

**Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет**

Кафедра прикладної екології

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА
зі спеціальності 101“Екологія”

Тема: Очищення стічних вод від біогенних елементів

Завідувач кафедри	<u>Пляцук Леонід Дмитрович</u> (прізвище, ім'я по батькові)	_____ (підпис)
Керівник проекту	<u>Черниш Єлизавета Юріївна</u> (прізвище, ім'я по батькові)	_____ (підпис)
Консультанти:		
з охорони праці	<u>Соляник Валерій Олександрович</u> (прізвище, ім'я по батькові)	_____ (підпис)
з економічної частини	<u>Павленко Олена Олексіївна</u> (прізвище, ім'я по батькові)	_____ (підпис)
Виконавець студент групи <u>ТС.м-71</u>	<u>Матяш Яна Олексіївна</u> (прізвище, ім'я по батькові)	_____ (підпис)

Суми 2018

Сумський державний університет
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра прикладної екології
Спеціальність 101“Екологія”

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри _____

“ _____ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРУ

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема проекту (роботи) _____

затверджена наказом по університету від «__10__» ____10_ 2017_ р. №2200-III

2 Термін здачі студентом закінченого проекту (роботи) _____

3 Вихідні дані до проекту (роботи) _____

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити) _____

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) експериментального дослідження _____

6 Консультанти з проекту (роботи), із значенням розділів проекту, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Соляник В.О		
Економічна частина	Павленко О.О		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер по порядку	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			

7 Дата видачі завдання _____

Студент-магістрант _____
(підпис)

Керівник проекту _____
(підпис)

РЕФЕРАТ

Структура та обсяг випускної кваліфікаційної роботи магістра. Робота складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел, який містить 31 найменування. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить 76 стор., у тому числі, 8 таблиць, 16 рисунків, список використаних джерел на 4 сторінках.

Метою роботи є підвищення рівня екологічної безпеки водних екосистем за рахунок покращення якості очищення стічних вод від біогенних елементів.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі *завдання*:

- визначити чинники формування біогенного складу водних об'єктів;
- дослідити фізико-хімічні характеристики стічних вод, що поступають на очищення на міські очисні споруди;
- здійснити аналіз існуючих технологій очищення стічних вод від біогенних елементів;
- розробити технологічне рішення для підвищення якості очищення стічних вод від біогенних елементів;
- оцінити з економічної точки зору технологічне рішення.

Об'єктом дослідження є стічні води, які поступають на міські очисні споруди.

Предметом дослідження є процес очищення міських стічних вод від біогенних елементів біологічним методом.

Методи дослідження. В процесі біохімічного та екологічного моделювання було використано спеціальне програмне забезпечення, зокрема Кіотську енциклопедію генів і геномів (KEGG), що є біоінформаційною базою даних для розуміння високорівневих функцій і елементів біологічної системи, таких як клітка, організм та екосистема, а також електронну систему BacDive, що є базою бактеріальних метаданих.

Апробація результатів. За результатами кваліфікаційної роботи магістра було опубліковано тези до Всеукраїнської міжвузівської науково-технічної конференції «Сучасні технології у промисловому виробництві», секція: «Екологія і охорона навколишнього середовища» (м. Суми, квітень 2018 р.) та статтю Plyatsuk L. D. Sulfur utilization in the systems of biological wastewater denitrification / L. D. Plyatsuk, Y. Y. Chernysh, I. Y. Ablieieva, I. S. Kozii, M. Balintova, Y. O. Matiash // Journal of Engineering Sciences. – Sumy : Sumy State University, 2018. – Volume 5, Issue 1. – P. H7-H15.

Ключові слова: ЗАБРУДНЕННЯ, ЕВТРОФІКАЦІЯ, СТІЧНІ ВОДИ, БІОГЕННІ ЕЛЕМЕНТИ, БІОФІЛЬТР, ГАЗОВА СІРКА, НІТРИФІКАЦІЯ, ДЕНІТРИФІКАЦІЯ

ЗМІСТ

С.

