

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Кафедра екології та природозахисних технологій

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

зі спеціальності

183 Технології захисту навколишнього середовища

Тема роботи: Удосконалення технології очищення стічних вод від важких металів при застосуванні мікробіологічного методу

Виконала:  
студент Юхта Михайло  
Сергійович

Керівник:  
Професор ,доктор технічних наук  
Гурець Лариса Леонідівна

Залікова книжка  
№ 22510298

Підпис: \_\_\_\_\_  
дата, підпис

Підпис: \_\_\_\_\_

Консультант з охорони праці:  
старший викладач Фалько В.В.

Підпис: \_\_\_\_\_  
дата, підпис

Захищена з оцінкою  
\_\_\_\_\_  
оцінка, дата

Секретар ЕК  
старший викладач Батальцев Є.В.

Суми 2023

Сумський державний університет  
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій  
Кафедра екології та природозахисних технологій  
Спеціальність 183 Технології захисту навколишнього середовища

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедрою \_\_\_\_\_

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**  
**Юхта Михайла Сергійовича**

1.Тема проекту (роботи) Удосконалення технології очищення стічних вод від важких металів при застосуванні мікробіологічного методу

затверджена наказом по університету від “21” листопада 2023 р. № 1315-VI.

2.Термін здачі студентом закінченого проекту (роботи) 25 грудня 2023 року

3.Вихідні дані до проекту (роботи) патентна база щодо методів очищення стічних вод; кількісний склад відходів при гальванічному виробництві ; хімічний склад відходів які потрапляють у стічні води.

4.Зміст розрахунково–пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити)

Джерела забруднення важкими металами;

способи очищення стічних вод від важких металів;

аналіз методу біологічного очищення стічних вод з використанням анаеробного та аеробного процесів.

Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень)

Схема перебігу процесу розкладання органічних речовин в анаеробних спорудах;схема стадій анаеробного розкладання з утворенням метану ;схема класичного аеротенку;схема мочар;схема біофільтра;схема очищення стічних вод;таблиця важкі метали у промислових виробництвах

5. Консультанти по проекту (роботі), із значенням розділів проекту, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Фалько В.В.		
---	-------------	--	--

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Літературний огляд за досліджуваною проблематикою	Вересень 2023 р.	
2	Аналіз джерел забруднень стічних вод важкими металами	Жовтень 2023 р.	
3	Огляд методів біологічного очищення стічних вод	Жовтень 2023 р.	
4	Аналіз біохімічних основ технологічного процесу біологічного очищення стічних вод з використанням анаеробного та аеробного процесів	Листопад 2023 р.	
5	Оцінка економічної ефективності запропонованої технології	Листопад 2023 р.	
6	Робота над розділом «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»	Грудень 2023 р.	
7	Оформлення роботи	Грудень 2023 р.	

6.Дата видачі завдання                      25.09.2023 року

Студент \_\_\_\_\_

М.С.Юхта

Керівник проекту \_\_\_\_\_

Л.Л.Гурець

## РЕФЕРАТ

### *Структура та обсяг випускної кваліфікаційної роботи магістра*

Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, який містить 27 найменувань. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить 53 с., у тому числі 1 таблицю, 6 рисунків, список використаних джерел на 3 сторінках.

*Мета роботи* – підвищення ступеня екологічної безпеки за допомогою впровадження мікробіологічного методу в очистці стічних вод від важких металів.

Відповідно до поставленої мети було вирішено такі *завдання*: провести літературний огляд за досліджуваною тематикою; провести критичний аналіз способів та технологій очищення стічних вод; зробити аналіз способів поводження з рідкими відходами, а саме їх утилізацію та зберігання.

*Об'єкт дослідження* – техногенне навантаження на довкілля пов'язане з викидами до стічних вод важких металів

*Предмет дослідження* – підвищення екологічної безпеки довкілля за рахунок впровадження мікробіологічного методу.

*Методи дослідження.* Методологічною основою роботи є діалектичний метод наукового пізнання, системний підхід.

Ключові слова: ВАЖКІ МЕТАЛИ, БІОЛОГІЧНЕ ОЧИЩЕННЯ, МІКРООРГАНІЗМИ, АНАЕРОБНА ОЧИСТКА, АЕРОБНА ОЧИСТКА

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	2
РОЗДІЛ 1 ПРОБЛЕМА ЗАБРУДНЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ.....	4
1.1 Джерела забруднення важкими металами .....	4
1.2 Вплив важких металів на біоту водних екосистем та на людину.....	8
РОЗДІЛ 2 БІОЛОГІЧНЕ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД .....	16
2.1 Механо-біолого-хімічного очищення стічних вод.....	17
2.2 Очищення води за допомогою біоплівки .....	19
2.3 Активний мул в очищенні стічних вод .....	23
2.4 Використання анаеробних бактерій для очищення стічних вод і стабілізації осадів.....	27
2.5 Окремі культури мікроорганізмів в очищенні води.....	30
РОЗДІЛ 3 БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД З ВИКОРИСТАННЯМ АНАЕРОБНОГО ТА АЕРОБНОГО ПРОЦЕСІВ.....	34
3.1 Біохімічні процеси при анаеробній очистці стічних вод.....	34
3.2 Біохімічні процеси при аеробній очистці стічних вод.....	38
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	41
4.1 Аналіз шкідливих та небезпечних факторів в гальванічному виробництві...42	
4.2 Заходи з пожежної безпеки.....44	
ВИСНОВКИ .....	47
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	48

Підп. і дата	
Інв. №дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

						<b>ТС 22510298</b>							
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат	Удосконалення технології очищення стічних вод від важких металів при застосуванні					Літ.	Аркуш	Аркушів	
Розроб.	Юхта												
Перев.	Гурець											4	53
Н.Контр	Батальцев									СумДУ, ф-т ТеСЕТ			
Затв.	Пляцук									гр. ТС.м-21			



шляхом розробки нових технологій очищення води та вдосконалення існуючих технологій.

Інв.Неподл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ТС 22510298	Арк
						6
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		

# РОЗДІЛ 1 ПРОБЛЕМА ЗАБРУДНЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ

Майже всі процеси життєдіяльності організмів різних рівнів організації відбуваються за участю води. Вода є надзвичайно важливим елементом природи. Проте люди забруднюють його та змінюють його природну структуру своєю шкідливою діяльністю. Шкідливі промислові або радіоактивні відходи потрапляють у малі та великі річки та штучні водойми, змінюючи умови розкладання органічних речовин, збільшуючи концентрацію азоту, фосфору, металів і отрутохімікатів. При цьому значно погіршується якість води, втрачається природний колір, смак і загальний іонний склад. Забруднення водойм хімічними та радіоактивними речовинами істотно впливає на різке зменшення кількості придатної для споживання прісної води. Причиною найбільшого забруднення водойм є викиди теплових і атомних електростанцій, хімічної та металургійної промисловості. При цьому підвищується вміст у воді таких елементів: ртуті, нікелю, міді, кадмію, цинку, хрому, а також органічної сполуки фенолу [2,3].

## 1.1 Джерела забруднення важкими металами

Під якість природного довкілля розуміють такий стан її екологічних систем, у якому постійно забезпечуються обмінні процеси енергії і речовин між природою, і людиною лише на рівні, що забезпечує відтворення життя Землі. В Україні наприкінці ХХ в. забруднення довкілля відходами, викидами, стічними водами всіх видів промислового виробництва, сільського господарства, комунального господарства міст придбали глобального характеру, що в майбутньому може доставити державу до межі екологічної катастрофи.

Вплив на поверхневі води може позначатися в місцях безпосередніх контактів технологічних елементів і споруджень із водними об'єктами загального

Підп. і дата	
Інв. №дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. №подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510298

Арк

7



користування. Такими контактними місцями є водозабірні та водоскидні спорудження [24] .

Якщо раніше за шкалою стрес-факторів найбільшою небезпекою для всього живого були пестициди, за ними йшли кислотні дощі і розливи нафти, то нині на «домінуючі позиції» вийшли іони важких металів [25].

За результатами узагальнення даних державного обліку водокористування у 2013 році у поверхневі водні об'єкти скинуто 7440 млн м<sup>3</sup> стічних вод, у тому числі підприємствами промисловості 4433 млн м<sup>3</sup>. Із загального обсягу скинутих у водні об'єкти стічних вод забруднені складають 1717 млн м<sup>3</sup> (23%), нормативно-очищені - 1477 млн м<sup>3</sup> (20 %) та нормативно-чисті без очистки - 4246 млн м<sup>3</sup> (57 %). Загальна кількість підприємств, що скидають у поверхневі водні об'єкти забруднені стічні води складає 881.

Основними забруднювачами водних об'єктів, як і раніше, залишаються підприємства металургійної промисловості (56%) - Маріупольські металургійні комбінати ім. Ілліча та "Азовсталь", Єнакієвські металургійний і коксохімічний заводи, Макіївський і Авдіївський коксохімічні заводи, підприємства вугільної промисловості, біологічні очисні споруди (майже по 20%) та ін. [26].

Виходячи з технологічних процесів різних гальванічних виробництв (лінія цинкування, нікелювання, хромування, анодування та ін), основними найбільш небезпечними інгредієнтами гальванічних відходів є цинк, нікель, хром, олово, вісмут, свинець, кадмій, ртуть, залізо, мідь і ін. [27]. У відходах різних виробництв концентрації важких металів (ТМ) помітно коливаються: цинк - 100-5740, нікель - 2-200, хром - 50-5020, свинець - 137-600, мідь - 500-5600, кобальт - 8 -30, олово - до 72600, вісмут - близько 100, кадмій - близько 54, ртуть - близько 0,01, залізо - близько 1100, сурма - близько 200 мг / кг.

Держуправління здійснює контроль за якістю стічних вод підприємств на 125 випусках, а також контролює якість води у поверхневих водних об'єктах у 162 контрольних створах. Органи Мінздраву здійснюють контроль за якістю води в 27 постійних створах водоюм 1-ї категорії і в 218 створах водоюм 2-ї категорії, а

Підп. і дата
Інв. Недубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. Неподр.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510298

також в 17 створах Азовського моря. Гідрометцентр контролює якість води в 25 постійних створах. Сіверсько-Донецьке басейнове управління водних ресурсів здійснює спостереження за 101 контрольним створом.

Забруднюючі речовини (забруднювачі) — це сполуки, які надходять або утворюються в навколишньому середовищі в кількості, що перевищує нормальні межі доступності (граничні природні коливання або середній природний фон). Як правило, вони спричиняють негативні зміни якості навколишнього середовища та захворювання чи загибель живих організмів, які його населяють. Ці властивості забруднювачів називають токсичними, а самі вони є токсичними забруднювачами. Внаслідок надходження значної кількості токсичних забруднюючих речовин у водне середовище воно набуває токсичних властивостей, які викликають отруєння (інтоксикацію) гідробіонтів.

Важкі метали включають особливу групу елементів з металевими властивостями, як правило, включаючи перехідні метали, певні металоїди, а також лантаноїди та актиноїди. Було запропоновано багато визначень цього терміну, одні з яких засновані на щільності, інші на атомному номері або атомній масі, ще інші на хімічних властивостях або токсичності. Технічний звіт IUPAC назвав термін «важкі метали» «безглуздим і заплутаним» через суперечливі визначення та відсутність «послідовної наукової основи» за цим терміном. Залежно від контексту, навіть елементи, легші за вуглець, можуть називатися «важкими металами», але деякі набагато важчі метали можуть так не називатися. Найчастіше в цю групу входять елементи з атомною масою більше 50 а.о. [4].

