

ЛЕКЦІЯ 10

Тема: Біологічні методи очистки стічних вод

План

1. Очисні споруди, принципи та методи їх роботи.
2. Екстенсивні способи очищення стічних вод.
3. Інтенсивні способи очищення стічних вод.

Основні терміни і поняття: стічні води, процеси аеробного очищення, процеси анаеробного очищення, хімічне споживання кисню, біохімічне споживання кисню, муловий індекс, активний мул, аеротенки, метантенки, біофільтрація, рециркуляція, біоконвеєр.

1. Очисні споруди, принципи та методи контролю їх роботи

Кількісний і якісний склад мікрофлори різних природних джерел води різноманітний. Він залежить, насамперед, від забруднення води. Особливо різноманітний склад мікроорганізмів у стічних водах. Загальна кількість у 1 мл активного мулу стічних вод становить 10–20 млрд. клітин.

У зв'язку з бурхливим розвитком промисловості і ростом населення міст різко зросла кількість різноманітних стічних вод (**СВ**), які неочищеними спускають у відкриті водойми. Саме цей фактор є основним джерелом забруднення води.

Стічні води можна поділити на дві категорії:

1. Води, які містять нетоксичні органічні речовини (побутові відходи разом з фекаліями; води підприємств харчової та целюлозної промисловості). Вони не несуть загрози для гідробіонтів.
2. Води, які містять токсичні продукти, а також радіоактивні речовини (відходи з підприємств металургійної та хімічної промисловості, ксенобіотики). Вони створюють умови для гідробіонтів, несумісні з життям.

За походженням стічні води поділяються на природні, побутові і промислові.

Промислові та побутові стічні води є постійним джерелом забруднення довкілля. Тому їх очищення й утилізація є важливою складовою сучасної біотехнології. Застосування тільки хімічних методів очищення стічних вод і їх зливу до водойм без попереднього біологічного очищення абсолютно виключне. Метод такого очищення базується на використанні специфічних біологічних угруповань, що мають назву **активний мул**.

Хімічний склад СВ постійно змінюється, тому для їх очищення необхідно застосовувати складні угруповання мікроорганізмів, що включають різні бактерії, водорості, найпростіші тощо. Шляхом узгодженого метаболізму вони поглинають домішки з води. У різних очисних спорудах використовують активний мул індивідуального складу.

Способи біологічного очищення стічних вод класифікують по-різному.

Розрізняють:

- екстенсивні (пасивні) та інтенсивні (активні) методи очищення;
- за використанням методів очищення – фізичні, фізико-хімічні, біологічні;
- всі процеси які йдуть за участі бактерій – аеробні і анаеробні.

Процеси аеробного очищення :

- ріст бактерій у суспензії (процеси активного мулу, нітрифікація та керовані лагуни);

- ріст бактерій на несучій поверхні (за допомогою різних біофільтрів).

Процеси анаеробного очищення:

- ріст бактерій у суспензії (процеси анаеробного засвоєння органічних сполук);
- ріст бактерій на несучій поверхні (за допомогою анаеробних біофільтрів).

Методи контролю за якістю води

Методи контролю за якістю води: біологічні, хімічні, фізико-хімічні.

1. Методи біологічного контролю: спостереження за якісним і кількісним складом мікрофлори активного мулу, біоплівки (особливо грибною, що закупорює отвори між наповнювачами, зменшує аерацію і призводить до загибелі біоплівки);

2. Хімічні методи контролю: хімічне споживання кисню (ХСК), біохімічне споживання кисню (БСК), муловий індекс (МІ).

Хімічне споживання кисню – характеризує загальний вміст у воді органічних та неорганічних речовин, які здатні реагувати зі сильними окислювачами, і виражається в одиницях кількості кисню, який втрачається на їх окислення.

Біохімічне споживання кисню – кількість кисню (мг), яка необхідна для окислення органічних речовин, що містяться у 1 л стійкої води в результаті аеробних процесів.

