

## Лекція 10. Біологічне очищення виробничих стічних вод від органічних домішок

**Мета лекції:** ознайомлення з основними методами очищення виробничих стічних вод від **органічних домішок**, засвоєння принципів біологічної очистки виробничих стічних вод, усвідомлення принципів роботи біофільтрів.

### План

1. Загальні відомості
2. Технологічні схеми установок.
3. Очищення в біофільтрах.

**1. Загальні відомості** Метод біологічного очищення одержав широке поширення для очищення стічних вод хімічних виробництв. Цей метод заснований на здатності мікроорганізмів використовувати як живильний субстрат багато органічних і деяких неорганічних сполук, що втримуються в стічних водах.

Широке використання біологічного методу обумовлено його достоїнствами: можливістю видаляти зі стічних вод різноманітні органічні сполуки, у тому числі токсичні; простотою апаратурного оформлення; відносно невисокими експлуатаційними витратами. До недоліків методу варто віднести високі капітальні витрати, необхідність строгого дотримання технологічного режиму очищення, токсична дія на мікроорганізми ряду органічних і неорганічних сполук, необхідність розведення стічних вод у випадку високої концентрації домішок.

Біологічне очищення стічних вод може вироблятися в аеробні або анаеробних умовах. Аеробні методи, що одержали найбільше поширення, засновані на використанні аеробних мікроорганізмів, для життєдіяльності яких необхідна присутність у воді вільного кисню. При анаеробній очищенню, тобто без доступу кисню повітря, органічні речовини руйнуються анаеробними мікроорганізмами. Анаеробний метод (сбраживание) рідко застосовується для очищення виробничих стічних вод, а використовується в основному для сбраживання опадів і в ряді випадків для денітрифікації стічних вод.

У процесах біологічного очищення стічних вод частина речовин, що окисляються мікроорганізмами, використовується в процесах біосинтезу (утворення біомаси - активного мулу або біопленки), а інша частина перетворюється в нешкідливі продукти окислювання: воду,  $CO_2$ ,  $NO_3^-$  і ін.

Принцип дії сучасних апаратів і споруджень біологічного очищення стічних вод заснований на методах безперервного культивування мікроорганізмів. Принципова схема установки аеробного біологічного очищення стічних вод в аэротенках представлена на мал.20.1. Вихідна стічна вода подається в аэротенк, у який також безупинно подаються активний іл (поворотний) і повітря. Суміш очищеної стічної води з активним мулом (илова суміш) надходить у вторинний відстійник 2. Прояснена стічна вода з відстійника направляється на доочищення, повторне використання й т.д. Частина активного мулу подається в аэротенк, а інша частина - надлишкова кількість - на переробку. У біофільтрах очищення стічних вод виробляється мікроорганізмами біопленки, що перебуває на поверхні наповнювача.

Біологічне очищення стічних вод проводиться в нестерильних умовах. Використання чистих культур бактерій для руйнування специфічних домішок (наприклад, фенолів, роданидов) не одержало поширення в промисловості у зв'язку з їхньою малою життєздатністю, поступовим виродженням або витисненням іншими мікроорганізмами.

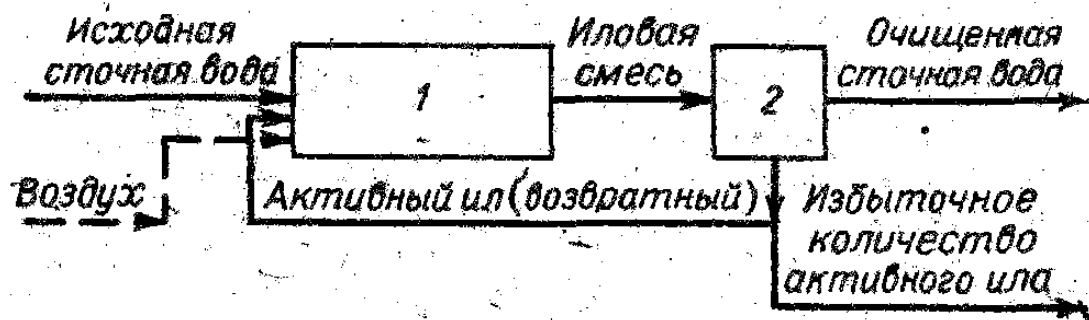


Рисунок 1. Принципова схема установки біологічного очищення стічних вод:

1 - аэротенк; 2 — вторинний відстійник.