Мікрополютанти, що містять важкі метали, знаходяться у водному середовищі у вигляді розчинів, колоїдів і суспензій. Вільні гідратовані іони та прості органічні та неорганічні комплекси виступають у розчинній формі. Діаметр цих форм зазвичай не перевищує 0,001 нм. Іони металів, асоційовані зі складними супрамолекулярними органічними лігандами з розміром частинок від 0,001 до 0,01 нм, утворюють колоїдні форми. Іони металів, адсорбовані на колоїдних

Підп. і дата
Інв. Недубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. Непопл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510298

міцелярних частинках або органічних частинках розміром від 0,01 до 0,1 нм, утворюють суспензії. До складу шламу входять седиментаційні суспензії.

Джерелом надходження важких металів у навколишнє середовище є відходи практично всіх галузей економіки країни (табл. 1.1). Найбільш токсичними є іони металів: Cu, Cd, Pb, Cr, Mn, Hg, Fe, Al, Se, Sn. Штучний пил, що виділяється в результаті діяльності підприємств важкої промисловості, містить у середньому %: цинку - 6,72, свинцю - 0,11, кадмію - 0,01. При цьому в радіусі 7 км відзначена аномалія забруднення ґрунту. Викиди цих компаній поширюються в радіусі від 10 до 40 км, осідають на рослинах і занурюються в землю на глибину від 10 до 15 см. Тому сільськогосподарська продукція, вирощена в промислових зонах, накопичує токсичні компоненти цих викидів, що може призвести до зниження продуктивності та загибелі рослин [5].

Комплекси, що містять органічні та неорганічні ліганди, є дуже поширеною формою важких металів. Вважається, що приблизно 90% свинцю, алюмінію та хрому зустрічаються у вигляді комплексних сполук. Цей факт має принципове значення для здійснення біохімічних процесів і токсичності іонів металів. Досліджено, що вільні іони (гідратовані іони) металів більш токсичні, ніж комплексні форми їх застосування.

Форми важких металів у водному середовищі залежать від певної кількості фізико-хімічних балансів, серед яких слід виділити:

- реакції комплексоутворення;
- гідролітична реакція;
- реакції окиснення і відновлення;
- процеси адсорбції та десорбції;
- реакції зміщення та розчинення.

У деяких спостережуваних випадках після розчинення у воді іони металу з'являються у формі гідрат-іонів, які є комплексними іонами води, наприклад іонізація у формі  $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{+3}$ . Частинки води, які діють як слабкі сполучні речовини, замінюються сильнішими сполучними речовинами, присутніми в

Підп. і дата	
Інв. №дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. №подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510298

Арк

10

компонентах природної води або їх забруднюючих речовинах. Оскільки водні комплекси є так званими лабільними комплексами, швидкість заміщення ліганду є важливою. Менш ніж за хвилину відбувається повна заміна лігандів на координаційній сфері іона металу.

Порівняння декількох значень, точніше значень логарифмів константи міцності комплексів з одним і тим же центральним іоном і з усіма лігандами, дозволяє оцінити, який з них сильніше. Наприклад, стійкість комплексу діаніду срібла  $[Ag(NH_3)_2]^+$  описується константою ( $\log K = 1,62 - 107$ , у 13), тоді як стійкість комплексу діаніду срібла  $[Ag(CN)_2]$  дорівнює описується константою ( $\log K = 1,00'1021$ ,) яка має набагато сильніші комплексоутворювальні властивості, ніж іон ціаніду, EDTA (етилендіамінтетраоцтова кислота) і NTA (нітротриоцтова кислота), дві речовини, пов'язані з виробництвом миючих засобів.

Таблиця 1.1 - Важкі метали у промислових виробництвах

Важкі метали	З яких виробництв потрапляють у воду
Марганець	Із марганцевозбагачувальних фабрик, металургійних заводів, підприємств хімічної промисловості, шахт.
Мідь	Із підприємств хімічної, металургійної промисловості, шахтних вод.
Цинк	Із рудозбагачувальних фабрик паперового та хімічного виробництва.
Свинець	Із металургійних, хімічних та нафтопереробних заводів.
Кадмій	Із свинцево-цинкових заводів, рудозбагачувальних фабрик, хімічних підприємств, шахт.

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510298

Арк

11

Нікель	Із металургійних,металообробних,хімічних заводів
Кобальт	Із нікелевих збагачувальних фабрик,хімічної промисловості

Водозбірні басейни в урбанізованих територіях останнім часом були сильно забруднені різними токсичними речовинами, серед яких особливу роль відіграють важкі метали завдяки своїй стійкості та здатності мігрувати харчовими ланцюгами.

## 1.2 Вплив важких металів на біоту водних екосистем та на людину

У наукових дослідженнях багатьох дослідників було встановлено, що різні важкі метали, такі як Fe, Mn, Zn, Cu, Co, Ni, необхідні для росту рослинних організмів і беруть участь у здійсненні практично всіх основних видів діяльності. Він діє, але стає токсичним при вищих концентраціях. Інші метали, такі як Cd, Pb, Hg, не мають відомої біологічної функції, але також можуть накопичуватися в рослинах у значних кількостях. Накопичення цих металів в живих організмах навіть у порівняно низьких концентраціях призводить до порушення в них фізіологічних і біохімічних процесів.

Вважають, що надлишок іонів металів викликає зміни процесів життєдіяльності рослинних організмів, головним чином за рахунок їх взаємодії з біохімічно активними групами та пригнічення активних ферментативних центрів. Існують дослідження, які підтверджують, що основним ефектом токсичності металів у рослин є порушення проникних бар'єрів плазматичних мембран, що відбувається внаслідок взаємодії металу з транспортними білками, посилення перекисного окислення ліпідів і пригнічення антиоксидантного захисту. клітинна система.

Підп. і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№попл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510298

Арк

12



день напрацьовано великий матеріал, який узагальнено в кількох роботах. Аналіз літературних даних показує, що висока концентрація іонів металів у водному середовищі є основним фактором їх надходження та накопичення в організмі риб.

Хоча є деякі відмінності в процесах отруєння організму риб різними важкими металами, як правило, виділяють кілька стадій за такими токсичними симптомами: нервозність, прискорене дихання, рясне виділення слизу після глибокого вдиху, знижується реакція на зовнішні подразники, риба стрибає (при нерівномірному закиданні), намагається вистрибнути з води, риба втрачає рівновагу і падає на бік, з'являється ритмічне дихання і гине без судом. Це схоже на картину, яка спостерігається при повільному диханні через нестачу кисню та надлишок вуглекислого газу в організмі. Від прямого впливу солей на глинистий епітелій порушується дихання. При отруєнні риб отруйними речовинами цієї групи на шкірі і зябрах утворюється товста слизова оболонка, яка покриває зябра і все тіло. Пошкоджується епітелій дихальних шляхів і епідерміс шкіри. Швидкість окремих етапів отруєння залежить від концентрації отруйних речовин у воді та специфічної чутливості риби.

Внаслідок впливу важких металів в організмі риби відбуваються патологічні зміни на всіх рівнях від молекулярного до організмового. Іони важких металів, безпосередньо впливаючи на ферменти або опосередковано утворюючи регуляторні сполуки, можуть змінювати інтенсивність і напрям метаболізму в рибі.

Крім того, пригнічується зміна проникності мембран, окисне фосфорилування, синтез білків і нуклеїнових кислот. Важкі метали мають канцерогенну, мутагенну, ембріотоксичну та гонатотоксичну дію на живі організми.

Неможливо оцінити всі важкі метали з екологічної та токсикологічної точки зору. Серед важких металів особливу загрозу для гідробіоценозів становлять свинець, кадмій, мідь, цинк, хром і ртуть. Навіть невелика концентрація цих металів порушує екологічний баланс і призводить до

Підп. і дата
Інв. №дубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. №подл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510298

токсичного стресу, що призводить до незворотних функціональних пошкоджень, а іноді і до загибелі гідробіонтів.

При вивченні токсичності іхтіофуну поверхневих вод України кількість іонів  $Pb^{2+}$  у рибі перевищує допустиму норму більш ніж у 15% водойм і в 5% – вдвічі. На думку деяких авторів, органи і тканини риб залежно від їх здатності накопичувати важкі метали можна розмістити в такому порядку: кістки > зябра > печінка > нирки > шкіра > м'язи.

Механізм дії іонів важких металів заснований на їх здатності утворювати в живих тканинах стійкі зв'язки з сірковмісними лігандами, джерелом яких можуть бути низькомолекулярні білки і тіоли. Токсична дія важких металів проявляється в основному за механізмом конкуренції з іншими металами. Конкуренція цих металів відома: кадмій – кальцій, мідь, цинк; мідь: цинк, марганець, нікель; нікель: кальцій, магній, залізо, мідь, цинк; хром: залізо, марганець, кобальт, мідь; молібден: мідь, свинець; марганець - магній, цинк; цинк - марганець, кобальт, мідь, кадмій.

Встановлено, що в умовах забруднення водних екосистем важкими металами порушується виживаність, ріст і розвиток риб, продуктивність їх популяцій, взаємовідносини між популяціями та екологічна рівновага.

Тому подальше вивчення деталей впливу іонів важких металів на організм риб має наукове та практичне значення, оскільки риби є найбільшою групою хребетних, що займає значну частину водних екосистем. Адекватність цього дослідження визначається необхідністю корекції кругообігу важких металів у навколишньому природному середовищі та зменшення екологічного стресу на різні ланки харчового ланцюга.

Важкі метали відіграють подвійну роль у живих організмах. У малих концентраціях вони входять до складу біологічно активних речовин, які регулюють нормальний перебіг процесів життєдіяльності. Підвищення нешкідливих концентрацій важких металів через антропогенне забруднення має негативні, навіть катастрофічні, наслідки для живих організмів.

Підп. і дата
Інв. №дубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. №подл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510298

Арк

15



Результати моніторингу безпечності харчових продуктів за останні роки показали, що 0,80-3,82% досліджених проб харчових продуктів (в Україні) перевищували санітарні норми щодо свинцю; 0,60 - 4,68% - в залежності від ртуті; 1,09 - 1,75% - для кадмію. До 10% проб харчових продуктів містять солі важких металів, причому половина з них у дозах, що перевищують гранично допустимі концентрації (ГДК). Через небезпеку впливу на організм людини вміст у рослинній сировині таких металів, як свинець, кадмій, ртуть, мідь, цинк, олово та миш'як, регламентується.

Ртуть (Hg) є одним із найпоширеніших у природі мікроелементів, який легко утворює велику кількість органічних і неорганічних сполук, більшість із яких токсичні. Рідка ртуть не має істотних токсичних властивостей. У минулому його також використовували для лікування завороту кишечника. Однак пари ртуті шкідливо діють на організм і впливають на центральну нервову систему. Хронічне отруєння ртуттю може статися, коли в повітрі присутні сотні частинок ртуті. Захворювання швидко прогресує і проявляється стомлюваністю, підвищеною збудливістю, а потім погіршенням пам'яті, головними болями тощо.

Ртуть є одним з найнебезпечніших і високотоксичних елементів, які можуть накопичуватися в організмах рослин, тварин і людини.