Муловий індекс – показує об'єм, який займає 1 г активного мулу після повторного відстоювання. Його зростання свідчить про набухання активного мулу, тобто про негативні зміни його структури.

2. Екстенсивні способи очищення стічних вод

До екстенсивних способів належить очищення **СВ** у біологічних ставках, полях зрошення і полях фільтрації, які забезпечують ефективність очищення води до 99,9%. У таких випадках додаткова дезінфекція, як правило, не потрібна.

Біологічні ставки – належать до споруд біологічного очищення, у яких під дією природного біоценозу активного мулу проходить окислення органічних забруднень. Як правило, вода, що виходить зі ставків, не містить патогенну мікрофлору.

Ставки можуть застосовуватись як для попереднього, так і для глибинного очищення стічних вод, які вже пройшли біологічне очищення. Розрізняють ставки з природною і штучною аерацією. Найбільш ефективно окислювальні процеси в ставках відбуваються в літній період. Крім того, у цей час вода, що виходить зі ставків, не містить патогенної мікрофлори. Бактерицидну дію щодо патогенів проявляють метаболіти одноклітинних водоростей і вищої водної рослинності. Застосування штучної аерації значно пришвидшує процеси очищення води. Біологічні ставки застосовуються для очищення **СВ** заводів органічного синтезу, нафтохімічних підприємств.

Поля фільтрації – використовують винятково для очищення **СВ**. На них подають максимальну кількість рідини.

Поля зрошення – призначені для вирощування сільськогосподарської продукції, тому вода на них подається за необхідності (періодично, через 5–6 діб). **СВ** підвищують якість ґрунту, вони містять доступні для рослин форми азоту, фосфору, калію.

Недоліками цих споруд є низька окиснювальна здатність, сезонність роботи, потреба у великих територіях, некерованість процесу тощо.

3. Інтенсивні способи очищення стічних вод

Очисні споруди з аеробними процесами

Традиційний метод штучного біологічного очищення **СВ** за допомогою активного мулу аеротенків (запропонований ще в 1914 р. Е. Ардерном і В.Т. Локкетом).

Аеротенки – резервуари, у яких **СВ**, що очищається, і активний мул насичуються повітрям і перемішуються (рис. 9.1 – 9.2).

СВ після ретельного механічного очищення від різного сміття, піску, домішок, що осідають чи спливають, потрапляє в споруду (глибина 4–6 м, довжина 50–250 м, ширина – 3–11 м.), де за постійної аерації очищається гідробіоценозом активного мулу. Після тривалого очищення (6–24 і більше годин) вода надходить у **вторинний відстійник**, у якому звільняється від активного мулу, а потім потрапляє для третинного фізико-хімічного доочищення (іноді після хлорування) у проміжні водойми (ставки) і, нарешті, у річку чи інше джерело. Частину активного мулу, що осідає, повертають до аеротенка.

Проблему за такої технології створює надлишковий мул, який містить віруси, мікроорганізми, яйця гельмінтів, а також іони і солі важких металів, біологічно стійкі, токсичні та мутагенні сполуки, які пригнічують життєдіяльність мікроорганізмів активного мулу. Порушення роботи аеротенка переважно пов'язують із розбуханням мулу, коли флокули погано осаджуються у вторинному відстійнику, внаслідок чого вони виносяться разом з очищеною водою. Основною причиною цього явища є розвиток нитчастих бактерій або плісневих грибів, які заважають осадженню флокулів мулу.

Біологічне очищення вважають повним, якщо біохімічне споживання кисню повністю очищеної води становить менше 20 і неповним – більше 20 мг/л.

