійкі якісні показники очищеної води, збільшення окисної потужності очисних споруд, скорочення тривалості

очищення і зменшення обсягів технологічних ємкостей, збільшення віку активного мулу за рахунок збільшення загальної біомаси мікроорганізмів, і отже, інтенсифікація процесів нітрифікації, можливість здійснення глибокого біологічного очищення стічних вод.

ЦНДІЕП розроблені рекомендації із глибокого очищення стічних вод в аеротенках із прикріпленою мікрофлорою, що працюють із використанням листового завантаження без зваженого активного мулу. Широке впровадження цієї технології стало реальним з початком промислового виробництва завантажувальних блокових матеріалів, таких як «Полівом», «Водорость» та ін., призначених саме для каналізаційних очисних споруд.

Технологія застосування прикріпленої мікрофлори дозволяє забезпечити стійке очищення стічних вод зі зниженням концентрації БСК_{повн.} до 3 – 5 мг/л і зниженням вмісту азоту амонійного до 0,5 мг/л.

Біодискові фільтри

Широко використовуються споруди із прикріпленим біоценозом, зокрема біодискові фільтри (БДФ) або реактори. Ці споруди головним чином призначені для очищення малих кількостей стічних вод з великим спектром забруднень.

Сучасний біодисковий фільтр – це ємкість, наповнена обертовим завантаженням. Як завантаження в основному використовують диски різних конструкцій і матеріалів. Диски набирають на горизонтально розташованому валу з відстанню між ними 1,5–2 мм. Диски звичайно занурені в рідину на 0,45D (30–45 %) – буває до 75D. Обсяг біодискових фільтрів і їх основні геометричні параметри визначаються характеристиками вихідної рідини. Так, діаметри дисків промислових установок перебувають у межах 0,5–3,6 м. Обертання дисків здійснюється електроприводом. Залежно від потужності споруд можуть бути варіанти розміщення і застосування тих або інших схем і встаткування. Принцип дії даної споруди біологічного очищення такий: диски (біомодулі) – основний компонент споруди, вони перебувають у постійному обертovому русі, причому їхня поверхня покривається біологічною плівкою, яка аналогічна по своїх функціональних призначеннях до активному мулу.

Товщина її визначається, в основному, характеристиками стічних вод, що очищаються, матеріалом завантаження, частотою її обертання і перебуває в межах 1–4 мм. У середньому ця величина еквівалентна концентрації мулової суміші до 10000 мг/л, якби це була зважена біомаса. Забруднення вилучаються прикріпленою біологічною плівкою і відірваною, що перебуває у зваженому стані під впливом кінематики плинущої рідини. Мікроорганізми в біологічній плівці одержують кисень безпосередньо з атмосфери в період знаходження поза зоною рідини. Процес вилучення забруднень здійснюється при контакті субстрату з поверхнею біоплівки за рахунок адгезії, сорбції, дифузії, деструкції.

Якщо врахувати, що масообмінні процеси між прикріпленим біоценозом і забрудненнями в біодискових фільтрах протікають інтенсивніше, то і час обробки стічних вод значно менше, ніж у системах з активним мулом. У результаті при однакових категоріях оброблюваних стічних вод і заданому ефекті очищення час аерації в БДФ становить 60 – 90 хв, а в аеротенку біля 6 год (міські стічні води). Слід зазначити, що інтенсивність масообмінних процесів у БДФ визначає швидкість приросту і відторгнення біоплівки. У біодискових фільтрах при створенні оптимального гідродинамічного режиму відірвана біоплівка продовжує працювати аналогічно до мулу, тобто в споруді сполучаються два режими видалення забруднень за рахунок прикріпленої і диспергованої біомаси, що збільшує окисну потужність апарата.

Біодискові фільтри компактні, конструктивно прості, стійкі до різного роду перевантаження, мають низькі питомі енерговитрати. Крім того, при застосування цих фільтрів практично немає необхідності в застосуванні насосної станції, оскільки гідравлічні втрати в споруді незначні. На ефективність роботи споруди не впливають короткочасні перебої в подачі електроенергії.