Джерелами забруднення ртуттю сільськогосподарською продукцією є пестициди та морські та річкові продукти: стічні води целюлозно-паперової промисловості, а також хімічних підприємств.

Кадмій (Cd) є пріоритетним забруднювачем. Джерелом забруднення кадмієм є екрани, пофарбовані сполуками кадмію, і пластмаси, які використовуються в харчовій промисловості для машин і обладнання. Виявилось, що 80% цього металу потрапляє в організм людини з їжею, 20% - через легені з атмосфери і через куріння. Доросла людина на дієті отримує до 150 мг/кг кадмію на добу.

Є дані про тератогенну, мутагенну та канцерогенну дію кадмію. Цей метал здатний замінити цинк в системах, необхідних для формування кісткової тканини,

Підп. і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510298

Арк

16

що супроводжується серйозними захворюваннями. Кадмій є антагоністом кобальту і селену, пригнічує активність ферментів, що містять ці елементи. Відома також здатність кадмію порушувати обмін заліза і кальцію, викликаючи багато захворювань: гіпертонію, анемію, зниження імунітету та ін. На думку дослідників, цей мікроелемент є канцерогенним. Рак легенів, ймовірно, є результатом тривалого впливу аерозолів оксиду кадмію, які потрапляють в організм разом з тютюновим димом, оскільки від 80 до 90 відсотків жертв раку легенів є курцями. Грунтовий кадмій накопичується в тютюні в кількості до 2 мг/кг, що значно перевищує гранично допустимий його вміст в основних продуктах харчування.

Свинець (Pb) Як і кадмій і ртуть відносяться до першої небезпечної групи. Використовується у виробництві сурикатів, білил і емалей. 21 Металевий свинець використовувався для будівництва водопровідних труб ще з часів Стародавнього Риму. Особливо це стосується найдосконаліших і небезпечних токсинів. Сьогодні практично всі продукти харчування, вода та інші елементи навколишнього середовища забруднені свинцем. В результаті промислової діяльності щорічно в природні води потрапляє від 500 до 600 тис. тонн свинцю, а через атмосферу на поверхні Землі осідає до 400 тис. тонн свинцю. Більша частина свинцю в повітрі (260 000 тонн) надходить від вихлопних газів автомобілів і (до 30 000 тонн) від спалювання вугілля. Його вміст у повітрі подвоюється кожні 14 років. Його основною формою появи є дрібнодисперсні оксидні аерозолі. На дорогах вони можуть досягати 40 мкг/м. У країнах, де зведено до мінімуму використання бензину з добавками тетраетилсвинцю, вміст оксидів свинцю в повітрі на 25% нижче. Середня кількість їжі, що надходить в організм свині, становить 250-300 мкг на добу, 90 мкг надходить з повітря. Під час обробки продукту основний шлях свинцю проходить через тверді плити, в які зазвичай упаковують харчові продукти. Встановлено, що близько 20% свинцю в щоденному раціоні надходить з консервами, 13-14% - зі стравами і 6-7% - з самими продуктами.

Інв.Неподл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.Недубл.	Підп. і дата					TC 22510298	Арк	
										17	
					Вип	Арк	№ докум.	Підп.		Дат	

Свинець не діє проти життєво важливих елементів і є токсичною речовиною з кумулятивними властивостями для речовин тварин і людини. По-перше, свинець уражає кровотворну, нервову, травну та ниркову системи організму людини. Також зафіксовано його негативний вплив на статеві функції. Надмірний вміст свинцю-22 створює ризик смертності від серцево-судинних захворювань. Відомі випадки гострих побутових отруєнь: квасом, витриманим протягом 5 днів в емальованому глиняному посуді; теракотові мариновані огірки; варення, консервоване в емальованій тарі. Нестача в раціоні кальцію, заліза, пектинів і білків посилює засвоєння свинцю, а також його токсичність.

Миш'як (As) широко поширений у навколишньому середовищі. Зустрічається майже у всіх виправданнях. Світове виробництво миш'яку становить приблизно 50 000 тонн на рік. Останнім часом виробництво миш'яку зростає на 25% кожні 10 років. Завдяки широкому поширенню в навколишньому середовищі та використанню в сільському господарстві миша присутня в деяких продуктах харчування.

Також передбачається, що ці елементи будуть використовуватися у виробництві напівпровідників, скла та барвників. Загалом вміст у харчових продуктах низький: менше 0,5 мг/кг і 1 мг/кг недостатньо, за винятком деяких морських організмів. При значних виділеннях забруднювачів вміст мишей у фруктах досягає до 0,20 мг/кг, в яйцях – до 0,03 мг/кг, у м'ясі – до 0,01 мг/кг, у молочних продуктах – до 0,05 мг/кг. У морських продуктах вміст миші насправді вищий: від 1,5 до 15,3 мг/кг.

З'єднання *Mystaku* характеризуються високим ступенем накопичення. Тому вживання їх в їжу в значних кількостях може призвести до гострого або хронічного отруєння і розвитку злоякісних новоутворень. Добова доза 30 мг миш'яку смертельна для людини. Механізм токсичної дії миш'яку пов'язаний з блокадою ферментів, що контролюють тканинне дихання, поділ клітин та інші життєво важливі функції. Неорганічні сполуки миш'яку більш токсичні, ніж органічні. Після ртуті миш'як є другим за токсичністю забруднювачем їжі.

Підп. і дата
Інв. Недубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. Непопл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510298

Особливо небезпечні ртуть, кадмій, свинець і миш'як, оскільки навіть їх мікроскопічні концентрації завдають серйозної шкоди організму. При цьому особливо важливо забезпечити екологію навколишнього середовища, адже основним джерелом отруєння цими елементами є повітря, яким дихає людина.

Організму людини завдають шкоди промислові викиди підприємств, які потрапляють не тільки в повітря, але і у воду, і не дарма. Тому найбільше від наслідків зруйнованої стихії страждають жителі великих промислових центрів.

Інв.Неподл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510298

Арк

19



## 2.1 Механо-біолого-хімічного очищення стічних вод

Біологічне очищення є основою, серцевиною зовні простого до примітивності, а насправді надзвичайно складного процесу перетворення брудної, токсичної рідини — промислових чи побутових стічних вод — на чисту, екологічно безпечну, біологічно повноцінну воду. Повний набір цього традиційного, можна навіть сказати класичного, процесу включає такі три стадії: 1) первинне — механічне очищення; 2) вторинне — власне біологічне очищення; 3) третинне — фізико-хімічне доочищення стічних вод (рис. 2.1).

Під час механічного очищення стічна вода 3 проходить крізь решітки 4, де затримуються грубі механічні домішки, потім крізь пісковловлювач 5, де відокремлюється пісок, і, нарешті, потрапляє у первинні відстійники 6, де завдяки силам гравітації все, що важче за воду, осідає на дно, збирається і відкачується в метантенки 1 на зброджування або через певний проміжок часу (іноді один раз за квартал) випускається на мулові майданчики з дренажем 2, а все, що легше за воду, підіймається на поверхню води, де згрібається спеціальними пристроями в бункер і теж направляється в метантенк[14].

Біологічні процеси відбуваються у воді на всіх етапах проходження її крізь очисні споруди. Більше того, вони розпочинаються в момент утворення стічних вод, тривають під час збирання і транспортування цих вод до очисних споруд (у каналізаційних мережах).

Підп. і дата	
Інв. №дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. №подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510298

Арк

21

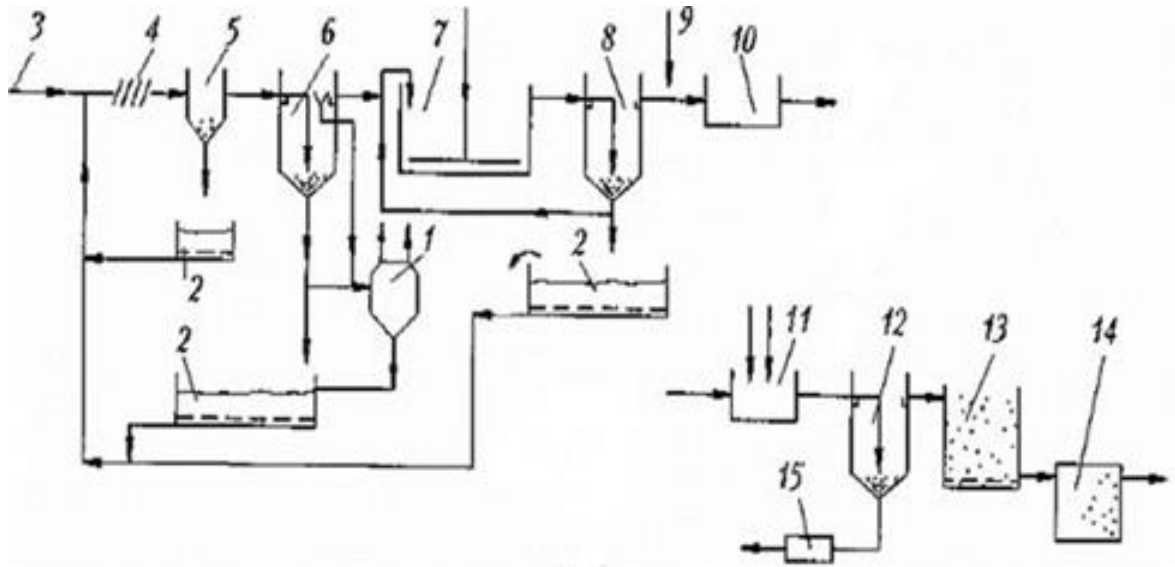


Рисунок 2.1 - Загальна схема очищення стічних вод:

1 — метантенк; 2 — мулові майданчики; 3 — стічна вода; 4 — решітки; 5 — пісковловлювач; 6 — первинний відстійник, 7 — біореактор (аеротенк); 8 — вторинний відстійник; 9 — ємність для хлорування; 10 — контактний резервуар; 11- ємність для флокуляції-коагуляції; 12 — відстійник; 13 — піщаний фільтр; 14 — фільтр з активованим вугіллям; 15 - згущувач осаду

Однак найбільш помітне біологічне очищення стічних вод відбувається саме на другій — біологічній — стадії, де вже згадувані біоплівка, активні аеробні чи гранульовані анаеробні мули, спеціально селекціоновані мікроорганізми-деструктори чи сформовані у трофічний ланцюг гідробіоценози у спеціально створених для них умовах у відповідних спорудах інтенсивно розмножуються, споживаючи з води органічні сполуки та інші речовини, які ми розглядаємо як забруднення. Біомасу гідробіонтів, що наростає під час очищення води, відділяють у так званих вторинних відстійниках 8 ( рис.2.1), звідки її подають або в метантенки 1, або на мулові майданчики 2.