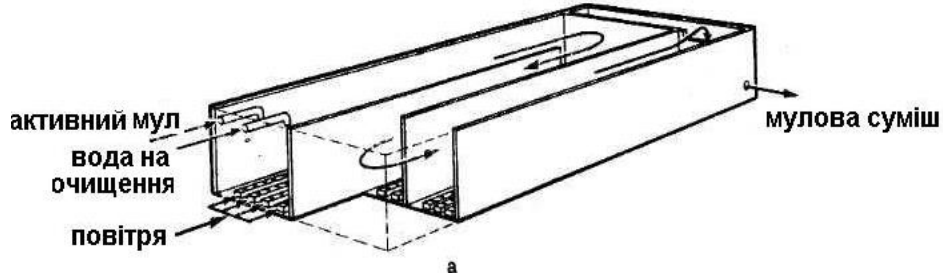


Рисунок 9.1 – Схема аеротенка-витискувача.

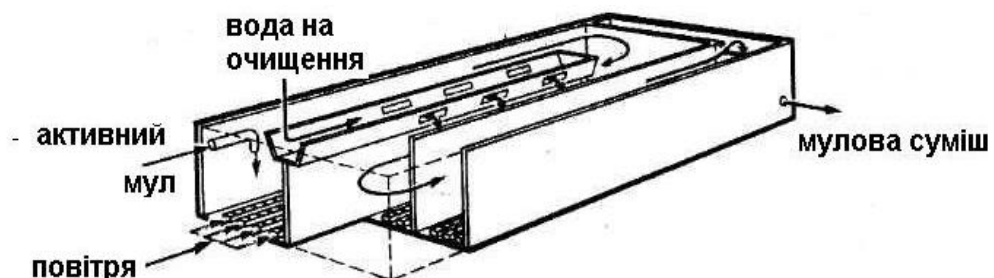


Рисунок 9.2 – Схема аеротенка з розподіленою подачею стічної води та регенератором активного мулу.

Іншим способом очищення води з аеробними процесами, які належать до інтенсивних, є **біофільтрація**. Для очищення виробничих **СВ** у штучних умовах застосовують **біологічні фільтри** (рис. 9.3).

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

- з об'ємним завантаженням (краплинні, високо навантажувальні, баштові);
- з площинним завантаженням (з жорстким засипним, жорстким блоковим і м'яким завантаженням).

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

Пропускна здатність біофільтрів визначається площею поверхні сорбційних процесів біоплівки і можливістю вільного доступу повітря.

Для того, щоб не відбувалося замулювання поверхні біофільтра, застосовують **рециркуляцію**.

Рециркуляція – це повернення частини очищеної води для розведення вихідної **СВ**. Це збільшує вміст розчинного кисню в суміші, що подається на біофільтр; вирівнює концентрацію біоплівки за висотою споруди, вирівнює піки концентрації забруднень, значно зменшує навантаження на біофільтр.

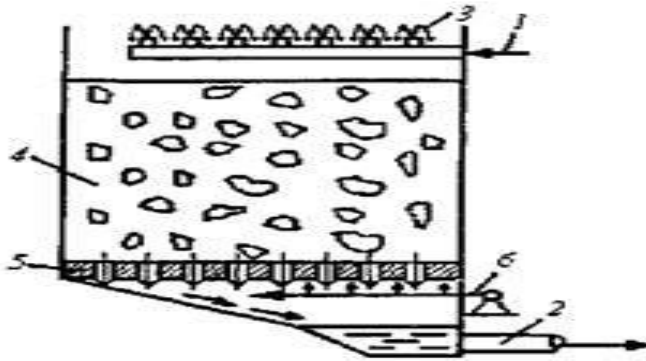


Рисунок 9.3 – Схема біофільтру: 1, 2 — труби для подачі і відведення води; 3 — розприскувачі; 4 — фільтраційне навантаження; 5 — дренаж; 6 — подача повітря.

Біофільтри класифікують на кілька категорій:

1. **Краплинні біофільтри** – використовують для очищення **СВ** різних виробництв.
2. **Занурюючі біофільтри** – очищають **СВ** каніфольно-екстракційних заводів, термічної переробки сланців, виробництва каучуку.