Розпад органічних речовин за допомогою мікроорганізмів відбувається також у природних умовах (у водоймах, біологічних ставках, на полях

зрошення).

**2. Технологічні схеми установок.** Схеми споруджень біологічного очищення стічних вод, як правило, включають установки:

- 1) усереднення й посвітління вихідних стічних вод (усреднители, песколовки, відстійники й т.д.);
- 2) біологічного очищення прояснених стічних вод (аэротенки, регенератори активного мулу, вторинні відстійники й т.д.);
- 3) готування й дозування реагентів;
- 4) доочищення стічних вод (ставки, фільтрувальні станції й т.д.);
- 5) обробки опадів (иловые площадки, вакуум- і фільтр^фільтри-прес-фільтри, сушарки, печі й т.д.).

У випадку спільного очищення виробничих і господарсько-побутових стічних вод у схемі передбачаються також установки знезаражування очищених стічних вод. Застосовують одноступінчасті й багатоступінчасті схеми установок біологічного очищення стічних вод.

Вибір схеми залежить від ряду факторів: витрати стічних вод, сполуки й концентрації домішок, вимог до якості очищеної води й т.п.

**Схема одноступінчастої установки.** Схема одноступінчастої установки біологічного очищення стічних вод, представлена на мал. 20.2а, найбільше широко застосовується в цей час у різних галузях промисловості. Дана схема найбільш проста.

**Схеми багатоступінчастих установок.** При змісті в стічній воді різних груп органічних сполук, швидкості біологічного окислювання яких сильно розрізняються, доцільне застосування схем багатоступінчастих установок біологічного очищення. На кожному щаблі очищення культивується свій біоценоз мікроорганізмів, спеціалізований для очищення окремих груп органічних речовин. Це обумовлює підвищення ефективності очищення стічних вод, особливо від біологічно важко-речовин, що окисляються, дозволяє зменшити об'єм споруджень і витрата повітря на аерацію, а також кількість надлишкового активного мулу. Велике достоїнство цих схем - стійкість роботи установок при перевантаженнях як по кількості стічних вод, так і по концентрації домішок.

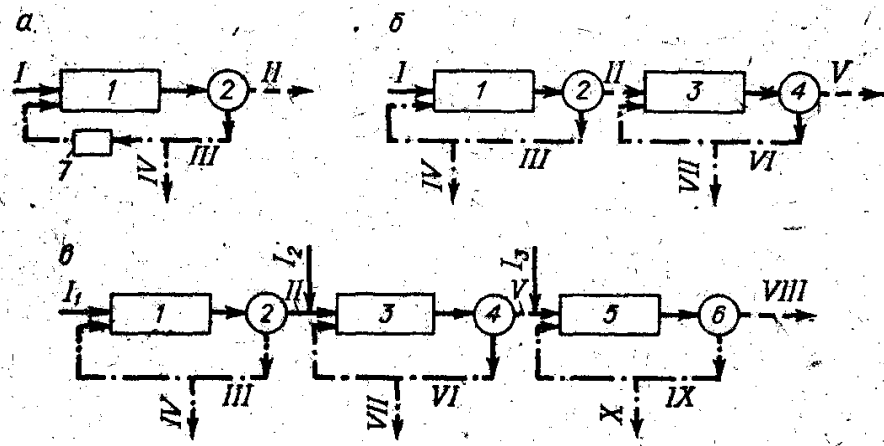


Рисунок 12.2 - Схеми установок біологічного очищення стічних вод:

а - одноступінчаста система; б-двоступінчаста система; в-комбінована триступінчаста система; 1 -аэротенк I щабля; 2 - відстійник I щабля; 3- аэротенк II щабля; 4 - відстійник II щабля; 5 -аэротенк III щабля; 6 -відстійник III щабля; 7 -регенератор активного мулу.

Потоки: I-I- вихідні стічні води; II - очищена вода після I щабля;

III - поворотний іл I щабля; IV- надлишкова кількість активного мулу I щабля; V - очищена вода після II щабля; VI - поворотний іл II щабля;

VII - надлишкова кількість активного мулу II щабля; VIII - очищена вода після III щабля; IX-Поворотний мул III щабля; X - надлишкова кількість активного мулу III щабля.