Третинне очищення води полягає в основному у спробі знезаразити воду — знищити можливо наявні в ній епідемічне небезпечні організми та вібріони (збудники захворювань травного каналу — холери, дизентерії, гепатиту тощо). Для цього використовують переважно хлорування, іноді — опромінювання

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510298

ультрафіолетовим світлом, ще рідше — озонування. У разі обробки очищених стічних вод хлором 9 їх витримують протягом 20—30 хв. у контактних резервуарах 10, після чого скидають у відкриті водойми. Експериментальне доведено, що така обробка води, яка містить значні кількості (десятки міліграмів у літрі) органічних речовин (а сюди належать усі без винятку, навіть найретельніше очищені стічні води і переважна більшість поверхневих природних вод), призводить до утворення найрізноманітніших хлорорганічних речовин — від не дуже шкідливого хлороформу до надтоксичних діоксинів, серед яких трапляються дуже активні і смертельно небезпечні мутагени. Тому деякі вчені вважають хлорування стічних вод абсолютно неприпустимим, навіть злочинним актом. Для повного, надійного і безпечного доочищення води у світі розробляються різноманітні схеми, найтиповіша з яких включає процеси обробки флокулянтами і коагулянтами 11, відстоювання 12, фільтрування крізь пісок 13 і, нарешті, крізь активоване вугілля 14. Осади, що утворюються внаслідок коагулювання і відстоювання, згущують на центрифугах, фільтрпресах чи барабанних вакуум-фільтрах 15 і складують у балках, яругах чи на звалищах.

## 2.2 Очищення води за допомогою біоплівки

Біоплівка — головний дійовий гідробіоценоз таких очисних споруд, як біофільтри та обертові біоконтактори.

Типовий, "класичний" біофільтр — це кругла, багатогранна чи прямокутна в плані залізобетонна ємність 6 (рис.2.2) з несправжнім дном 7, в яку вміщено (насипано) завантаження 3. На цій поверхні розвиваються найрізноманітніші гідробіонти, що власне і становлять біоплівку. Стічна вода 4, що надходить на очищення, розбризкується тим чи іншим пристроєм 5 по всій поверхні завантаження біофільтра, стікає, омиваючи біоплівку, вниз і збирається у піддоні 9, звідки насосом 1 рециркулюється крізь біофільтр для повторного її очищення[15]. Для забезпечення біоплівки, що обростає

Підп. і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510298

Арк

23



завантаження в усьому тілі біофільтра, киснем повітря в нижній частині біофільтра передбачено вентиляційні вікна 2.

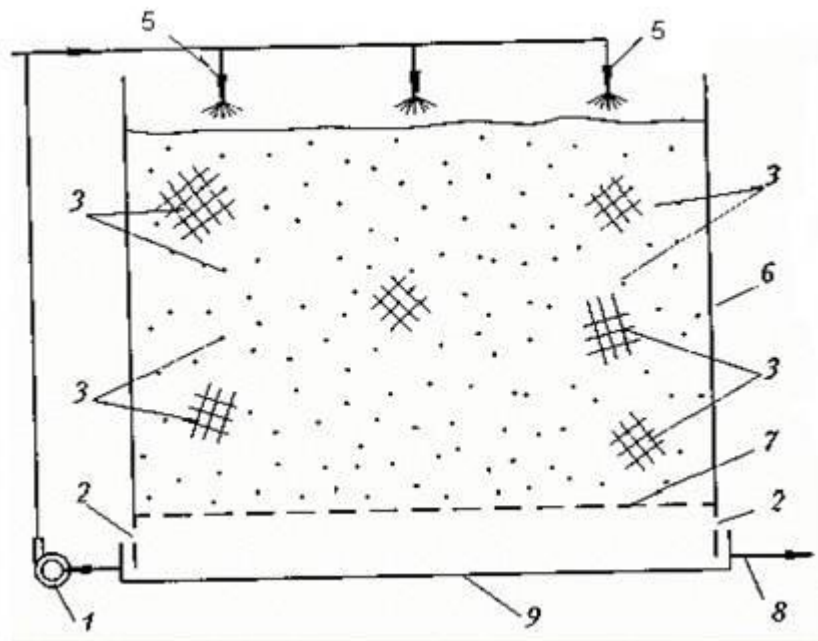


Рис. 2.2. Біофільтр:

1 — насос; 2 — вентиляційні вікна; 3 — завантаження; 4 — подача стічної води; 5 — розбризкувальні пристрої; 6 — корпус біофільтра; 7 — несправжнє дно; 8 — відведення очищеної води; 9 — піддон

Для запобігання замерзанню води в біофільтрах їх споруджують у приміщеннях або укомплектовують вентиляційними системами з калориферами. На період роботи вентиляторів і підігрівання повітря (взимку) вентиляційні вікна 2 герметизують.

Сучасні невеликі біофільтри, призначені для локального очищення стічних вод окремих будинків, вкопують у землю або обваловують, зверху герметизують кришками, в яких монтують маленькі вентилятори, що подають повітря крізь завантаження біофільтра згори вниз. Виходить повітря з біофільтра по тій самій трубці, по якій витікає очищена вода.

Підп. і дата
Інв. №дубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. №подл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510298

За типом завантаження біофільтри поділяють на дві категорії: з об'ємним і плоским завантаженням. У разі об'ємного, як правило, насипного завантаження застосовують гравій, керамзит, шлак, кільця Рашига, Полля, сідла Берля, "інталькс", пластмасові вироби різноманітних конфігурацій та розмірів. Питома поверхня об'ємного завантаження становить від 70 до 300 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>. Плоске завантаження — це переважно блокові вироби з шиферу, пластмас, тканин, ниток, волокон (виготовлених, наприклад, у вигляді "йоржів" чи "вій") тощо. Питома поверхня їх може досягати 10 000 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>.

Біофільтри не потребують особливих затрат на аерацію. Однак вважається, що біофільтр не може нормально функціонувати без рециркулювання рідини, яку очищають, бо основна маса води проходить крізь біофільтр дуже швидко, і за цей короткий проміжок часу весь бруд не встигає осісти на біоплівці, що міститься на насадці. Однак рециркулювання має свої недоліки, пов'язані не лише зі значними витратами електроенергії на перекачування води, а й зі збільшенням об'ємів відстійників, підвищенням навантаження на біофільтр за забрудненнями, схильністю до колюматції завантаження, а найголовніше — з вирівнюванням якісного складу біоценозів біоплівки по всій висоті біофільтра. Доречно зазначити, що біоплівка на зернах піску виконує чи не найважливішу роль в очищенні питної води від розчинених органічних сполук під час пропускання її крізь шар піску, особливо в так званих повільних фільтрах[14].

Своєрідним різновидом біофільтра можна вважати відносно новий тип очисних споруд, що набуває всезростаючої популярності в США, Великій Британії, Нідерландах та інших країнах, а саме — мочари.

Мочари — це інженерна споруда в землі, "лежачий біофільтр" (рис. 2.3) з гравійним завантаженням 2, розміщеним невеликою товщиною (до 1 м) на надійній гідроізоляції 1 з синтетичної плівки. Стічна вода 4 після ретельного механічного очищення розподіляється по ширині мочари перфорованою трубою 3 і дуже повільно просочується впродовж тривалого часу (1—3 доби) крізь обросле біоплівкою завантаження 2, на якій, крім того, щільно ростуть водянні

Підп. і дата
Інв. Недубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. Неподр.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510298

рослини 5 — рогіз, комиш, водяний перець, череда, айр тощо, які сприяють аерації води, що очищається, вилучають з неї біогенні елементи, зокрема фосфор, калій, азот, а також важкі метали, і завдяки своїй розгалуженій кореневій системі збільшують поверхню обростання біоплівкою.

Очищена вода збирається перфорованою трубою 6 і відводиться в найближчий потік. Така очисна споруда не потребує жодних енергетичних затрат на аерацію, переміщення води, вона проста в обслуговуванні, екологічно бездоганна і повинна зайняти гідне місце в системі очищення стічних вод в Україні.

Біоплівка є основою функціонування ще одного типу очисних споруд, об'єднаних загальною назвою обертові біоконтактори. Це напівзанурені у стічну воду металеві або пластмасові диски, барабани з різноманітних синтетичних матеріалів у вигляді склеєних між собою під різними кутами листів шиферу, волоконних йоржів, "вій", що інтенсивно обростають біоплівкою. Ці диски чи барабани прикріплені до вала, що повільно (1—4 оберти за хвилину) обертається, і біоплівка, яка наростає на розвиненій поверхні біоконтакторів, постійно то занурюється у стічну воду, перемішуючи її та сорбуючи й адгезуючи з неї розчинені та завислі органічні речовини, то підіймається у повітря, де добре аерується й окислює (розкладає, мінералізує) зазначені забруднення. Частина біомаси зривається водою, суспендується в ній і теж бере участь в її очищенні. Надлишкова біомаса виноситься з очищеною водою у вторинний відстійник, де й осідає[15].

Біоконтактори використовують, як правило, на біологічних очисних спорудах невеликої потужності, їх розміщують в обвалованих ґрунтом приміщеннях.

Біоплівка має низку незаперечних достоїнств. Вона дуже стійка проти будь-яких змін у складі та кількості стічної води, не боїться залпових скидів, витримує короткочасну негативну дію токсичних речовин, швидко відновлює свої очисні функції після зняття збурювальних чинників.

Підп. і дата
Інв. №дубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. №подл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510298

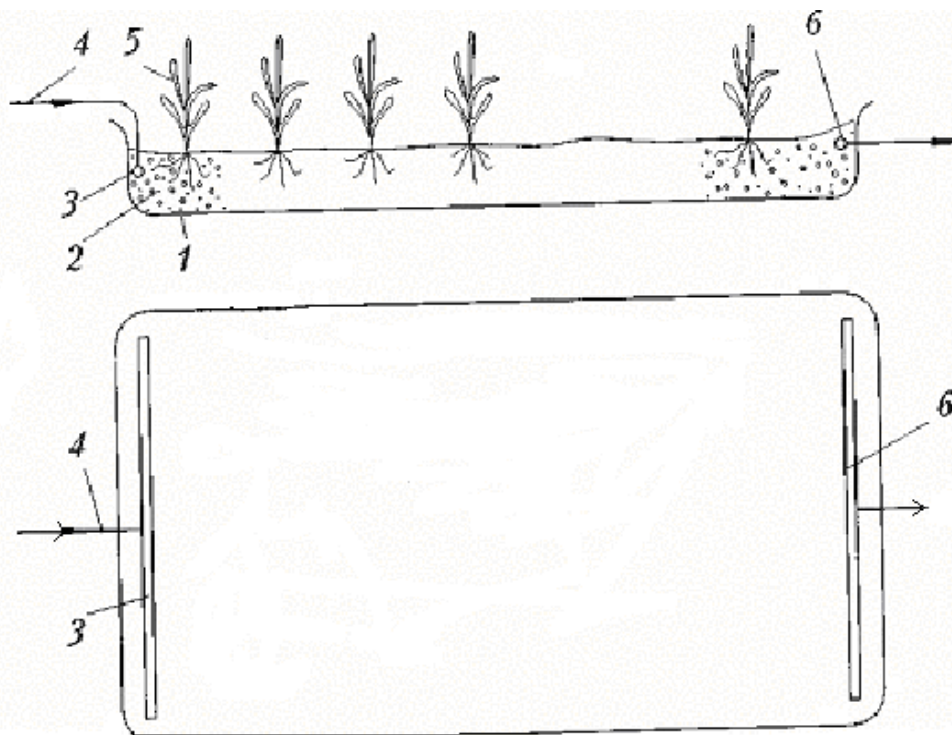


Рис.2.3 Схема мочар:

1 — гідроізоляція; 2 — гравійне завантаження; 3 — розподільна труба; 4 — стічна вода; 5 — водяні рослини; 6 — труба збору очищеної води

### 2.3 Активний мул в очищенні стічних вод

Активний мул використовують в аеротенках. "Класичний" аеротенк 4 (рис. 2.4) — це залізобетонний канал завглибшки 4—5 м, завширшки 3—11 м (залежно від потужності), завдовжки 50—150 м (залежно від ступеня забрудненості стічних вод). Стічну воду 2 подають з одного або декількох місць, вона контактує з регенованим активним мулом, переміщується й аерується повітрям 3, що подається в розміщений на дні аеротенка пристрій 5 для розпилення повітря. Після біологічного очищення, яке триває 4—48 год., вода перетікає у відстійник 10, в якому активний мул 9 осідає, й основну його кількість — так званий "зворотний мул" — за допомогою ерліфта чи насоса 6 подають "в голову" аеротенка, в ту його частину, що зветься "регенератором" 1, де за інтенсивної аерації відбувається, як вважають деякі дослідники, відновлення якості активного

Підп. і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510298

мулу: він перетравлює сорбовані раніше зі стічних вод органічні сполуки, особливо ті, що розкладаються повільно, "голодніє" і готується до інтенсивного очищення нової порції свіжої стічної води 2.