Вступ	5
Розділ 1. Екологічна проблематика забруднення стоків біогенними речовинами	8
1.1 Визначення чинників формування біогенного складу водних об'єктів	13
1.2 Аналітичний огляд способів та методів очищення стічних вод від біогенних речовин	16
Постановка завдань досліджень	24
Розділ 2. Характеристика об'єкта й опис методів дослідження	26
2.1 Характеристика об'єкта і предмета дослідження	26
2.2 Опис науково-теоретичного методичного комплексу	33
Розділ 3. Розробка технологічного рішення очищення стічних вод від біогенних елементів	36
3.1 Науково-теоретичні засади процесів денітрифікації стоків	36
3.2 Напрямки інтенсифікації процесів біохімічного очищення стоків	39
3.3 Технічне оснащення для реалізації процесу очищення стічних вод ...	46
Розділ 4. Економічна частина	53
4.1 Оцінка вартості витрат на проведення природоохоронних заходів	53
4.2 Еколого-економічний ефект від проведення природоохоронних заходів	54
4.3 Оцінка терміну окупності витрат на проведення природоохоронного заходу	58
Розділ 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	60
5.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів досліджуємого об'єкту	60
5.2 Розрахунок системи вентиляції	65
5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях на досліджуємому об'єкті	68
Загальні висновки	71
Список використаних джерел	73

Підп. и дата		Ине.№дубл.		Взаим. инв. №		Подп. и дата		ПЕК 8.00.00.00 ПЗ		
Ине.№подл.	Розроб.	Матяш	Підп.	Дата	Очищення стічних вод від біогенних елементів			Лім	Лист	Листів
	Перевір.	Черниш						4	77	
	Н.Контр.	Васькін						СумДУ, ф-т ТеСЕТ,		
	Затвер.	Пляцук						г.п. ТС м-71		

ВСТУП

Погіршення якості води в поверхневих джерелах відбувається, головним чином, через постійне забруднення речовинами антропогенного походження, в тому числі біогенними елементами, що пов'язано з недостатньою глибиною очищення стічних вод та необхідністю модернізації існуючих технологічних процесів та очисних споруд в Україні.

Видалення біогенних елементів із стічних вод є нагальним завданням у зв'язку з тим, що сполуки азоту і фосфору викликають процес евтрофікації водойм, що супроводжується надмірним розвитком водоростей, особливо зелених, синьо-зелених та діатомових, переважанням небажаних видів планктону, порушення життєдіяльності риб та в цілому сприяє деградації водної екосистеми.

Вилучення біогенних сполук є необхідним також при створенні оборотних та замкнених систем водопостачання промислових підприємств, які використовують біологічно очищені міські стічні води. Наявність сполук фосфору і азоту викликає біологічне обростання трубопроводів, колекторів та іншого каналізаційного обладнання, а присутність амонійного азоту, нітритів та нітратів спричиняють корозійні процеси.

На вирішення проблематики видалення біогенних елементів направлена значна кількість вітчизняних та зарубіжних досліджень, зокрема в Європейському Союзі (Данія, Фінляндія, Швеція), в США тощо.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалася відповідно до плану науково-дослідних робіт кафедри прикладної екології Сумського державного університету, пов'язана із тематикою «Розробка шляхів поліпшення екологічної ситуації міст і промислових зон» згідно з науково-технічною програмою Міністерства освіти і науки України (№ держреєстрації 0111U006335).

№в.№ориг.№в.	Підп. і датаПідп. і	№в.№ориг.№в.	№в.№ориг.№в.	№в.№ориг.№в.
№в.№ориг.№в.	Підп. і датаПідп. і	№в.№ориг.№в.	№в.№ориг.№в.	№в.№ориг.№в.
№в.№ориг.№в.	Підп. і датаПідп. і	№в.№ориг.№в.	№в.№ориг.№в.	№в.№ориг.№в.
№в.№ориг.№в.	Підп. і датаПідп. і	№в.№ориг.№в.	№в.№ориг.№в.	№в.№ориг.№в.