СВ у резервуарі аерується внаслідок занурення і обертання валу з дисками, на яких нарастає біоплівка (товщиною до 4 мм). Це сприяє підтримувannya активного мулу в суспендованому стані.

Мікрофлора мулу представлена бактеріями родів *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Corynebacterium*, *Arthrobacter*, *Sarcina*, *Nocardia*.

3. **Біоменки – біофільтри**. Це споруда, що складається з корпусу і розміщених всередині нього один над одним шарів наповнювачів. Стічна вода стікає вниз. При цьому **СВ** омиває зовнішні частини елементів, на яких утворюється біоплівка.

На відміну від активного мулу, у якому якісний склад мікроорганізмів практично однаковий, в усіх частинах очищення, на різних рівнях біофільтра створюється специфічні мікробіоценози, що сильно відрізняються за кількісним і якісним складом, що обумовлює поетапне очищення води. Спочатку утилізуються речовини, що більш легко засвоюються мікроорганізмами, потім – важкодоступні речовини.

Використання активного мулу і біофільтрів – інтенсивні методи очищення, які значною мірою залежать від температури, рН середовища, концентрації розчинного кисню.

Очисні споруди з анаеробними процесами

До очисних споруд з анаеробними процесами відносяться анаеробні біофільтри, метантенки, септикенки та двоярусні відстійники (рис. 9,4).

1. **Анаеробні біофільтри** – закриті резервуари, через які вода профільтровується потоком без кисню. Анаеробні біофільтри за принципом роботи займають проміжне місце між звичайними біофільтрами і метантенками. Біоплівка в них закріплена на матеріалі завантаження, а процеси окислення супроводжуються метаноутворенням.

При анаеробному очищенні забруднених **СВ**, що складається в основному з осадів, частіше використовують метантенки, септикенки і двохярусні відстійники (система решіток і первинних відстійників).

У спорудах проходить мікробіологічне розкладання органічної речовини в анаеробних умовах, при цьому:

- відбувається зміна фізичної структури осаду і полегшується його висушування;
- зменшення маси осаду шляхом перетворення органічних речовин у газі бродіння і розчинні солі жирних кислот;
- утилізація горючих газів бродіння в паливо;
- утворення добрива;
- поліпшення санітарної безпеки осаду (важливо при використанні його як добрива на полях).

Залишок твердої фази **СВ** називається **септичним мулом**, його використовують як добриво та паливо.

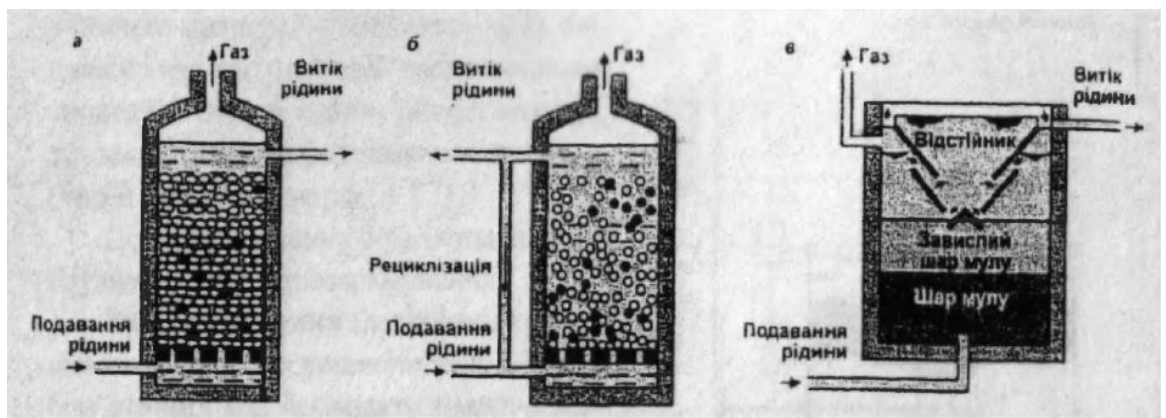


Рисунок 9.4 – Біореактори для анаеробного очищення стічних вод:

а – анаеробний біофільтр; б – циклічний анаеробний біофільтр; в – анаеробний біореактор.