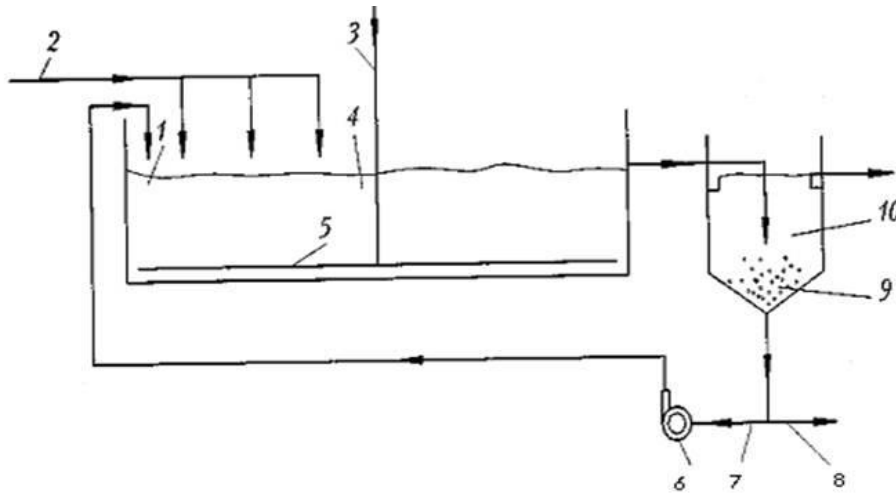


Рис.2.4. Схема класичного аеротенку:

1 — регенератор; 2 — стічна вода; 3 — повітря; 4 — аеротенк; 5 — пристрій для розпилювання повітря; 6 — насос; 7 — зворотний мул, 8 — надлишковий мул; 9 — осад активного мулу; 10 — відстійник

Надлишок активного мулу, що так і зветься "надлишковим мулом" 8, подають на стабілізацію, ущільнення, зневоднення, складування, а в міру можливості й на подальше використання, наприклад, для одержання біогазу, добрив тощо.

Взагалі осади, що утворюються під час очищення стічних вод, у тому числі й надлишковий активний мул, є дуже непростю проблемою, над розв'язанням якої працює вже не одне покоління науковців в усьому світі[16].

Створено багато найрізноманітніших конструктивних модифікацій аеротенків. Класифікують аеротенки за численними ознаками:

**конструктивними:** прямокутні, круглі, овальні, комбіновані, баштові, шахтні, фільтротенки, флототенки та ін.;

Підп. і дата
Інв. Неодубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. Неподрл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510298

**структурою потоку:** витискувачі, змішувачі, комірчаного, проміжного типу із розосередженим випусканням рідини, яку очищають, з нерівномірно розподіленим подаванням стоку;

**способом відокремлення активного мулу та його регенерації:** аеротенки з відстійниками та регенераторами, розміщеними окремо, сумісні з " відстійниками та регенераторами;

**навантаженням на мул:** з великим, звичайним і низьким навантаженням;

**кількістю ступенів:** одно-, дво- та багатоступінчасті;

**типом системи аерації:** з пневматичною, механічною, поверхневою, заглибною, пневмомеханічною, комбінованою, гідродинамічною системами;

**типом аерації:** звичайні аеротенки (з аерацією повітрям) та окситенки (з аерацією киснем або повітрям, збагаченим киснем) [16].

Аеротенки мають незаперечні позитивні якості, що особливо виявляються під час очищення побутових стічних вод: це і їхня конструктивна простота, надійність у роботі (коли очищаються стабільні, нетоксичні і помірно концентровані за забрудненням стічні води), відносна дешевизна обробки води тощо. Однак така велика різноманітність аеротенків викликає сумнів щодо високої досконалості цих споруд. Труднощі, з якими стикаються виробничники під час експлуатації аеротенків для очищення промислових стічних вод у разі потрапляння в стічні води токсичних речовин (ксенобіотиків, іонів важких металів), залпових скидань тощо, які часто супроводжують очищення стічних вод, стимулюють пошуки нових рішень. Очевидно, що ці пошуки слід проводити не тільки в інженерному, а й у біологічному напрямі.

Найбільша технологічна цінність активного мулу полягає в його здатності утворювати великі і досить важкі конгломерати — флокули, які відносно легко і швидко (протягом 1,5—2 год.) осідають у звичайних гравітаційних відстійниках, відокремлюються від очищеної ними води. Вода стає прозорою і чистою.

Частину активного мулу можна спрямовувати на початок аеротенка і тим самим забезпечувати потрібну концентрацію (засів, "закваску") активного мулу в

Підп. і дата
Інв. №дубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. №подл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510298

Арк

29

стічній воді, що надходить на очищення. Однак технологічно привабливе рішення із зворотним активним мулом не витримує критики з біологічного погляду. Адже в цьому разі біоценоз аеробних гідробіонтів, які живуть у відносно чистій воді в кінці аеротенка, після не менш ніж півторагодинного витримування в безаераційних умовах вторинного відстійника переміщують у забруднену стічну воду на початок цього аеротенка. І цей біоценоз потрапляє у шкідливу або й токсичну для переважної більшості гідробіонтів активного мулу рідину, що аж ніяк не сприяє нормальній їхній життєдіяльності, а отже, й очищенню води. Тому виникає парадокс: що краще, до більш високих кондицій очистять гідробіонти активного мулу стічну воду, то в гіршу ситуацію вони потраплять, коли їх перенесуть з цієї чистої води у початкову стічну воду. Багато гідробіонтів загине, а інші довго адаптуватимуться до цих складних і несприятливих умов існування. Тому в аеротенку відбувається своєрідне саморегулювання поганого очищення[17].

У стічні води часто потрапляють токсичні синтетичні речовини — ксенобіотики, яких раніше просто не було в природі, синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР), штучні барвники, йони важких металів, зокрема хромати, різноманітні органічні розчинники, а також нафтопродукти, стічні води з підвищеним вмістом солей тощо. Залпове скидання таких речовин призводить до розпадання флокул активного мулу, його спучування і відповідно масового винесення з вторинних відстійників іноді з такою інтенсивністю і в такій кількості, що щезає можливість забезпечення споруди зворотним мулом. Аеротенк перестає функціонувати як біологічна очисна споруда і перетворюється на звичайний транзитний канал стічних вод. Для відновлення роботи аеротенка після такої аварії необхідно завозити з інших очисних споруд значну кількість активного мулу як посівного матеріалу, поступово нарощувати біомасу активного мулу, адаптувати його до даних стічних вод, що іноді вимагає 2—3 місяці часу[18].

Підп. і дата
Інв. Недубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. Непопл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510298





високомолекулярні сполуки (білки, ліпіди, поліцукриди, нуклеїнові кислоти тощо), з яких складається їхнє тіло, до простих речовин (амінокислот, вуглеводів, низькомолекулярних кислот та ін ), які можуть засвоювати анаеробні бактерії.

Вочевидь, застосування аеробних гідробіоценозів — біоплівки та активного мулу — вже на самому початку процесу очищення води і розв'язання створюваної проблеми надлишкової біомаси — не найкращий шлях в охороні водного басейну від антропогенного хімічного та біологічного забруднення. Тому під час очищення деяких висококонцентрованих (понад 1000 мг O<sub>2</sub>/л за БСК) стічних вод, зокрема харчової промисловості (спиртових, крохмале-патокових та інших заводів), свиноферм, птахофабрик, почали використовувати анаеробні мікроорганізми. При цьому різко зменшились експлуатаційні затрати на процес очищення стічних вод, з'явилась можливість одержання горючого біогазу, кормових концентратів, що містять вітамін B<sub>12</sub>, органо-мінеральних добрив. Однак великого поширення анаеробні процеси не знайшли через багато об'єктивних і суб'єктивних причин. Основні з них полягають у виділенні під час очищення стічних вод вибухонебезпечних і отруйних газів (метану, гідрогенсульфуру), у потребі висококваліфікованого обслуговування анаеробного процесу, певної його нестійкості до залпових скидань токсичних речовин, значної тривалості перебування стічних вод в очисній споруді.

Ситуація дещо поліпшилась із застосуванням іммобілізованих, закріплених на різних субстратах (носіях) анаеробних мікроорганізмів, а також з усвідомленням того факту, що деякі промислові стічні води, зокрема хімічних, фармацевтичних, газопереробних підприємств, не можуть бути очищені за аеробних умов і на початкових стадіях процесу очищення потребують участі анаеробних мікроорганізмів[17].

У 70-х роках ХХ ст. голландський вчений Леттінга помітив, що за певних умов анаеробні мікроорганізми формують гранули, які не виносяться потоком рідини з біореактора, а досить швидко осідають на дно. Під такий анаеробний гранульований мул Леттінга розробив спеціальний очисний апарат — з висхідним

Підп. і дата
Інв. Недубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. Непопл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510298

потокотм стічної води. Цей висхідний потік підтримує шар гранульованого мулу у завислому стані, проходить крізь нього, забезпечуючи відмінний масообмін між забрудненнями стічних вод та мікроорганізмами, які їх споживають. Внаслідок глибокого анаеробіозу утворюється біогаз, що на 65—70 % складається з метану і може бути використаний як енергоносіє.

Анаеробні процеси зброджування проводять у мезофільному (30—35°C) або термофільному (50—55°C) режимі,

Горючі гази, що утворюються (метан, водень), використовують як енергоносії. Процеси розкладання мулу в метантенках тривають 10—30 діб і потребують ретельного інженерного забезпечення.

Внаслідок зброджування надлишкового активного мулу гідробіонти упродовж тривалого часу автолізується, гідролізують усі складні високомолекулярні сполуки (білки, ліпіди, поліцукриди, нуклеїнові кислоти тощо), з яких складається їхнє тіло, до простих речовин (амінокислот, вуглеводів, низькомолекулярних кислот та ін), які можуть засвоювати анаеробні бактерії

Недоліком анаеробного мулу є його певна вразливість токсичними речовинами, що можуть потрапити у стічну воду. Для формування і нарощування біомаси анаеробного мулу потрібно в декілька разів більше часу, ніж для аеробного: залежно від типу стічних вод ця процедура триває рік і більше. Тому в разі запускання в дію нових або реконструйованих очисних споруд анаеробний гранульований мул завозять з аналогічних очисних споруд, благо, що на відміну від аеробного активного мулу він стійкіший до тривалого зберігання, не потребує аерації під час транспортування, охолодження чи будь-яких інших технічних операцій для підтримування свого активного стану.

