

Тема 4. Біотехнологія очищення стічних вод.

1. Біотехнологія очищення води.
2. Показники забруднення стічних вод.
3. Роль аквакультури в очищенні стічних вод.

1. Небажаним наслідком господарської діяльності людини стало порушення природної рівноваги в багатьох водоймищах та погіршення в них якості води. Промислові й побутові стоки, що потрапляють у природні об'єкти, характеризуються високим рівнем вмісту забруднювальних речовин, значною кількістю токсикантів. За таких обставин самостійне відновлення водних джерел стає неможливим. І тут виникає нагальна необхідність у розробці й застосуванні сучасних екологічно безпечних, ефективних методів очищення стічних вод, особливо тих, що повертаються у водні об'єкти, і тих, які підлягають вторинному використанню.

Стічними водами називають водні системи, насичені багатьма речовинами, що утворилися внаслідок господарсько-побутової та виробничої діяльності, у зв'язку з чим набули значних змін у первинному хімічному складі або втратили свої фізичні властивості й стали непридатними для зворотних процесів. Слід зауважити, що складові компоненти промислових стічних вод дуже різноманітні, а їхня характеристика залежить від типу виробництва забруднювача. При цьому його кількість зумовлена продуктивністю технологічних процесів.

Очищення стічних вод - це багатоступеневий складний процес, спрямований на відтворення якісної характеристики забрудненої води для можливості її подальшого господарського використання. Очищення води, перш за все, передбачає зменшення вмісту або видалення з неї забруднювальних компонентів: органічних речовин, колоїдних чи завислих твердих частинок, а також знищення хвороботворних бактерій та ін.

Серед усіх сучасних методів знешкодження промислових і побутових стічних вод найбільш екологічно безпечними визнано біологічні. По-перше, біологічне очищення базується на природних процесах, тобто в ньому важливу роль відіграє здатність гетеротрофних мікроорганізмів використовувати для живлення поряд з органічними речовинами в стічних водах (це спирти, білки, вуглеводи та ін.), і деякі неорганічні (аміак, нітрати, фосфати, солі або ін.). Контактуючи з цими сполуками, мікроорганізми в процесі отримання енергії частково їх руйнують, перетворюючи на воду, діоксид карбону, аніони (сульфатні іони) та катіони деяких металів, а частково вони споживають названі речовини для власної репродуктивності, тобто нарощення біомаси. По-друге, мікроорганізмам притаманна властивість швидкого скупчення та утворення колоній, що дає можливість легко відділяти їх від очищеної води[1].

В очищенні води, забрудненої органічними речовинами, надзвичайно велика роль належить живим організмам, особливо, бактеріям. Проте, суттєвих успіхів в очистці води можна досягти за умови використання не лише бактерій, а максимально широкого кола гідробіонтів-очисників, починаючи з бактерій та водоростей, та закінчуючи хребтними, як це має місце в природних гідроценозах[2].

Особливість нової технології - багатоступеневе анаеробно-аеробне очищення стічних вод з використанням іммобілізованих мікроорганізмів. Основні переваги: можливість підвищити ефективність очищення стічних вод від високомолекулярних органічних і неорганічних речовин, зменшити витрати електроенергії на очищення, підвищити надійність роботи очисних споруд в умовах добових, сезонних змін витрат стічних вод, надходжень токсичних речовин, зменшити об'єми утворених осадів і витрати на їх зневоднення та утилізацію[5].

Є декілька типів біологічних пристроїв по очищенню стічних вод: біофільтри, біологічні ставки й аеротенки.

Основним традиційним методом біологічного очищення стічних вод є обробка їх активним мулом в *аеротенках*. Типова технологічна схема такого очищення: стічна вода після ретельного механічного очищення від різноманітного сміття, піску, жиру, інших дисперсних домішок, що осідають чи спливають у полі земного тяжіння, потрапляє у вузьку (3-11 м), глибоку (4-6 м) і довгу (50-250 м) споруду, де за постійної аерації очищається складним гідробіоценозом - активним мулом. Після тривалої (6-24 і навіть більше годин) обробки вода надходить у вторинний відстійник, в якому звільняється від активного мулу, а потім потрапляє для так званого третинного фізико-хімічного доочищення (іноді після хлорування) у проміжні водойми (ставки) і, нарешті, у річку. Частину активного мулу, що осідає у вторинному відстійнику, повертають до біологічної очисної споруди - аеротенку. Складну для розв'язання еколого-технологічну проблему створює за такої технології надлишковий мул: його дуже багато і він містить небезпечні віріони, мікроорганізми, яйця гельмінтів тощо, а також іони важких металів, біологічно стійкі, токсичні і навіть мутагенні сполуки.