При прямоочній багатоступінчастій схемі стічна вода надходить спочатку на I щабель очищення (мал. 20.26), потім на II щабель і т.д. Слід зазначити, що на кожному щаблі циркулюють «свій» активний іл. Деякі схеми передбачають подачу надлишкового активного мулу з II щабля в аэротенк I щабля.

Можливо також надлишковий активний іл після I щабля подавати в аэротенки II щабля й т.д.

Для підвищення ефективності двоступінчастих схем рекомендується на I щабля використовувати аэротенки-змішувачі, а на II щабля - аэротенки-вытеснители.

Двоступінчасті установки біологічного очищення стічних вод

експлуатуються на хімічних і нафтохімічних комбінатах. Ефективність очищення стічних вод на цих спорудженнях на 10-15% (по БПК<sub>п</sub>) вище, ніж на одноступінчастій установці, а по змісту нафтопродуктів - на 15—20%.

Ефективність очищення стічних вод на трьох- і чотирьохступенчатих установках вище, ніж на двоступінчасті.

На сучасних хімічних і нафтохімічних підприємствах утвориться велика кількість стічних вод, витрата й забруднення яких досить різні. Змішання цих стічних вод і очищення спільного стоку не завжди раціональні. Наприклад, розведення теплих стічних вод (20—30 °С), що містять значні кількості органічних сполук, більше холодними й менш забрудненими водами приведе до зниження інтенсивності біологічного очищення.

У подібних випадках доцільне застосування схеми комбінованої багатоступінчастої установки біологічного очищення (мал.20.2в). Відповідно до цієї схеми найбільш забруднені стічні води, а також води, що містять біологічно важко-окисляються речовини, що, подаються на I щабель високонагружаемых аэротенков, що працюють із неповним очищенням. Очищена в аэротенках I щабля вода змішується з іншими стічними водами (менш забрудненими), і суміш подається на II щабель очищення. Вихідна після II щабля вода змішується із ще менш забрудненими стічними водами й подається на III щабель очищення й т.д. У якості III щабля очищення можуть бути використані, наприклад, біологічні ставки.

Слід зазначити недоліки схем багатоступінчастих установок: складність, необхідність будівництва додаткових вторинних відстійників, необхідність перекачування великої кількості поворотного активного мулу.

Собівартість біологічного очищення стічних вод в аэротенках залежить від багатьох факторів: витрати, концентрації й сполуки домішок стічних вод, необхідної глибини очищення й т.д.

**3.Очищення в біофільтрах.** Біологічний фільтр - апарат, завантажений матеріалом, що фільтрує, на поверхні якого розвиваються мікро- і організми (біоплівка). Ці мікроорганізми споживають субстрат, який є «забрудненням» стічної води, що протікає через матеріал, що фільтрує.

Біофільтри застосовують для очищення стічних вод хімічних виробництв. Технологічні схеми установок очищення, що включають біофільтри, аналогічні схемам установок з аеротенками мають в своєму складі усереднители, пісколовки, первинні і вторинні відстійники, реагентні господарства і так далі.

Біофільтри підрозділяють на два види: 1) з об'ємним завантаженням; 2) з площинним завантаженням. Перві, у свою чергу підрозділяються на типів: а) краплинні з фракціями завантажувального матеріалу великою ( $d$ ) 20-30 мм і заввишки шаруючи завантаження ( $h$ ) 1-2 м; б) високонавантажувальні-  $d = 40-60$  мм і  $h=2-4$  м; у) баштові (великої висоти) -  $d = 60-80$  мм і  $h = 8-16$  м.

Краплинні біофільтри рекомендується застосовувати при витратах стічних вод до 1000 м<sup>3</sup>/сутки, а високонавантажувальні і баштові - при витратах до 30 - 50 тис. м<sup>3</sup>/сутки.

У біофільтрах з об'ємним завантаженням використовуються завантажувальні матеріали: щебінь, гравій, шлак, керамзит та інші, що мають щільність 500-1500 кг/м<sup>3</sup> і пористість 40-50%.