На жаль, анаеробний мул не може очистити воду до кондицій, достатніх для скидання її у природні водні об'єкти, тому після анаеробної обробки стічну воду потрібно доочищати біологічно за аеробних умов або фізико-хімічними методами, наприклад, за допомогою мембранної технології[19].

Підп. і дата
Інв. Неодубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. Неподрл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510298

Арк

33

## 2.5 Окремі культури мікроорганізмів в очищенні води

Ситуація з очищенням стічних вод - як промислових, так і побутових (міських) за допомогою активного мулу постійно погіршувалась у зв'язку з тим, що в ці води надходило все більше і більше синтетичних речовин, зокрема синтетичних поверхнево активних речовин, розчинників, барвників, пестицидів та інших сполук, які дістали назву "ксенобіотики", що в перекладі з грецької означає "чужі життю". Шкідливо впливають на гідробіонтів активного мулу також йони важких металів, що їх щедро спускають у каналізацію машинобудівні заводи, підприємства електронної, поліграфічної та інших галузей промисловості. Почастішали випадки спучення та винесення з аеротенків активного мулу, погіршилась якість біологічно очищеної води, в той час як згідно з вимогами "Санітарних норм і правил" напроти багатьох з цих речовин (хлорорганічних, нітросполук тощо) зазначено: БСК=0. Вважається, що не тільки активний мул, а й взагалі будь-які організми не здатні деструктувати (мінералізувати) цілу низку синтетичних органічних сполук. Яскравим прикладом і доведенням цього твердження стала доля в біосфері пестициду ДДТ (4,4'-дихлордифенілтрихлорметилметану), який не розкладається в природі, розноситься по світу, нагромаджується в жирових тканинах усіх тварин аж до пінгвінів Антарктиди, тому його застосування на основі вищесказаного в цивілізованих країнах було заборонено[18].

В американських наукових журналах друкувалися цілі списки хімічних речовин, що не розкладаються біологічно, куди потрапили практично всі хлорорганічні речовини, багато нітросполук, гетероциклічних синтетичних речовин тощо. Ці списки стали великим стимулом для вчених, особливо мікробіологів, які шукали і знаходили мікроорганізми, здатні за відповідних умов не тільки деструктувати — згадані вище речовини, а й використовували їх як єдине джерело вуглецю та енергії. Виявлено мікроорганізми, що розкладають ДДТ, інші хлорорганічні пестициди і навіть діоксин.

Підп. і дата	
Інв. №дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. №подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510298

Арк

34

Стало цілком очевидним, що за допомогою спеціально підібраних селекціонованих мікроорганізмів можна очищати будь-яку стічну воду, забруднену розчиненими в ній навіть синтетичними сполуками, а не тільки фенолами, що дуже часто трапляються в природі.

Однак промислове застосування окремі види бактерій знайшли в очищенні стічних і природних вод від неорганічних речовин, а саме від амонійного азоту, нітратів, іонів важких металів.

Для очищення води від іонів амонію їх спочатку переводять у нітрати біологічним методом. Цей процес називають нітрифікацією. Відбувається він у дві фази за участю двох груп бактерій: одна з них окислює амоній до нітритної кислоти, а друга — нітритну кислоту окислює до нітратної. Нітрифікатори — аероби, автотрофи, які для росту і розмноження потребують кисню (аерації) і не потребують органічного джерела вуглецю, а використовують оксид карбону (IV).

У процесі нітрифікації можуть брати участь і деякі гетеротрофні мікроорганізми та деякі гриби.

Утворені нітрати, в свою чергу, внаслідок прямої біологічної денітрифікації відновлюються або до аміаку, який є джерелом азоту для побудови складних клітинних речовин під час нарощування біомаси, або до молекулярного азоту, що виділяється з води у повітря. Перший процес називають асиміляторною денітрифікацією, його перебіг забезпечують специфічні факультативно-анаеробні бактерії. Денітрифікуючі бактерії використовують нітрати як акцептори електронів під час окислення органічних речовин за відсутності кисню. У разі такого анаеробного дихання органічні забруднення води повністю окислюються до  $CO_2$  і  $H_2O$ . Цей процес варто використовувати на практиці як на початкових стадіях очищення води, так і для її глибокого біологічного доочищення[20].

Під час очищення гальванічних та інших промислових стічних вод від іонів важких металів все ширше застосовується бактеріальна сульфатредукція. За анаеробних умов деякі бактерії використовують сульфати як окисники органічних сполук, що теж забруднюють воду. Внаслідок перебігу цього

Підп. і дата
Інв. №дубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. №подл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510298

біологічного процесу утворюється гідрогенсульфур, який вступає в хімічну реакцію з йонами важких металів, перетворюючи їх на практично не розчинні у воді сульфіди. Останні відокремлюють звичайним відстоюванням води.

Дуже перспективним виявився відкритий нещодавно процес біологічного відновлення шестивалентного хрому до тривалентного за безкисневих, анаеробних умов. У цьому разі хромати перетворюються на гідроксид хрому (III) ( $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ) — практично не розчинний у воді продукт, який легко відокремлюється від води у відстійниках. Відновлювати шестивалентний хром можуть різноманітні бактерії, здатні інтенсивно знижувати окисно-відновний потенціал (ОВП) стічної води.

Процеси біологічного (бактеріального) очищення води від фізіологічне та екологічно небезпечних іонів амонію, нітратів, іонів важких металів, у тому числі й шестивалентного хрому, непорівнювано простіші, дешевші, екологічніші за аналогічні фізико-хімічні процеси. Мікробні сульфат- і хроматредукція не потребують жодних реагентів, відбуваються без енергетичних експлуатаційних затрат, внаслідок їхнього перебігу утворюються компактні осади не розчинних у воді сполук важких металів, а тому мають велику перспективу.

Щоправда, використання окремих штамів бактерій для очищення води вимагає певних зусиль та дій для забезпечення утримування їх в очисних спорудах, недопущення вимивання очищуваною стічною водою. Для цього треба або змусити їх сполучатися в конгломерати, аналогічні "пластівцям" аеробного активного мулу чи гранулам анаеробного мулу (це поки що не вдається здійснити), або іммобілізувати ці бактерії на якихось не розчинних у воді субстратах (насадках). Найприйнятнішим типом іммобілізації мікроорганізмів з-поміж чотирьох відомих нині (адгезія, хімічне зв'язування, механічне утримування в полімерах, зокрема в гелях, електроутримування) виявилась звичайна природна властивість мікроорганізмів "приклеюватись" до твердої поверхні різних субстратів після адгезії. Запропоновано дуже багато різноманітних насадок, які можна розділити на дві категорії:

Підп. і дата
Інв. Недубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. Непопл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510298



## РОЗДІЛ 3 БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД З ВИКОРИСТАННЯМ АНАЕРОБНОГО ТА АЕРОБНОГО ПРОЦЕСІВ

### 3.1 Біохімічні процеси при анаеробній очистці стічних вод

Основну роль в очищенні стічних вод відіграють процеси перетворення речовини, які відбуваються усередині клітин мікроорганізмів. Ці процеси закінчуються окиснюванням речовини з виділенням енергії і синтезом нових речовин з витратою цієї енергії.

Без участі молекулярного кисню органічні сполуки здатні окиснюватися тільки в тому випадку, коли є який-небудь інший акцептор водню. Такими акцепторами можуть служити як мінеральні, так і органічні сполуки, які при цьому відновлюються. Анаеробне окиснення має місце в процесах бродіння і анаеробного дихання. В анаеробних умовах окиснюються вуглеводи, в тому числі полісахариди, органічні кислоти, жири, білки, амінокислоти та інші сполуки. Вуглеводні не піддаються анаеробному розпаду [12].

Анаеробні біоценози, що представлені гранулами мулу, розвиваються в екосистемах з домінуванням аноксигенних і анаеробних умов, в яких протікають процеси бродіння, аноксигенне окиснення (анаеробне дихання) і метаноутворення. Такі умови спостерігаються в анаеробних біореакторах при очищенні стічних вод і зброджуванні органічних відходів, в центральних зонах гранул і вторинних відстійниках при аеробному очищенні стічних вод.

Аноксигенне окиснення органічних субстратів включає процеси денітрифікації і сульфатредукції, що протікають при наявності іонів  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  і, як правило, при відсутності кисню. Ці процеси використовуються для видалення сполук азоту і сірки зі стічних вод [11].

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510298

Арк

38

Основний процес, який відбувається в анаеробних умовах і використовується для розкладання і видалення органічних забруднень і відходів, – метаногенез.

Аноксигенному окисненню і анаеробному зброджуванню піддаються органічні субстрати і ксенобіотики: природні полімери (целюлоза і білки), вуглеводи і жири, органічні спирти, кислоти і основи, вуглеводні, хлорвмісні сполуки та ін.

При використанні вільного кисню для окиснення органічних субстратів виділяється більше енергії, ніж при використанні в якості акцептора електронів нітратів і сульфатів. Найменша кількість енергії виділяється при метаноутворенні, де окиснювачем є  $\text{CO}_2$ . Відповідно до виділеної енергії при окисненні органічних сполук акцептори електронів використовуються в такій послідовності:  $\text{O}_2$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_2$ .

Важливий фактор, керуючий анаеробними процесами – окисно-відновний потенціал середовища. Облігатні анаероби можуть здійснювати обмін речовин при Eh не вище (+110)-(+170) мВ ( $r\text{H}_2$  не більше 3-5).

При використанні мікроорганізмами акцепторів електронів Eh знижується, створюються умови спочатку для розвитку аеробів, а в міру зниження Eh – денітрифікаторів, сульфатредукторів і метаногенів.

У процесі метаногенерації відбувається розкладання органічних субстратів і забруднень, знезараження і детоксикація стоків.

Метаногенерація – складний, багатоступінчастий процес, в якому вихідні органічні речовини послідовно перетворюються в більш прості з переходом значної частини вуглецю в метан, вуглекислий газ та в мулову рідину [11].

Метанове розкладання включає чотири стадії (рис. 3.1): гідроліз, кислотну (ацидогенну), ацетогенну і четверту, метаногенну, стадію (стадію газоутворення); здатне протікати при знижених (10-20°C, психрофільний режим), помірних (30-37°C, мезофільний режим) і підвищених (50-55°C термофільний режим)

Підп. і дата	
Інв. №дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. №подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510298

Арк

39



температурах. Частина субстрату може зазнавати гідролітичні розщеплення при одночасному метаноутворенні з продуктів розкладання (рис. 3.1).