Змн	Лист	№ докум.№	Підп.Підп	Дата
-----	------	-----------	-----------	------

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ

Стор.

Метою роботи є підвищення рівня екологічної безпеки водних екосистем за рахунок покращення якості очищення стічних вод від біогенних елементів.

Відповідно до поставленої мети необхідно вирішити наступні **завдання**:

1. визначити чинники формування біогенного складу водних об'єктів;
2. дослідити фізико-хімічні характеристики стічних вод, що поступають на очищення на міські очисні споруди;
3. здійснити аналіз існуючих технологій очищення стічних вод від біогенних елементів;
4. розробити технологічне рішення для підвищення якості очищення стічних вод від біогенних елементів;
5. оцінити з економічної точки зору технологічне рішення.

Об'єктом дослідження є стічні води, які поступають на міські очисні споруди.

Предмет дослідження – процес очищення міських стічних вод від біогенних елементів біологічним методом.

Методи дослідження. Теоретичні аспекти роботи базуються на біохімічній формалізації процесів денітрифікації стоків та конверсії сполук сірки та здійсненні системного аналізу основних чинників формування біогенного складу водних об'єктів. В процесі біохімічного та екологічного моделювання було використано спеціальне програмне забезпечення: Кіотська енциклопедія генів і геномів (KEGG), що є біоінформаційною базою даних для розуміння високорівневих функцій і елементів біологічної системи, таких як клітка, організм та екосистема, а також електронна система BacDive, що є базою бактеріальних метаданих.

Наукова новизна одержаних результатів. З метою підвищення рівня екологічної безпеки на основі виконаних теоретичних досліджень отримані наукові результати щодо вивчення біохімічних перетворень сірки різного генезису в процесі денітрифікації стоків.

№ зм.	№ лист.	№ докум.	№ підп.	№ підп.	№ дата	№ підп.	№ дата	№ підп.	№ дата
-------	---------	----------	---------	---------	--------	---------	--------	---------	--------

Практичне значення роботи. Результати цієї роботи можуть доповнити наявну інформацію про методи очищення стічних вод від біогенних елементів та бути використані у розробці заходів, спрямованих на модернізацію технологічних процесів очищення стічних вод на міських очисних спорудах.

Особистий внесок здобувача. Усі результати, наведені у кваліфікаційній роботі магістра, одержані самостійно.

Публікації. За результатами кваліфікаційної роботи магістра було опубліковано тези до Всеукраїнської міжвузівської науково-технічної конференції «Сучасні технології у промисловому виробництві», секція: «Екологія і охорона навколишнього середовища» (м. Суми, квітень 2018 р.) [1] та статтю «Утилізація сірки в системах біологічної денітрифікації води» / Л. Д. Пляцук, Є. Ю. Черниш, І. Ю. Аблієва, І. С. Козій, М. Балінтова, Я. О. Матяш // Журнал технічних наук. – Суми: Сумський державний університет, 2018. – Том 5, випуск 1. – Р. Н7–Н15 [2].

Інв.№ориг.Інв.	Підп. і датаПідп. і	Взаєм.інв.№Вза	Інв.№субл.Інв.	Підп. і датаПідп. і	ПЕК 8.00.00.00 ПЗ				Стор.
									7
Змн	Лист	№ докум.№	Підп.Підп	Дата					

РОЗДІЛ 1. ЕКОЛОГІЧНА ПРОБЛЕМАТИКА ЗАБРУДНЕННЯ СТОКІВ БІОГЕННИМИ РЕЧОВИНАМИ

Біогенними елементами вважаються речовини, які відіграють важливу роль в життєдіяльності водної біоти. Такими елементами є мінеральні сполуки азоту (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-), фосфору (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , PO_4^{3-}), кремнію (HSiO_3^- , SiO_2^{3-}), заліза (Fe^{2+} , Fe^{3+}) і сполуки деяких мікроелементів [3].