При проектуванні дуже важливим є вибір матеріалу і конструктивне оформлення завантаження. Найбільш прості у виготовленні та доступні пластинчасті диски із пластмаси, азбестоцементу і алюмінію. Крім того, є барабани у вигляді порожніх циліндрів, наповнених синтетичними відходами (шматки піноскла, пінополістиролу, обрізки пластмаси і т.д.). Експлуатується ряд установок із пластинчастими алюмінієвими дисками для очищення стічних вод промислових об'єктів, але вони мають більше навантаження в момент пуску і раптової зупинки, що в деяких випадках виводить із ладу двигун. Диски разом з біологічною плівкою мають більшу масу, що збільшує енергоспоживання та можливість механічних несправностей. Диски не збалансовані, спостерігається жолоблення, скривлення, а це знижує надійність роботи всієї систем. З технологічної точки зору пластинчасті алюмінієві диски не забезпечують інтенсивного перемішування відірваної біоплівки. У результаті погіршується масообмін і диспергована біомаса відкладається у днищі споруди. Нагромадження і ущільнення осаду, що утворюється, приводить до полонки дисків, до вторинного забруднення рідини (в результаті анаеробного розкладання осаду) до зниження окисної потужності і ефективності установки.

У конструктивному відношенні прийнятні схеми розташування біодискових фільтрів і самих дисків стосовно рідини, що рухається. Так, при високих вихідних значеннях БСК стічних вод секції біодискових фільтрів варто влаштовувати за багатоступінчастою схемою із проміжним (вторинним) відстоюванням. У цьому випадку секції працюють у послідовному режимі. У випадку низьких концентрацій і більших витрат

біодискові фільтри варто влаштовувати в один щабель за паралельною схемою роботи. Один ступінь БДФ повинен містити 3–4 секції.

Концентрація забруднень по БСК і ХСК перед біодисками становить у середньому 300 і 360 г/м³, а в очищених стічних водах – відповідно 25 і 90 г/м³. Прозорість досягає 20 мм. Спостерігається повне споживання азоту амонійних солей. Дефіцит у цих з'єднаннях задовольняється за рахунок розведення з господарсько-побутовими стічними водами. Біоплівка, яка виносить із БДФ, має гарні сполучні властивості За 5 – 10 хв у циліндрі біоценоз повністю ущільнюється. Задовільний режим роботи БДФ забезпечує швидкість вилучення забруднень у межах 30–40 мм/сек і залежить від початкових концентрацій субстрату. Цукрові заводи починають свою роботу в осінній період, а очисні споруди містять у собі земляні ставки, де температура стічних вод сильно знижується і може досягати після ставків-накопичувачів 2 °С, тому необхідно зберігати оптимальні параметри рідини.

Розроблена і впроваджена в реальному масштабі методика ефекту симбіопроецесу стосовно до біодискових фільтрів. Доведено, що симбіопроецес ефективний саме для БДФ, тому що обертання біомодулей забезпечує постійний контакт біомаси зі світловим потоком. Ріст водоростей підсилює процес очищення, збільшує його ефективність майже в 1,5 рази.

Для створення оптимального гідродинамічного режиму роботи спорудження розроблена і впроваджена нова конструкція дисків, виконаних з об'ємних синтетичних матеріалів (пінополістирол) з нанесенням перфорації у вигляді циліндричних отворів (ємкостей), осі яких паралельні осі обертання. При обертанні диска ці ємкості поперемінно є то стоками, то джерелами (забирають рідину на вході у воду і замулюють на виході). Оскільки біодисковий фільтр – це замкнений резервуар з вільною поверхнею і рідина завжди спрямовується від джерела до стоку, то в спорудженні виникає циркуляційний контур. Інтенсивність руху потоку (швидкість) пропорційна об'єму рідини. Витрата рідини залежить від частоти обертання дисків і перфорації. Крім того, отвори поліпшують турбулізацію потоку й масообмінні процеси між субстратом і біомасою. В результаті можна знизити частоту обертання таких дисків майже в 2 рази в порівнянні із пластинчастими. Таким чином, лінійна швидкість на ободі 0,15 м/с достатня для забезпечення у зваженому стані відірваної біоплівки. Об'ємні диски не гнуться, мають малу питому вагу і разом з біоплівкою зручні в експлуатації.