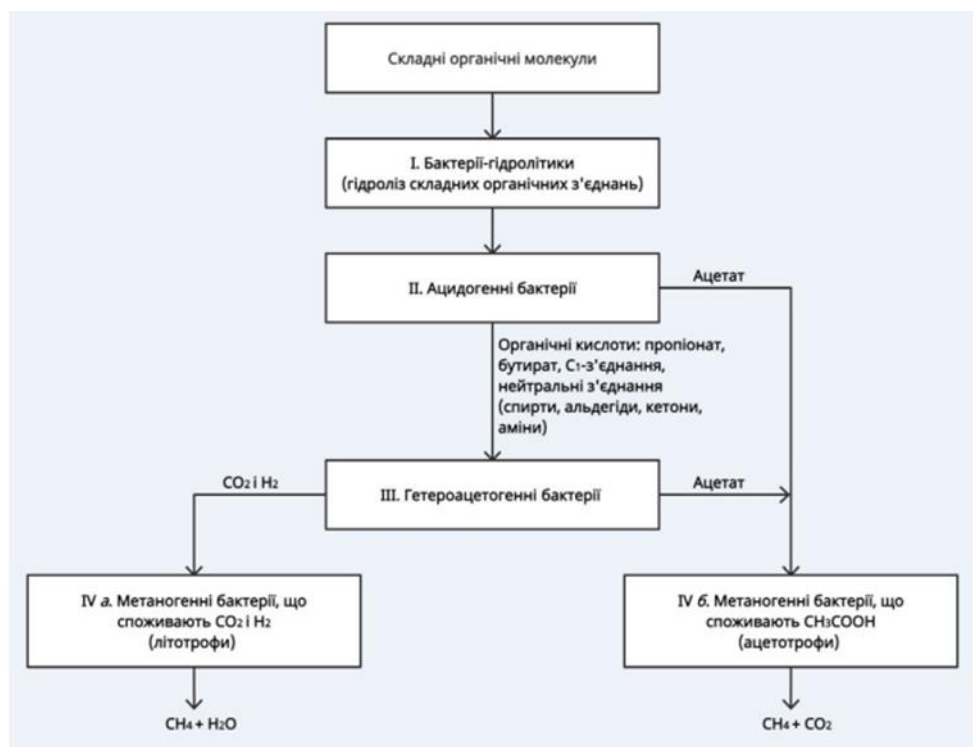


Рисунок 3.1 – Стадії анаеробного розкладання з утворенням метану

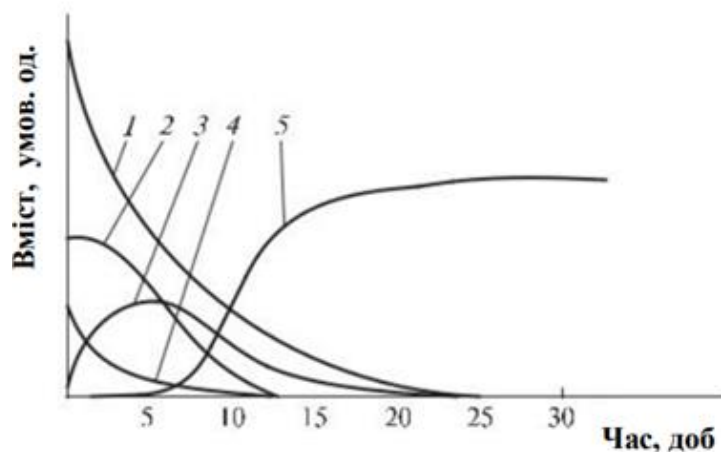


Рисунок 3.2 – Перебіг процесу розкладання органічних речовин в анаеробних спорудах [11]: 1 – органічні речовини; 2 – ліпіди; 3 – леткі кислоти, 4 – білки, 5 – метан

Підп. і дата
Інв. №дубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. №подл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510298

Біомаса мікроорганізмів при метаногенному розкладанні складається з 45-50% вуглецю, 30-40% кисню, 7-8% водню, 10-12% азоту, 1,5-2% фосфору і 0,8-1,2% сірки. Крім того, в біомасі містяться калій, натрій, кальцій, магній і ряд мікроелементів, найбільш важливі з яких кобальт, молібден і нікель. В середньому, щоб забезпечити формування клітинної маси з емпіричною формулою  $C_5H_9O_3N$ , оптимальне співвідношення ХСК:N:P в середовищі повинно бути близько до 700:5:1 (при розкладанні забруднень в аеробних умовах оптимальне співвідношення ХСК:N:P становить 100:2-6:0,6-1,2) [12].

Об'ємна частка  $CH_4$  в біогазі коливається від 50 до 75%, його теплотворна здатність від 20,9 до 33,4 МДж/м<sup>3</sup>.

У порівнянні з окисненням глюкози до  $CO_2$  і  $H_2O$ , при розкладанні глюкози до метану в ньому зберігається до 83% енергії.

При синтезі  $CH_4$  вихід енергії не перевищує 2 моль АТФ на 1 моль  $CH_4$ , тому для росту метаноутворюючих бактерій має утворитися значна кількість  $CH_4$ , при цьому 5-10% від вихідного вуглецю переходить в клітинний матеріал, а решта 90-95% – в метан. Внаслідок низького енергетичного виходу (у вигляді АТФ) при анаеробному бродінні активного мулу утворюється в кілька разів менше (0,05-0,1 кг/кг ХСК), ніж при аеробному, що полегшує вирішення проблеми захоронення його надлишку [11].

Великим стимулом до розвитку багатьох із сучасних методів анаеробної очистки послужило виявлення здатності мікроорганізмів, що відносяться до метаногенів, утворювати агрегати – гранули, при зростанні в анаеробному реакторі в умовах висхідного потоку.

Щільні, стабільні гранули формуються на субстратах, що містять розчинні білки і іони  $Ca^{2+}$ . Карбонат кальцію може утворювати пористий скелет, що забезпечує відповідні для метаногенеза умови. На поверхні гранул знаходяться пори різної величини для транспорту субстрату і виходу біогазу. Концентрація мікроорганізмів у гранулах варіює в межах  $(1-4) \cdot 10^{12}$  клітин на 1 г сухої речовини гранул, в тому числі метаногенів – до 1010 кл./г.

Підп. і дата	
Інв. №дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. №подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510298

Арк

41

У таких гранулах зовні розвиваються сульфатредуктори, а всередині – метаногени. У проміжному шарі розвиваються ацидогенні і гетероацетогенні бактерії, які зброджують субстрати до низькомолекулярних органічних кислот і забезпечують сульфатредукторів і метаногенів воднем і ацетатом. Гранули такого мулу стабільні, в них створюються оптимальні умови для всіх його біооб'єктів з єдиним метаболітичним ланцюгом, в якому продукти життєдіяльності мікроорганізмів зовнішніх шарів служать енергетичним субстратом для мікроорганізмів центральних зон. Ацетотрофні метаногени, що знаходяться в центральній зоні і розщеплюють ацетат на  $\text{CH}_4$  і  $\text{CO}_2$ , функціонують як метановий двигун, який при продавлюванні метану через пори гранул назустріч потоку метаболітів з зовнішніх шарів, здійснює метаболізм популяції анаеробного мікробіотопу [11].

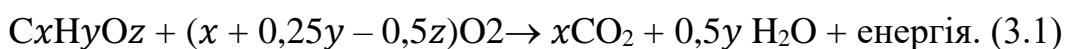
### 3.2 Біохімічні процеси при аеробній очистці стічних вод

Особливість дихання в порівнянні з бродінням полягає в тому, що в процес дегідрування включаються аеробні дегідрогенази, здатні передавати водень кисню повітря. Розщеплення органічних сполук в процесі дихання закінчується повною мінералізацією з утворенням вуглекислоти та води [13].

При аеробному очищенні стічних вод протікають два основні біохімічні процеси: окиснення органічного вуглецю і нітрифікація.

Окиснення органічних забруднень мікроорганізмами можна уявити як сукупність реакцій енергетичного і конструктивного обміну зі споживанням органічної речовини, наприклад, з формулою складу  $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$  і утворенням біомаси умовного складу (в мольних співвідношеннях)  $\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2\text{N}$  (близького до хімічного складу активного мулу більшості очисних споруд) [11].

Енергетичний обмін (повна мінералізація органічної речовини):



Конструктивний обмін (синтез клітинної речовини) при використанні нітратів в якості джерела азоту для мікроорганізмів:

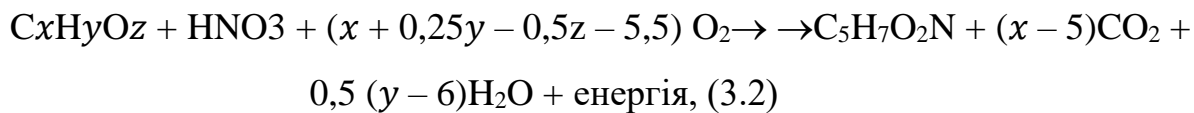
Підп. і дата	
Інв. №дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. №подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

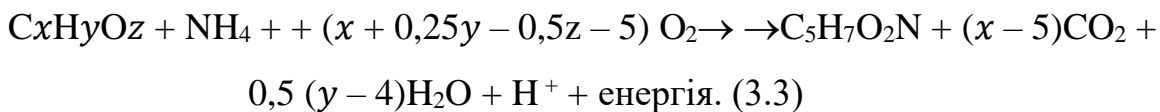
ТС 22510298

Арк

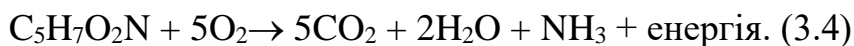
42



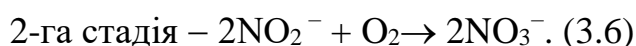
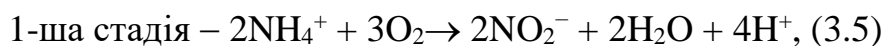
при використанні амонійного азоту мікроорганізмами:



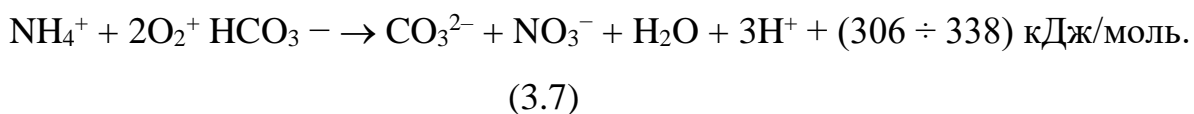
Утворений мул може в подальшому мінералізуватися:



У цьому випадку на 1 мг активного мулу споживається 1,42 мг  $O_2$  (величина ХСК 1 мг активного мулу). На стадії окиснення органічних сполук утворюється  $NH_4^+$ , який може залучатися до процесів нітрифікації. Нітрифікація протікає в 2 стадії:



Загальна енергетична реакція нітрифікації:



Синтез клітинної речовини при нітрифікації (конструктивний обмін) можна представити таким чином:



Нітрифікація супроводжується утворенням іонів водню. Ступінь зниження рН залежить від лужності середовища, що обумовлює виділення або зв'язування  $CO_2$ , буферної ємності середовища та кількості окисненого амонійного азоту [11].

Нітрифікація починається після використання гетеротрофними мікроорганізмами органічної речовини і зростання концентрації розчиненого кисню в середовищі, тому поява нітратів в середовищі свідчить про глибоку біологічну очистку та є показником санітарної оцінки процесу очищення. Швидкість нітрифікації може бути збільшена при проведенні стадій окиснення вуглецю і нітрифікації окремо.

Підп. і дата	
Інв. Недубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. Неподр.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510298

Арк

43



## РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 4.1 Аналіз шкідливих та небезпечних факторів в гальванічному виробництві

Майже всі технологічні процеси металевих покриттів виділяють в повітря шкідливі хімічні речовини. Агрегатний стан шкідливих викидів (у вигляді газів, парів, пилу) та їх кількісні характеристики залежать від умов технології, в окремих випадках від дотримання режиму роботи.