2. **Метантенки** використовують для першого ступеня очистки висококонцентрованих СВ. У них відбувається інтенсивний метаногенез. Цей спосіб зброджування органічних відходів є найбільш перспективним у вирішенні екологічних і енергетичних проблем, що дає змогу агропромисловим комплексам перейти на самостійне енергопостачання завдяки **одержанню біогазу**. У метантенках здійснюється тільки збродження осадів з первинних відстійників, надлишкового активного мулу і біоплівки.

Метантенк – це замкнута камера різної конструкції, завантажена муловим осадом з відстійників (рис. 9.4). Процес відбувається завдяки швидкому перемішуванню і штучному підігріву цієї маси до $+30-35^{\circ}\text{C}$, внаслідок чого в ній розвиваються мезофільні мікроорганізми. Підвищення температури до $+50-55^{\circ}\text{C}$ не тільки підвищує розпад, але й

призводить до глибшого розвитку термофільних анаеробних мікроорганізмів, які мають швидкий обмін речовин унаслідок високої активності ферментів.

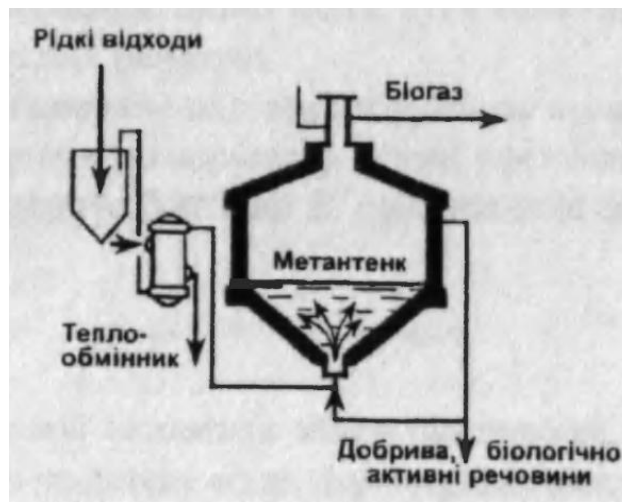


Рисунок 9.4 – Схема метантенка.

3. **Септикотенки і двофазні відстійники** призначені для одночасного осадження речовин зі стічної рідини і анаеробного розкладу вихідного осаду (рис. 9.6).

При розкладанні осадів розрізняють дві фази: кислу (водневу) і лужну (метанову).

У **кислій фазі** (водневій) карбонвмісні речовини розкладаються з утворенням легких кислот (оцтова, молочна, масляна), спиртів, ацетону, CO_2 , і H_2 . У **лужній фазі** (метаногеновій) в основному відбуваються процеси, пов'язані з накопиченням метану. За участю анаеробних метанових бактерій відбувається метанове бродіння, у результаті якого утворюються CH_4 і CO_2 . Крім цього, метан утворюється в результаті відновлення CO_2 , коли донором Гідрогену є масляна кислота або молекулярний водень – продукти розкладання речовин у кислій фазі.

Септикотенк, або перегнивач – це горизонтальний відстійник через який повільно протікає концентрована **СВ**, а осад, що випадає, перегниває протягом тривалого часу.

Процес очищення **СВ** у ньому відбувається значно повільніше. **СВ** підлягає освітленню протягом 1–4 діб, а осад зберігається 6-12 місяців. Гази, які виділяються при розкладанні осаду під час бродіння, піднімаються у вигляді бульбашок, забираючи у верхні шари частинки осаду, що злипаються й утворюють на поверхні септикотенка прошарок, який потім ущільнюється. На прошарку поселяються плісеневі гриби, які пронизують його своїми гіфами. Це сприяє встановленню анаеробних умов і частково зберігає тепло, що забезпечує оптимальні умови для мікроорганізмів, які здійснюють анаеробний розклад органічної частини осаду.