Нітроген знаходиться в стічних водах у вигляді неорганічних та органічних сполук. Органічними азотними сполуками в стічних водах міста виступають речовини білкової природи – харчові відходи, фекалії, тощо. Неорганічні азотні сполуки складають відновлювані NH_4^+ і NH_3^+ , і окислені NO_2^- і NO_3^- форми. Значна частка амонійного азоту утворюється в результаті гідролізу сечі, яка є кінцевим продуктом азотного обміну людини. Приблизно 80-90 % азотовмісних речовин в міських побутових стічних водах наявні у вигляді аміаку та сечовини. Як бачимо, азот у основному відображений в органічних і амонійних формах. Також сполуки амонію утворюються у процесі амоніфікації білкових сполук. Концентрація азотовмісних сполук у неочищених міських стічних водах становить: амонійний азот 8,8-70 мг/дм³, нітрити 0,08-0,6 мг/дм³ і нітрати 0,6-3 мг/дм³.

Екологічна загроза неорганічних азотовмісних сполук значно різниться: нітрити найбільш токсичні, найбільш безпечні – нітрати, середню ланку займає амоній, що відображають гранично-допустимі концентрації (ГДК) для скиду цих азотвміщуючих сполук в природні водойми.

Концентрація різних сполук азоту в побутових стічних водах змінюється як у мережах водовідведення, так і на різних етапах очистки. Перетворення сполук, що містять азот, розпочинається вже в на етапі транспортації стічної води на міські очисні споруди.

№. Неориг. №.	Підп. і дата Підп. і	№. Неориг. №.	№. Неориг. №.	№. Неориг. №.
№. Неориг. №.	Підп. і дата Підп. і	№. Неориг. №.	№. Неориг. №.	№. Неориг. №.
№. Неориг. №.	Підп. і дата Підп. і	№. Неориг. №.	№. Неориг. №.	№. Неориг. №.
№. Неориг. №.	Підп. і дата Підп. і	№. Неориг. №.	№. Неориг. №.	№. Неориг. №.

Змн	Лист	№ докум. №	Підп. Підп	Дата
-----	------	------------	------------	------

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ

Стор.

8

Таблиця 1.1 – Вміст різних форм азоту в промислових стічних водах

Стічні води	Концентрація азоту, мг/дм ³			
	N _{орг}	NH ₄ ⁺	NH ₂ ⁻	NH ₃ ⁻
Металообробні підприємства	9,0- 12,0	2,3-9,8	0-0,14	0-0,5
Молочні підприємства	56,0- 121,0	10,6- 22,0	0-0,28	0-0,4
Стічні води, що надходять на очисні споруди	35,0	26,3	0,1	0,4
Очищені стічні води	7,5	1,9	1,0	10,5

З таблиці 1.1 бачимо, що концентрація органічного азоту N_{орг} в промислових стічних водах, які подаються на міські очисні споруди, становить приблизно 44% загального азоту. Найвища концентрація органічного азоту встановлена в стічних водах молочних підприємств. Загальне навантаження на очисні споруди, за азотом (сума NH₄⁺ і N_{орг}), у 3-6 разів перевищує гранично-допустиме для цих споруд, яке розраховане за амонійним азотом. Тому залишкова концентрація органічного азоту (в окремих пробах амонійного азоту) в очищених стічних водах досить велика.

На сьогодні нормативні документи, за якістю стічних і поверхневих вод в Україні мають контроль 3 форм азоту: азот амонійний, нітриту й нітрати. Проте в країнах Європейського Союзу контролюється ще одна форма азоту – або азот загальний, або азот органічний.

У всіх створах Дніпра помітне перевищення нормативів ГДК для водойм рибогосподарського водокористування в 1,5-6,9 разів фосфатів (до 0,58 мг/дм³). Потрібно визначити, що неорганічні сполуки фосфору складають менше 10% від загальної кількості фосфору, який знаходиться у воді поверхневих водойм, а головна частина його запасів знаходиться в органічній формі та осідає на дно.

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ

Стор.