Наприклад, у гальванічних процесах невикордане збільшення густини струму, концентрації розчину, підвищення температури електроліту призводять до швидкого виділення водню і кисню з видаленням туману електроліту і продуктів розпаду в повітря.

При високих температурах в розчині для травлення та галькування він швидко випаровується, забруднюючи повітря. Найбільшу небезпеку представляє виділення в повітря ціанідних сполук (пари ціаністого водню, розчин  $K_2Sn$ ,  $NaCN$ ) під час сріблення ціанідом, міднення, цинкування, кадміювання в лужних ціанідних ваннах[22]. Виділення ціанідів у повітря викликане можливими змінами рН електроліту від сильнолужного до кислого. У звичайних умовах теоретично кисле середовище спричиняє три впливу на розчин  $CO_2$  у повітрі, а також можливу дисоціацію води під впливом електричного струму на іони  $H^+$  і  $OH^-$ .

Однак на практиці ці умови не призводять до величезних викидів ціаністого водню, оскільки середовище залишається лужним. Однак у надзвичайних ситуаціях (попадання кислот у ванни з ціанідом, поєднання потоків повітря або стічна вода з ванн із ціанідом та кислотним травленням) може виділяти ціаністий водень у небезпечних концентраціях[22].

Оксиди азоту та хлористий водень, що виділяються під час бродіння сірчаного ангідриду (з використанням сірчаної, азотної та соляної кислот

Підп. і дата	
Інв. №дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. №подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510298

Арк

45

відповідно), зараз рідко виявляються в повітрі виробничих приміщень завдяки застосуванню ефективних технологічних та санітарних заходів.

Однак у деяких надзвичайних ситуаціях вони можуть витікати в повітря на робочому місці. Крім забруднення повітря хімічно шкідливими речовинами, негативно впливає на шкіру та слизові оболонки електролітами (гальванічними), знежирювальними та травильними розчинами, лугами та кислотами при окисленні тощо.

До 10% діючих гальванічних та інших цехів з металевими покриттями займаються дозуванням, приготуванням і змішуванням порошкоподібних компонентів, розчинів, електролітів. Ці працівники іноді піддаються впливу сухого порошку або концентрованих (до розчинення або розведення) токсичних речовин, таких як ціанідні солі, хром, кислоти[21]).

Повітря в цехах для нанесення покриття може бути забрудненим речовинами, які замінюють відомі токсичні речовини (наприклад, етилендіамін і поліетиленполіамін замість ціанідних солей при ціанідній міді) або відіграють допоміжну роль у процесах нанесення покриття (аміак при використанні сірчаної кислоти, сірчана кислота) [22].

Пари розплавлених металів у ряді перерахованих вище процесів (свинець, цинк) можуть викликати ряд специфічних патологічних змін.

До професійного отруєння при постійному вдиханні можуть призвести і органічні розчинники, хлоровані вуглеводні, що входять до складу знежирюючих розчинів.

Особливе значення в практиці гальванопластики має вплив на працюючих хромового ангідриду, що може проявлятися змінами слизової оболонки носа. Симптоми змінюються залежно від концентрації хромового ангідриду в повітрі: при низьких концентраціях, у 2 – 3 рази вищих за ГДК, спостерігалися нежить, подразнення слизової оболонки носа, незначна носова кровотеча. При більш високих концентраціях відбувався некроз слизових оболонок, виразки аж до розриву носової перегородки[21].

Підп. і дата	
Інв. Недубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. Непопл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510298





- забезпечувати дотримання протипожежних вимог, стандартів, норм, правил, а також виконання вимог приписів і постанов органів державного пожежного нагляду;
- організувати навчання працівників правилам пожежної безпеки та пропаганду заходів щодо їх забезпечення;
- у разі відсутності в нормативних актах вимог, необхідних для забезпечення пожежної безпеки, вживати відповідних заходів, погоджуючи їх з органами державного пожежного нагляду;
- утримувати у справному стані засоби протипожежного захисту і зв'язку, пожежну техніку, обладнання та інвентар, не допускати їх використання не за призначенням;
- створювати у разі потреби згідно із встановленим порядком підрозділи пожежної охорони та необхідну для їх функціонування матеріально-технічну базу;
- подавати на вимогу державної пожежної охорони відомості та документи про стан пожежної безпеки об'єктів і продукції, що ними виробляється;
- здійснювати заходи щодо впровадження автоматичних засобів виявлення і гасіння пожеж та використання для цієї мети виробничої автоматики;
- своєчасно інформувати пожежну охорону про несправності пожежної техніки, систем протипожежного захисту та водопостачання, а також про закриття доріг і проїздів на своїй території;
  - проводити службове розслідування випадків пожеж. У разі виявлення пожежі (ознак горіння) кожний громадянин або працівник підприємства зобов'язаний[23]:
    - негайно повідомити про це телефоном пожежну охорону, назвавши при цьому адресу об'єкта та вказавши кількість поверхів будівлі, місце виникнення пожежі, обстановку на пожежі, наявність людей та повідомивши своє прізвище;
    - вжити (у разі можливості) заходів щодо евакуації людей, гасіння (локалізації) пожежі та збереження матеріальних цінностей;

Підп. і дата	
Інв. №дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. №подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510298

Арк

48

- якщо пожежа виникла на підприємстві, повідомити про неї керівника або відповідну компетентну посадову особу та (або) чергового по об'єкту;
- у разі необхідності викликати інші аварійно-рятувальні служби (медичну, газорятувальну тощо). Посадова особа об'єкта, що прибула на місце пожежі, зобов'язана:
  - перевірити, чи викликана пожежна охорона (продублювати повідомлення), довести подію до відома власника підприємства;
  - у разі загрози життю людей негайно організувати їх рятування (евакуацію), використовуючи для цього наявні сили та засоби;
  - видалити за межі небезпечної зони всіх працівників, не пов'язаних з ліквідацією пожежі[24];
  - припинити роботи у будівлі (якщо це допускається технологічним процесом виробництва), крім робіт, пов'язаних із заходами щодо ліквідації пожежі;
  - здійснити у разі необхідності відключення електроенергії (за винятком систем протипожежного захисту), зупинення транспортуючих пристроїв, агрегатів та апаратів, перекриття сировинних, газових, парових та водяних комунікацій, призупинення систем вентиляції в аварійному та суміжних з ним приміщеннях (за винятком пристроїв протидимного захисту) та запровадити інші заходи, що сприяють запобіганню розвитку пожежі та задимленості будівлі;
  - перевірити включення оповіщення людей про пожежу, установок пожежогасіння та протидимного захисту; організувати зустріч підрозділів пожежної охорони, надати їм допомогу у виборі найкоротшого шляху для під'їзду до осередку пожежі і джерел води;
  - одночасно з гасінням пожежі організувати евакуацію та захист матеріальних цінностей;
  - забезпечити дотримання техніки безпеки працівниками, які беруть участь у гасінні пожежі[24].

Підп. і дата	
Інв. Недубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. Неподрл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510298

Арк

49





## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Хвесика М. А. Водні ресурси на рубежі ХХІ ст.: проблеми раціонального використання, охорони та відтворення / За редакцією академіка УЕАН, д. е. н., професора М. А. Хвесика. – К.: РВПС України НАН України, 2005. – 564с.
2. Левковський С. С. Водні ресурси Української РСР. - К.: Вища школа.
3. Вишневський В. І. Малі річки Києва / В.І. Вишневський. – К.: «Інтерпрес ЛТД», 2013. – 81 с.
4. Водний кодекс України: закон України від 6 червня 1995 р. № 213/95 // Відомості Верховної Ради України. – 1995. – № 24. – Ст. 189.
5. Водна рамкова директива ЄС 200/60/ЕС. Основні терміни та їх визначення. – К., 2006. – 240 с.
6. Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо впровадження інтегрованих підходів в управлінні водними ресурсами за басейновим принципом»: закон України від 4 жовтня 2016 р. № 1641-19 // Відомості Верховної Ради України. – 2016. – № 46. – Ст. 780.
7. Закон України «Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України до 2020 року»: закон України від 21 грудня 2010 р. № 2818-17 // Відомості Верховної Ради України. – 2011. – № 26. – Ст. 218.
8. Закон України «Про затвердження загальнодержавної цільової програми розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення річки Дніпро на період до 2021 року»: закон України від 24 травня 2012 р. № 4836-17 // Відомості Верховної Ради України. – 2013. – № 17. – Ст. 146.
9. Закон України «Про природно-заповідний фонд України»: закон України від 16 червня 1992 р. № 2456-ХІІ // Відомості Верховної Ради України. – 1992. – № 34. – Ст. 503.
10. Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України «Про затвердження порядку розроблення паспорту водного об'єкта»: наказ

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510298

Арк

52

Міністерства екології та природних ресурсів від 18 березня 2012 р. № 99 // Офіційний вісник України. – 2013. – № 42. С. 93.

11. Кузнєцов А.Е. Прикладна екобіотехнологія / А.Е.Кузнєцов , Н.Б.Градова, С.В.Лушніков. – БІНОМ. Лабораторія знань, 2012. – 629 с.

12. Іванько О., Бідненко Л. Сучасні методи знезараження стічних вод (огляд літератури). С. 137–150.

13. Anaerobic granulation technology for wastewater treatment / Yu Liu, HaiLou Xu, Kuan-Yeow Show, Joo-Hwa Tay. // World Journal of Microbiology and Biotechnology. – 2002. – №18. – С. 99–113.

14. А.І.Горова, С.М.Лисицька, А.В.Павличенко, Т.В.Скворцова Біотехнології в екології: навчальний посібник. – Д.: Національний гірничий університет, 2012. – 184с.

15. Ігнатюк О. А. Основні екологічні принципи та концепції екологічної біотехнології: Навч. посіб. – К.: ВПІ ВПК «Політехніка», 2006. – 268 с.

16. Айрапетян Т. С. Технологія очистки промислових стічних вод : конспект лекцій Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. 73 с/

17. 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.

18. Прутцьков Д. В. Водопостачання та водовідведення промислових підприємств : навчальний посібник. Запоріжжя : ЗДІА, 2018. 200 с.

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

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

21. Шевчук В. Я. Екологічна безпека України//Безпека життєдіяльності. - 2003. - № 3. - С. 10-24

22. Водний кодекс України. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1995, № 24, ст.189. Внесення змін (закон від 20.09.2019 N 124-IX /124-20/)

Підп. і дата	
Інв. №дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. №подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510298

Арк

53

23. Стаття 5 Закону України "Про пожежну безпеку"

24. Машинобудування в Україні: тенденції, проблеми, перспективи / [за заг. Ред. Б.М.Данилишина]. – Ніжин: Аспект- Поліграф, 2007.-308с

25. Основи гальваніки. Вячеславов П.М., В«ЛениздатВ», 1960 р.

26. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2013 році.

27. Єфремов А.Б. Вдосконалена технологія очистки стічних вод гальванічних виробництв/ 05.23.04 - Водопостачання, каналізація. Автореферат, дис. на здобуття наукового ступеня, Харків 2009

28. ДБНВ.1.1.7-2002 «Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва

29. ДБН В.1.1.7-2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва»

30. ДБН В.1.1.7-2002 «Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва»

31. НАПБ Б.03.002-2007 «Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою»

Інв.Неподл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№одубл.	Підп. і дата	TC 22510298	Арк
						54
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		