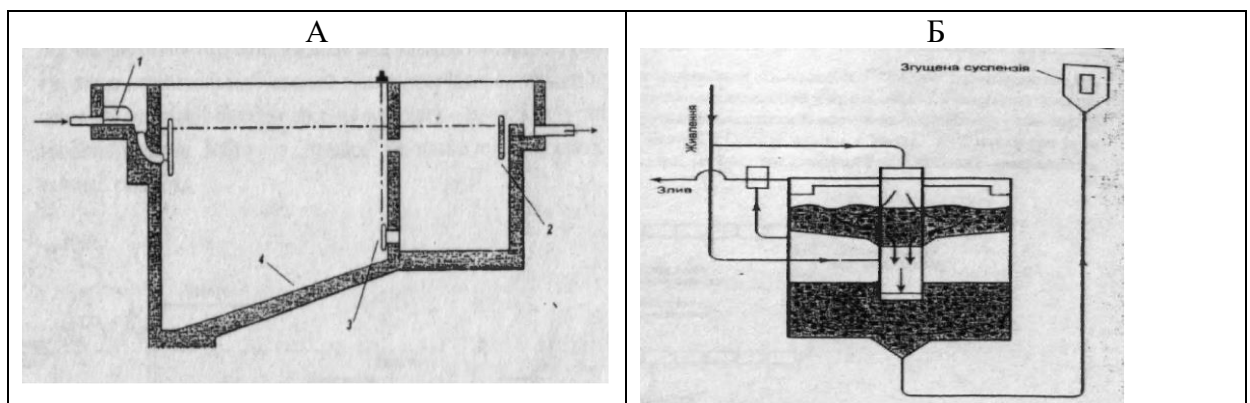


Рисунок 9.6 – Схема септикотенка (А) і двофазного відстійника (Б).

Двох'ярусні відстійники (емшери, або емшерські басейни) – призначені для виділення осаду зі **СВ** і одночасно для його анаеробного розкладу тим же комплексом мікроорганізмів, що і в метантенку. В емшерах цей процес закінчується швидше, ніж у септиктенку, але повільніше, ніж у метантенку. СВ повільно протікає горизонтальним коридором, суспендовані частини осідають, провалюються крізь щілини і попадають у нижню частину відстійника, де проходить їх біохімічне розкладання. Мул, який перегнив, періодично виводиться з дна відстійника через мулову трубу, а на його місце всмоктується мул із шару, розміщеного вище.

Біоконвеєр

Біоконвеєр – прямотечійна багатоступінчаста система очищення води (рис. 9.7). Технологічна суть **біоконвеєра** полягає в тому, що на шляху води, яку потрібно очистити, розміщуються гідробіонти – анаеробні бактерії, аеробні мікроорганізми (копіотрофи, оліготрофи), найпростіші, фільтратори, хижаки. Дані групи організмів населяють резервуари зі стічними водами і, перебуваючи на своїх «робочих місцях», використовують з води розчинені у ній органічні сполуки і біомасу відмерлих організмів. У результаті на виході отримують чисту воду і в сотні разів меншу кількість біомаси.

Важливим є те, що у біоконвеєрі, на відміну від біологічного очищення іншими способами, кожен гідробіонт вільний у своєму виборі «місця проживання». Це дуже важливо, оскільки тільки вільний організм працює з максимальної продуктивністю.