Біофільтри з площинним завантаженням рекомендується підрозділяти за типом завантаження: а) з жорстким засипним завантаженням у вигляді кілець і обрізків труб з керамічних, пластмасових і металевих матеріалів щільністю ( $\rho$ ) 100-600 кг/м<sup>3</sup> і пористістю ( $\pi$ ) 70-90% при висоті шаруючи ( $h$ ) 1-6 м; б) з жорстким блоковим завантаженням у вигляді ґрат або блоків з пластмасових листів —  $\rho = 40 - 100$  кг/м<sup>3</sup>,  $\pi = 90 - 97\%$ ,  $h = 2 - 16$  м або азбоцементних листів -  $\rho = 200 - 250$  кг/м<sup>3</sup>,  $\pi = 80 - 90\%$ ,  $h = 2 - 6$  м; в) з м'яким завантаженням з металевих сіток, синтетичних плівок або тканин, які кріпляться на каркасах або укладаються у вигляді рулонів, -  $\rho = 5 - 60$  кг/м<sup>3</sup>,  $\pi = 94 - 99\%$ ,  $h = 3 - 8$  м.

Крім того, застосовують погружніє (дисккові) біофільтри, що є резервуарами, в яких розміщені диски, що обертаються, поперемінно контактують при обертанні із стічною водою і повітрям. Діаметр дисків - 0,6-3 м-коди, відстань між дисками - 10-20 мм, частота обертання – 1- 40 об/мін

Біофільтри з жорсткою засипкою і м'яким завантаженням рекомендується застосовувати при витратах стічних вод до 10 тис. м<sup>3</sup>/сутки, з жорстким блоковим завантаженням - до 50 тис. м<sup>3</sup>/сутки, погружніє біофільтри - до 500 м<sup>3</sup>/сутки.

Біофільтри (окрім погружних) слід віднести до вертикальних апаратів ідеального витіснення. Якщо в аеротенку-витискувачі створюються умови для витіснення води і мікрофлори, то в біофільтрі - в основному для води і у меншій мірі для мікроорганізмів. Це приводить до накопичення по висоті завантаження різних фізіологічних груп мікроорганізмів. У верхньому шарі завантаження здійснюється переважно вжиток біологічно легкоокислюючихся речовин і далі вниз - усе більш трудноокислюючихся.

У біофільтрі відбувається безперервний приріст і відмирання мікроорганізмів. Очищена вода з частками біоплівки, що виносяться, поступає у вторинний відстійник. Основними мікроорганізмами, споживаючими субстрат, - домішки стічних вод, є бактерії. Крім того, мікрофлора і мікрофауна біоплівки представлена всілякими плісневими грибами, черв'яками, комахами і так далі.

Краплинні біофільтри мають невелике гідравлічне навантаження [0,5—3 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·сутки)] і передбачаються з природною аерацією. Зрошування краплинного біофільтра виробляється рівномірно з невеликими проміжками часу. Високонавантажені біофільтри мають гідравлічне навантаження 10-30 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·сутки) і забезпечуються природною або штучною аерацією (аерофільтри). Міра використання кисню повітря в аерофільтрах складає 7-8%.

Біофільтри конструюються зазвичай круглими в плані діаметром від 6 до 30 м і більш.

Надійна робота біофільтра може бути досягнута лише при рівномірному зрошуванні водою його поверхні. Зрошування, здійснюється спеціальними розподільними пристроями рухливого і нерухомого типу. До нерухомих розподільників відносяться дірчасті жолоби або труби і розбризкувачі (спринклери); до рухливих - жолоби, що коливаються, рухомі; наливні колеса і реактивні розподільники, що обертаються. Для зрошування поверхні фільтрів як у вітчизняній, так і зарубіжній практиці найбільшого поширення набули спринклерніє і рухливі реактивні зрошувачі.

Для запобігання замулюванню завантаження біофільтрів необхідне видалення із стічної води зважених речовин (до вмісту 50—100 міл/л).

До експлуатаційних особливостей високонавантажуваних біофільтрів відносяться: обов'язкове зрошування всієї поверхні біофільтрів водою, що поступає, безперервно або з малими проміжками; підвищення навантаження по воді до 10-30 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>2</sup> поверхні фільтру в добу; мимовільне промивання фільтрів і введення рециркуляції в разі високої концентрації забруднень у воді або необхідності інтенсифікації промивання завантажувального матеріалу.

Для збільшення продуктивності біофільтрів і підвищення якості очищеної води рекомендується вживання двоступінчатих схем. Другим рівнем можуть служити аеротенки або біологічні ставки.