У *біофільтрах* стічні води пропускаються через шар грубозернистого матеріалу, покритого тонкою бактерійною плівкою. Завдяки цій плівці інтенсивно протікають процеси біологічного окислення. Саме вона служить діючим початком в біофільтрах.

У *біологічних* ставках в очищенні стічних вод беруть участь всі організми, що населяють водоймище.

Біологічний метод дає великі результати при очищенні комунально-побутових стоків. Він застосовується також і при очищенні відходів

підприємств нафтопереробної, целюлозно-паперової промисловості, виробництві штучного волокна.

2. На всіх етапах очищення стічних вод ведеться суворий контроль за якісним складом води. При цьому проводиться детальний аналіз складу стічної води із з'ясуванням не тільки концентрацій тих або інших сполук, але й більше повне визначення якісного й кількісного складу забруднювачів. Необхідність такого аналізу визначається специфікою системи переробки, тому що в стічних водах можуть бути присутні токсичні речовини, здатні привести до загибелі мікроорганізмів і вивести систему з ладу.

Визначення таких показників, як органолептичні (колір, вид, запах, прозорість, мутність), оптична густина, рН, температура не викликає труднощів. Складніше визначити вміст органічних речовин у стічній воді, які необхідно знати для контролю роботи очисних споруджень, повторного використання стічних вод у технологічних процесах, вибору методу очищення й доочищення, закінчення процесу очищення, а також оцінки можливості скидання води у водойми.

При визначенні вмісту органічних речовин широко використовуються два способи: хімічне споживання кисню й біохімічне споживання кисню. У першому випадку методика заснована на окисленні наявних речовин у стічних водах, 0,25% розчином дихромату калію при кип'ятінні проби протягом 2 годин в 50% (за об'ємом) розчині сірчаної кислоти. Для повноти окислення органічних речовин використовується каталізатор – сульфат срібла. Дихроматний спосіб досить простий і легко автоматизується, що спричиняє його широке поширення.

Біохімічне споживання кисню вимірюється кількістю кисню, що витрачають мікроорганізмами при аеробному біологічному розкладанні речовин, які містяться в стічних водах при стандартних умовах за певний інтервал часу. Визначення біохімічного споживання кисню вимагає спеціальної апаратури. У герметичному ферментері міститься певна кількість досліджуваної стічної води, яку засівають мікроорганізмами. У процесі культивування реєструється зміна кількості кисню, який витратився на окислення сполук, що містяться у стічних водах. Найкраще культивувати мікроорганізми із уже працюючих біологічних систем, адаптованих до даного спектра забруднень.

Визначення лише одного з показників якості стічної води (хімічного або біохімічного споживання кисню) не завжди дозволяє оцінити як її доступність для біологічного очищення, так і ступінь кінцевого очищення. Так, наприклад, є цілі групи сполук, визначення хімічного споживання кисню для яких неможливо, хоча ці сполуки цілком доступні для біохімічного визначення кисню й навпаки. Все це говорить про те, що для оцінки чистоти стічної води необхідно використовувати одночасно обидва методи.

Кількість кисню, що витрачається в процесах окислення забруднень (хімічна потреба кисню - ХПК та біологічна потреба кисню - БПК), визначається концентрацією і спектром присутніх у воді домішок.

- ХПК – хімічна потреба кисню на усунення загальної концентрації хімічних домішок;

- БПК – біологічна потреба кисню редуцентам на усунення концентрації органічних речовин, що присутні в каналізаційних стоках, для повного їх окислення.

БПК можливих забруднень стічних вод складає від 200 до 3000 мг O₂/л.

Розрізняють БПК₅ (п'ятиденну), БПК₂₀ (двадцятиденну) і БПК_{повн} (повну). БПК_{повн} позначає час, протягом якого всі речовини стоків окислюються у водоймищі повністю до кінцевих продуктів.

Параметри забруднення стоків:

- ХПК - вказує на загальну концентрацію органічних речовин;
- БПК – вказує на концентрацію органічних сполук, окислюваних біологічним шляхом (концентрація завислих речовин);
- активна реакція середовища рН – вказує на рівень кислотно-основної рівноваги;
- інтенсивність забарвлення – вказує на наявність забарвлюючих речовин та окисних процесів;
- ступінь мінералізації;
- концентрація біогенних елементів (азоту, фосфору, калію) тощо.

При скиданні у водоймище стічних вод в неочищеному вигляді можлива повна витрата запасів кисню. Тому, перед скиданням стічних вод в природні водоймища їх необхідно очищати до такого ступеня, при якому після скидання БПК залишається в межах санітарних норм.