Найбільш ефективні завантаження з об'ємних перфорованих блоків піноскла або пінопласту. Застосування таких матеріалів і конструкцій завантажень дозволяє використовувати БДФ для очищення висококонцентрованих специфічних стічних вод цукрових заводів, м'ясокомбінатів, підприємств по переробці баштанних культур і виділенню насіння, свиноферми і т.д.

Застосування перфодисків інтенсифікує масообмінні процеси в ємкості біодискових фільтрів і створює принципово нове конструктивне оформлення біодисків.

Крім інтенсифікації масообмінних процесів, застосування цих перфодисків дозволяє збільшити питому площу поверхні за рахунок бічної поверхні отворів, забезпечити інтенсивне обростання поверхні біоплівкою та збільшити кількість активної біомаси з одного боку, а з другого – зменшити її вік за рахунок швидкісного вилучення. Створені циркуляційні гідродинамічні плинні в БДФ підсилюють інтенсивність контакту забруднень і біомаси. Поряд із цим підвищується ефективність роботи БДФ за рахунок відірваної, що перебуває у зваженому стані, біоплівки, збільшується швидкість вилучення забруднень на 10-20 %, істотно знижується частота обертання при забезпеченні необхідного ефекту очищення і питомих енергетичних витрат; підвищується надійність роботи установки за рахунок удосконалення механічної частини.

Теми для РГР

1. Мікрофлора водойм.
2. Ґрунтові методи очищення (поля зрошення й фільтрації).
3. Біоставки, альголізація біоставків.
4. Септики і фільтруючі колодязі.
5. Вища водна рослинність як спосіб інтенсифікації роботи біоставків.
6. Очищення стічних вод на біофільтрах, схеми з біофільтрами.
7. Застосування аеротенків для очищення стічних вод, типи аеротенків.
8. Інтенсифікація роботи очисних споруд із використанням прикріпленої мікрофлори.
9. Оцінка роботи очисних споруд біологічного очищення, аналіз активного мулу й біоплівки.
10. Вторинні відстійники.
11. Очищення стічних вод від біогенних елементів.
12. Мікробне очищення, використання адаптованих мікроорганізмів у спорудах біологічного очищення.
13. Обробка осаду в аеробних умовах.
14. Обробка осаду в анаеробних умовах.
15. Виробництво біогазу.
16. Мулові поля.
17. Біотестування.
18. Біокорозія.
19. Колообіг азоту в природі
20. Колообіг вуглецю в природі
21. Роль грибів у природі при біодеструкції органічних речовин.

3 ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ВИВЧЕННЯ

ТЕМА 1 ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ ПРЕДМЕТА МІКРОБІОЛОГІЯ

Мікробіологія як наука. Досягнення та завдання мікробіології в боротьбі з інфекційними захворюваннями. Сучасні методи мікробіологічної діагностики. Історія розвитку мікробіології. Видатні вчені мікробіології. Розвиток мікробіології в Україні. Становлення генної інженерії. Розвиток водної мікробіології

Питання для самоперевірки

1. Які об'єкти досліджує мікробіологія?
2. Коли зародилась наука мікробіологія?
3. Сучасні методи мікробіологічної діагностики.
4. Які відкриття належать Л. Пастерові?
5. Які досягнення було зроблено у галузі вірусології?
6. Які досягнення було зроблено у галузі імунології?
7. Загальна характеристика мікроорганізмів природи, їх роль в життєдіяльності людини?
8. Перспективи розвитку мікробіології.

ТЕМА 2 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА МІКРООРГАНІЗМІВ

Загальна характеристика мікроорганізмів природи, їх роль в життєдіяльності людини. Участь мікроорганізмів в колообігу речовин. Корисні і шкідливі мікроорганізми. Морфологія та класифікація мікроорганізмів. Загальна характеристика прокариотів. Морфологія бактерій. Фарбування бактерій за Грамом, складні методи забарвлення. Систематика бактерій за формою. Коки - кулясті мікроорганізми сферичної, еліпсоподібної, ланцетоподібної або бобовоподібної форми.