Для біофільтрів з площинним завантаженням запропоновані різні завантажувальні матеріали (полістирол, полівінілхлорид, поліетилен, металеві трубки, сітки, азбоцементні листи, плівки, тканини і так далі).

Біофільтри з пластмасовим завантаженням використовуються для очищення стічних вод коксогазових заводів від фенолів і ціанидів, ефективність видалення яких складає відповідно 95 і 90%. Вживання



завантаження з пластмас в порівнянні з об'ємними матеріалами дозволяє здійснювати ефективніше очищення стічних вод від фенолів.

### **Питання для самоконтролю**

1. Від яких забруднень можна очистити стічні води за допомогою біологічних методів?
2. Які умови треба забезпечувати при застосуванні біологічної очистки?
3. Як відбувається процес очистки на біофільтрах?
4. В яких випадках є доцільним застосування доцільне застосування схеми комбінованої багатоступінчастої установки біологічного очищення?
5. В яких випадках застосовують біофільтри з жорсткою засипкою і м'яким завантаженням?

### **ЛІТЕРАТУРНІ ДЖЕРЕЛА**

1. Айрапетян Т. С. Технологія очистки промислових стічних вод : конспект лекцій Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. 73 с.  
[https://eprints.kname.edu.ua/45126/1/2016%2064%D0%9B%20%D0%A2%D0%9E%D0%9F%D0%A1%D0%92\\_%D0%BF%D0%B5%D1%87%D0%B0%D1%82%D1%8C.pdf](https://eprints.kname.edu.ua/45126/1/2016%2064%D0%9B%20%D0%A2%D0%9E%D0%9F%D0%A1%D0%92_%D0%BF%D0%B5%D1%87%D0%B0%D1%82%D1%8C.pdf).
2. Боброва Т.Б., Високос С.М., Глушко Ю.Ю., Сашко В.О., Терещенко Т.М., Черниш В.В. Водовідведення : навчальний посібник. Київ : Гурт, 2019 148 с.  
URL:  
<https://mon.gov.ua/storage/app/media/news/%D0%9D%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D0%B8/2020/04/28/1vodovidvedennya.pdf>.
3. Душкін С.С., Коваленко О.М., Благодарна Г.І. Експлуатація і ремонт водопровідно-каналізаційних систем : конспект лекцій. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. 165 с.  
URL :  
<https://eprints.kname.edu.ua/40512/1/2013%20%D0%BF%D0%B5%D1%87%20172%D0%9B%20%D0%94%D0%B5%D0%B3%D1%82%D1%8F%D1%80%20%D0%9C.%20%D0%BD%D0%B0%D0%B4%D1%96%D0%B9%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C.pdf>.
4. Прутцьков Д. В. Водопостачання та водовідведення промислових підприємств : навчальний посібник. Запоріжжя : ЗДІА, 2018. 200 с.  
URL : <https://moodle.znu.edu.ua/course/view.php?id=8378&notifyeditingon=1>.
5. Фельбер Г., М. Фішер М. ПОСІБНИК ОПЕРАТОРА КАНАЛІЗАЦІЙНИХ ОЧИСНИХ СПОРУД : переклад з німецької. Львів : ПАІС, 2020. 520 с.  
URL :  
<file:///D:/%D0%9E%D0%BA%D1%81%D0%B0%D0%BD%D0%B0/%D0%A2>

%D0%9E%D0%A1%D0%92/%D0%9B%D1%96%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0/TB\_Klaerwaerter\_Ukr\_Vor.pdf.

6. Шадура В.О., Кравченко Н. В. Водопостачання та водовідведення : навчальний посібник. Рівне : НУВПГ, 2018. 344 с.

7. Mara Duncan. Domestic waste water treatment in developing countries. London : Sterling, VA, 2003. 192 p.

URL :

[https://www.researchgate.net/publication/287291244\\_Domestic\\_Wastewater\\_Treatment\\_in\\_Developing\\_Countries/](https://www.researchgate.net/publication/287291244_Domestic_Wastewater_Treatment_in_Developing_Countries/)

8. Петрук В.Г. Природоохоронні технології : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2014. 254 с.

URL

<http://vasilkivskiy.vk.vntu.edu.ua/file/046f9e799944569d40999cc83ed343c7.pdf>