3. Крім дроб'янок в процесах самоочищення води приймає участь практично все живе населення гідроценозів – представники рослинного і тваринного царств. Суттєве значення у відновленні якості води мають представники тваринного царства, зокрема, певні групи безхребетних - вільноживучі водні одноклітинні та дрібні багатоклітинні - коловертки, нематоди, ракоподібні тощо.

Безхребетні викликають особливий інтерес через їх активну участь в трансформації речовин і енергії в гідроценозах, сприяючи біологічному очищенню води та відновленню її якості. Можна стверджувати, що в біореакторах очищення води за біомасою домінують бактерії. Суттєво меншою в цих специфічних гідроценозах є частка найпростіших та інших безхребетних, які формують трофічні ланцюги. Роль безхребетних в очищенні забрудненої води вивчена недостатньо. Зокрема, невідомо, які групи і види безхребетних найдоцільніше використовувати в процесах відновлення якості води та які

умови є оптимальними для досягнення при цьому високого рівня якості очищення води.

Прикладом можуть бути мідії, що за добу можуть фільтрувати надзвичайно велику кількість води., а саме 45-50 літрів води. Тому місця, де живуть і розвиваються мідії є дуже чистими.

Живі істоти, що входять до складу гідробіоценозів, є структурно-функціональною одиницею будь-якої водної екосистеми. Ця біологічна система обов'язково включає популяції дроб'янок, рослин і тварин, що заселяють певні біотопи. В ній співіснують деструктори (редуценти), продуценти і консументи. З усього загалу видового різноманіття компонентів гідробіоценозу не всі відіграють однакову роль в процесах очистки води через неоднакову щільність популяцій. За цим показником серед них виділяють домінантів, субдомінантів, адомінантів та випадково занесених у гідробіоценоз – випадкових [4].

Згідно з системою, розробленою С.А. Карповим виділяються наступні таксони, представники яких приймають найбільшу участь в очищенні води – це типи: Euglenozoa, Rhizopoda, Ciliophora та Heliozoa.

В типі Euglenozoa(Евгленові) на увагу заслуговують представники класів: Euglenoidea, Diplonemea та Kinetoplastidea.

До класу Kinetoplastidea(кінетопластиди) входить велика група гетеротрофних джгутиконосців, зокрема, роду *Vodo*, які живляться мікробною фауною очисних споруд, очищуючи воду від забруднення.

Rhizopoda(саркодові) - це переважно бентосні та епіперифітонні організми. Вони очищають воду від забруднень, що осідають на дно, стінки очисних споруд.

Суттєвий вплив на процеси біологічного очищення індустріальних вод здійснюють представники типу Ciliophora, живлячись бактеріями та водоростями, масове розмноження яких небажане в очисних спорудах.

Що стосується безхребетних з типів Nematelminthes(первиннополосні черви) і Rotatoria(Коловертки), то практично в усіх прісноводних гідроценозах їх представники зустрічаються постійно. Їм належить надзвичайно важлива роль у відновленні якості води після того, як у водоймах зростає маса бактерій та найпростіших. Біомасу, представлену бактеріями, одноклітинними та колоніальними водоростями, а також рослинним та тваринним детритом, коловертки і круглі черви залучають до трофічних ланцюгів біологічних очисних споруд[3].

Питання для самоконтролю:

1. Розкрийте питання суть питання «Антропогенне навантаження на природні водойми».

2. Дайте відповідь на питання: «Чому на всіх етапах очищення стічних вод ведеться суворий контроль за якісним складом води?».

3. Викоритання аквакультур для очищення водойм в Україні.
4. Проаналізуйте процес природного самоочищення водойм.

Список використаної літератури

1. Біотехнології в екології : навч. посібник / А.І. Горова, С.М. Лисицька, А.В. Павличенко, Т.В. Скворцова. – Д. : Національний гірничий університет, 2012. – 184 с.
2. Гвоздяк П.І. За принципом біоконвеєра. Біотехнологія охорони довкілля // Вісник НАН України. – 2003. – № 3. – С. 29-36.
3. Глоба Л.І., Заїка С.А., Гвоздяк П.І., Кіличицький П.Я. Прямоточні біотехнології очищення води – біоконвеєри // Інститут колоїдної хімії та хімії води ім. А.В.Думанського НАН України / 05.04.2016.
4. Романенко В.Д. Основи гідроекології: підручник. – Київ: Обереги, 2001. – 728 с.
5. Саблій Л.А. Впровадження новітніх біотехнологій очищення стічних вод// Київський політехнік / Оновлено: 28/03/2017 - 14:57