Питання для самоперевірки

1. Назвіть бактерії різних морфологічних форм.
2. Що таке анаеробні та аеробні бактерії?
3. Характеристика бактерій, які розщеплюють сульфат і відновлюють сірку.
4. Характеристика рикетсій, мікоплазм і хламідій: порядки.
5. Характеристика бактерій за формою.
6. Характеристика археобактерій, ціанобактерій і решта грамнегативних видів, актиноміцетів.
7. Бактеріальна таксономія, що це таке?

ТЕМА 3 КЛАСИФІКАЦІЯ ТА СИСТЕМАТИКА МІКРООРГАНІЗМІВ

Культуральні ознаки, характер росту мікроорганізмів на живильному середовищі. Молекулярно-генетичні ознаки – індивідуальність ДНК. Класифікація – розподіл (об'єднання) організмів відповідно до їх загальних властивостей (схожими генотипічними і фенотипічними ознаками) за різними таксонам. Таксономія. Таксономічні одиниці (таксони) – штам, вид, рід, сімейство, порядок, клас. Гено- і фенотипічні характеристики мікроорганізмів: морфологічні, тинкторіальні, культуральні, біохімічні, антигенні, фізіологічні, рухливість і типи руху, здатність до спороутворення, характер спор.

Питання для самоперевірки

1. Клітина, її структура. Прокаріоти і еукаріоти.
2. Що таке таксономія, таксони?
3. Що використовують для класифікації мікроорганізмів, та ідентифікації?
4. Яку номенклатуру, відповідно до міжнародних правил, використовують для назви мікроорганізмів?
5. Бактеріальна клітина. Структура і функції органел прокаріотів.
6. Дайте поняття штаму, колонії, культурі мікроорганізмів.
7. Морфологія та систематика бактерій.

ТЕМА 4 ОСОБЛИВОСТІ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ МІКРООРГАНІЗМІВ

Основні властивості живих організмів. Ультраструктура бактеріальної клітини. Характерний хімічний склад. Будова клітинної оболонки бактерії. Клітинна стінка – муреїн, пептидоглікан. Характеристика капсули. Джгутики – монотрихи, амфітрихи, лофотрихи, перитрихи. Спороутворення. Нуклеоїд – ядерний апарат бактеріальної клітини. Особливості будови, фізіології і продуктивної здатності бактерій. Псевдомонади і ксантомонади.

Питання для самоперевірки

1. Яку форму мають бактеріальні клітини?
2. Назвіть кулясті бактерії.
3. З яких основних елементів складається бактеріальна клітина?
4. Які функції виконує оболонка?
5. Капсула бактерій, її характеристика.
6. Розмноження бактерій.

7. Чи є серед бактерій рухомі види і органи руху у них?
8. Як називаються бактерії: з одним джгутиком; з одним пучком; з двома пучками; з джгутиками по всій поверхні?
9. Що таке спороутворення бактерій?
10. Особливості будови, фізіології і продуктивної здатності бактерій.

ТЕМА 5 ОЧИСТКА СТІЧНИХ ВОД В АЕРОБНИХ І АНАЕРОБНИХ УМОВАХ

Загальна характеристика стічних вод – хімічний та мікробіологічний склад води. Окислення азотовмісних речовин. Мікробіологічна амоніфікація. Процес нітрифікації – нітрозомонас, нітробактер. Розкладання сірковмісних сполук. Загальна спрямованість процесів. Окислення вуглеводів і жирів в аеробних умовах. Бродіння. Розклад органічних речовин у анаеробних умовах. Процес денітрифікації.

Питання для самоперевірки

1. Назвіть бактерії які входять до складу активного мулу.
2. Що таке гетеротрофні і автотрофні бактерії?
3. Що відбувається при окисленні органічних речовин?
4. Які умови потрібні для окислення органічних речовин?
5. Що відбувається при окисленні азотовмісних речовин, наведіть хімічні реакції.
6. Які бактерії окислюють сірковмісні сполуки? Механізм окислення.
7. Що таке бродіння?
8. Етапи бродіння, масляно – кисле та метанове бродіння?
9. Охарактеризуйте окислення вуглеводів і жирів в аеробних умовах.
- 10 Охарактеризуйте процес денітрифікації.