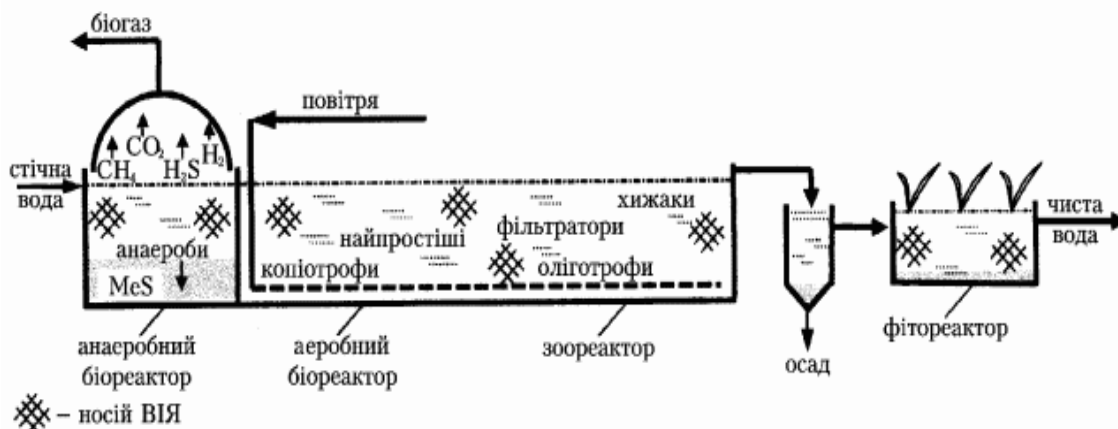


Рисунок 9.7 – Біоконвеєр: 1 – стічна вода; 2 – анаеробний біореактор; 3 – аеробний біореактор; 4 – зоореактор; 5 – осад; 6 – фітореактор; 7 – чиста вода; 8 – біогаз; 9 – повітря; 10 – носій типу «вія».

Основні переваги такої схеми очищення:

- У біоконвеєрі можна очищати будь-які (природні, зливові, побутові, промислові стічні) води, що містять надзвичайно отруйні сполуки або речовини, очистити воду від яких неможливо не тільки традиційними біологічними, а й різноманітними фізико-хімічними методами. Це розчинені органічні сполуки, навіть гранично токсичні, канцерогенні чи мутагенні, за будь-яких концентрацій.
- Біоконвеєр дає змогу доводити якість очищеної води до будь-якого заданого ступеня чистоти.
- Біоконвеєр знімає проблему надлишкової біомаси, оскільки вона споживається і мінералізується в трофічному ланцюгу. Причому, що більша кількість трофічних рівнів задіяна в біоконвеєрі, то менша біомаса залишається в очищеній воді. Досить

мати в очисній споруді трофічний ланцюг у 2-3 ланки, щоб зменшити кількість надлишкової біомаси в 100-1000 разів.

- Регулярні волокнисті насадки з іммобілізованими мікроорганізмами-деструкторами дають змогу організувати відповідний трофічний ланцюг гідробіонтів, що різко (на порядок) зменшує кількість надлишкової біомаси, бо вона споживається і мінералізується у трофічному ланцюгу, а її зольність при цьому зростає майже вдвічі. Така біомаса легко осідає, добре віддає воду, займає невеликий об'єм і не становить екологічної небезпеки.

Отже, прямотечійна система очищення води за допомогою іммобілізованих на регулярних волокнистих насадках мікроорганізмів-деструкторів найнебезпечніших забруднень, а також більш організованих гідробіонтів – седиментаторів, хижаків, фільтраторів – дає змогу очищувати будь-які промислові стічні води й одержувати воду бажаного ступеня чистоти.

Питання для самоконтролю:

1. Охарактеризуйте очисні споруди за принципами їх роботи.
2. Чим відрізняються побутові та промислові стічні води?
3. Назвіть методи контролю за якістю води.
4. Які показники використовують для контролю якості очищення води?
5. Назвіть екстенсивні способи очищення стічних вод.
6. Які існують інтенсивні способи очистки стічних вод?
7. Поясніть принцип роботи аеротенків і метантенків.
8. Які переваги інтенсивних способів очистки?
9. Назвіть переваги очистки стічних вод у біоконвеєрі.