Тести
І рівень

1. Чи правда, що небажаним наслідком господарської діяльності людини стало порушення природної рівноваги в багатьох водоймищах та погіршення в них якості води?
А) Так; Б) Ні; В) Не знаю;
2. Чи міститься в побутових стоках значна кількість токсикантів?
А) Так; Б) Ні; В) Не знаю;
3. Чи можна вважати вірним твердження: очищеними водами називають водні системи, насичені багатьма речовинами, що утворилися внаслідок господарсько-побутової та виробничої діяльності, у зв'язку з чим набули значних змін у первинному хімічному складі або втратили свої фізичні властивості й стали непридатними для зворотних процесів і використання людиною?
А) Так; Б) Ні; В) Не знаю;
4. Чи правда, що складові компоненти промислових стічних вод дуже різноманітні, а їхня характеристика залежить від типу виробництва забруднювача?
А) Так; Б) Ні; В) Не знаю;
5. Чи правда, що методами біологічної очистки являється використання тільки аеротенків і біофільтрів?
А) Так; Б) Ні; В) Не знаю;
6. Чи вірно ствердження, що основним традиційним методом біологічного очищення стічних вод є обробка їх сірчистим ангідридом?
А) Так; Б) Ні; В) Не знаю;
7. Чи правда, що біологічний метод не дає великі результати при очищенні комунально-побутових стоків?
А) Так; Б) Ні; В) Не знаю;
8. Чи вірно стверджувати, що при визначенні вмісту органічних речовин широко використовуються два способи: хімічне споживання кисню й біохімічне споживання кисню?
А) Так; Б) Ні; В) Не знаю;
9. Чи вірно визначення: БПК - біологічна потреба кисню редуцентам на усунення концентрації органічних речовин, що присутні в каналізаційних стоках, для повного їх окислення?
А) Так; Б) Ні; В) Не знаю;

10. Чи правда, що в місцях життєдіяльності мідій вода вважається дуже забрудненою?

А) Так; Б) Ні; В) Не знаю;

II рівень

1. Назвіть наслідки господарської діяльності людини у 21 столітті.

А) примноження корисних копалин; Б) позитивні зрушення у сфері охорони природи; В) порушення природної рівноваги у всіх екосистемах;

2. Промислові й побутові стоки, що потрапляють у природні об'єкти, характеризуються високим рівнем вмісту?

А) токсикантів; Б) корисних мікроорганізмів; В) насичених жирних кислот;

3. Про що йде мова: водні системи, насичені багатьма речовинами, що утворилися внаслідок господарсько-побутової та виробничої діяльності, у зв'язку з чим набули значних змін у первинному хімічному складі або втратили свої фізичні властивості й стали непридатними для зворотного використання?

А) очищені води; Б) самоочищення; В) стічні води;

4. Про який метод біологічного очищення йдеться: стічна вода після ретельного механічного очищення від різноманітного сміття, піску, жиру, інших дисперсних домішок, що осідають чи спливають у полі земного тяжіння, потрапляє у вузьку, глибоку і довгу споруду, де за постійної аерації очищається складним гідробіоценозом - активним мулом?

А) біологічний ставок; Б) аеротенки; В) біореактори;

5. Про який із способів визначення органічних речовин йдеться мова: методика заснована на окисненні наявних речовин у стічних водах, 0,25% розчином дихромату калію при кип'ятінні проби протягом 2 годин в 50% (за об'ємом) розчині сірчаної кислоти?

А) хімічне споживання кисню; Б) біологічне споживання кисню; В) біохімічне споживання кисню;

6. Які з організмів викликають особливий інтерес через їх активну участь в трансформації речовин і енергії в гідроценозах, сприяючи біологічному очищенню води та відновленню її якості?

А) безхребетні; Б) хребетні; В) членистоногі;

7. Трофічний ланцюг включає в себе?

А) продуцентів і консументів; Б) продуцентів, консументів і редуцентів; В) продуцентів і редуцентів;

8. Чим представлена біомаса, що залучається до трофічних ланцюгів біологічних очисних споруд?

А) бактеріями, колоніальним водоростями і деякими рослинами; Б) тільки бактеріями; В) тільки рослинами;

9. Кого з цих організмів вважають найкращими фільтра торами води?

А) крабів; Б) омарів і кальмарів; В) мідій;

10. Скільки води може за добу профільтрувати одна мідія?

А) мідії не фільтрують воду; Б) 1-2 літра; В) 45-50 літрів;

III рівень

1. Коротко охарактеризуйте промислові та побутові стоки.

2. Дайте визначення поняттю «Стічні води» .

3. Дайте визначення поняттю «Очищення стічних вод».

4. Чому найбільш безпечним у боротьбі з забрудненням вважають біологічний метод?

5. Розкажіть про біохімічне споживання кисню.