ТЕМА 6 САНІТАРНО-МІКРОБІОЛОГІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВОДИ ТА ҐРУНТУ

Загальна характеристика мікрофлори води. Санітарно-бактеріологічний аналіз води, визначення мікробного числа води. Визначення колі-титру та колі-індексу. Якісний і кількісний склад мікрофлори прісної і морської води. Поняття сапробності води. Зони сапробності – полісапробна, мезосапробна та олігосапробна зони. Алохтонні і автохтонні мікроорганізми. Біотестування, характеристика мікроорганізмів, що використовуються у біотестах.

Питання для самоперевірки

1. Які фактори впливають на розвиток мікроорганізмів у воді?
2. Якими ознаками характеризуються алохтонні і автохтонні мікроорганізми? Ким було запропоновано такий поділ?
3. Які чинники впливають на чисельність мікроорганізмів у водоймах?
4. Які види забруднень ґрунту і води відносяться до найбільш небезпечних? Як відбувається самоочищення ґрунту і води?
5. Як можна визначити чисельність мікроорганізмів у ґрунті?
6. Як проводиться санітарно-мікробіологічний аналіз води?
7. Які мікроорганізми відносяться до санітарно-показових? Що вони характеризують?
8. Які показники характеризують чистоту водойм та питної води?
9. Які мікроорганізми можуть бути присутніми в повітрі? Як виділити їх кількість?
10. Які показники характеризують чистоту водойм та питної води?
11. Як визначити зону сапробності води?
12. Для чого потрібне біотестування?
13. Охарактеризуйте мікроорганізми, що використовуються у біотестах.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кульский Л.А. Химия и микробиология воды : практикум / Л.А. Кульский, Т.М. Левченко, М.В. Петрова. – К. : Вища школа, 1987. – 172 с.
2. Никитин Г.А. Биохимические основы микробиологических производств / Г. А. Никитин. – К. : Вища школа, 1994. – 268 с.
3. Орловский З.А. Очистка сточных вод в аэротенках / З.А. Орловский – М., 1963. – 126 с.
4. Ротмистров М.Н. Микробиология очистки воды / М.Н. Ротмистров, П.Н. Гвоздяк, С.С.Ставская – К. : Наукова думка, 1978. – 268 с.
5. Таубе П.Р. Химия и микробиология воды / П.Р.Таубе, А.Г. Баранова. – М. : Высшая школа, 1983. – 280 с.
6. Гудзь С. П. Мікробіологія : підручник: [для студентів вищих навчальних закладів] / С. П. Гудзь, С. О. Гнатуш, І. С. Білінська. – Львів : Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2009. – 360 с.
8. Карпов О. В. Сучасні напрями в мікробіології : конспект лекцій / О. В. Карпов. – К. : НУХТ, 2004. – 84 с.
9. Клещев Н. С. Общая промышленная биотехнология: Технология бродильных производств : учеб. пособие / Н. С. Клещев, М. П. Бенько. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2007. – 200 с.
10. Нетрусов А. И. Микробиология : учеб. пособие / А. И. Нетрусов, И. Б. Котова. – М. : Издательский центр «Академия», 2006. – 352 с.

Навчальне видання

Методичні вказівки
для практичних занять, виконання РГР та самостійної роботи
з навчальної дисципліни

«МІКРОБІОЛОГІЯ»

*(для студентів 4 курсу денної та заочної форм навчання за напрямками
підготовки 6.060101 – Будівництво
(професійне спрямування «Водопостачання та водовідведення») та
6.060103 – Гідротехніка (водні ресурси))*

Укладачі: **ЧУБ** Ірина Миколаївна,
БУЛГАКОВА Олеся Вікторівна

Відповідальний за випуск *К. С. Сорокіна*
За авторською редакцією
Комп'ютерне верстання *І. М. Чуб*

План 2015, поз. 116 М

Підп. до друку 30.05.2016 Формат 60 × 84 1/16
Друк. на ризографі Ум. друк. арк. 2,0
Тираж 50 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет міського господарства
імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002
Електронна адреса: rektorat@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5328 від 11.04.2017 р.