9

№.№ориг.№в. Підп. і датаПідп. і
 №.№ориг.№в. Підп. і датаПідп. і
 №.№ориг.№в. Підп. і датаПідп. і
 №.№ориг.№в. Підп. і датаПідп. і

Змн	Лист	№ докум.№	Підп.Підп	Дата
-----	------	-----------	-----------	------

У воді фосфор зустрічається у вигляді органічних, неорганічних і орґано-мінеральних сполук, а також входить до складу клітин організмів, що живуть у воді. Сполуки фосфору в класифікації включення води за фазовим станом і дисперсністю, яка розроблена в інституті колоїдної хімії і хімії води ім. А. В. Думанського НАН України академіком Л.А. Кульським, можуть зустрічатися в кожній із 4-х груп. Наприклад, до 1 групи (суспензії, що містять фосфор) відносяться гідробіонти або фрагменти їх розкладу мікроскопічного розміру, наявні в природних і стічних водах. До 2 групи (домішки колоїдної дисперсності) можна віднести фосфати, які не розчиняються у воді, а також високомолекулярні речовини, які визначають забарвленість води. До 3 групи належать молекулярно-розчинні фосфати, які, наприклад, знаходяться у складі миючих засобів. До 4 групи домішок відносяться – фосфорна кислота, солі фосфорної кислоти та інші розчинні сполуки фосфору, які дисоціюють у воді на іони.

Фосфор у міських стічних водах перебуває у вигляді фосфатів, ортофосфатів і поліфосфатів. Синтетичні миючі засоби – це основне джерело надходження ортофосфатів у міські стічні води. Тринатрій фосфат (Na_3PO_4) міститься в великій кількості пральних порошоків. Такі полі фосфати як пірофосфат натрію ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) та трифосфат натрію ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$) використовують у промисловості та повсякденному житті в якості пом'якшувачів, тому вони присутні в стічних водах. Поліфосфати в процесі переходу в ортофосфати, зазнають ступінчастого гідролізу. Швидкість гідролізу залежить від кислотності, температури і сольового складу води. Процес гідролізу прискорюється при наявності бактерій.

Фосфати надходять у водойми різноманітними шляхами, приміром, з промисловими й побутовими стоками, і звичайно ж, вимиватися з сільськогосподарських угідь. Важливою складовою комплексного контролю складу природних і питних вод є аналіз концентрації фосфатів .

Інв.№ориг.Інв.	Підп. і датаПідп. і	Взаєм.Інв.№Вза	Інв.№субл.Інв.

Постійним джерелом постачання біогенних забруднюючих сполук у водоймища слугують міські стічні води, з яких при загальноприйнятих технологіях біологічного очищення не забезпечується очищення фосфору і азоту до потрібних нормативних значень. Більшість очисних споруд, що працюють, засновані на використанні традиційної біологічної технології, які дають недостатню ступінь вилучення фосфатів (до 20-30%), які не забезпечують потрібного очищення нітратів. Відповідно на багатьох об'єктах нормативи скиду азоту й фосфору не виконуються. Найбільш гостро постає проблема забезпечення нормативів зі скиду фосфору.

Фосфор знаходиться в складі фосфатів, які широко використовуються для виробництва миючих засобів і пральних порошків. Фосфати широко застосовуються в харчовій промисловості, в процесах водопідготовки. Фосфатні мінерали входять до складу сільськогосподарських добрив а також фосфати є одним з кінцевих продуктів розкладу залишків і тварин.

Сполуки фосфору часто використовують для оброблення води бойлерів і казанів. Фосфати додають до води, яка виконує роль теплоносія, для зменшення відкладів на поверхні теплообміну. Безперервний контроль концентрації фосфатів є важливою частиною водопідготовки котельної води, в результаті чого забезпечується дотримання технологічних норм експлуатації.

Значним джерелом потрапляння біогенних речовин у поверхневі води можуть виступати тваринницькі комплекси. Велика кількість фосфору потрапляє в ґрунт з гноєм, і значна частина вимивається поверхневим стоком з водозбору у водоймище.

Істотним джерелом потрапляння фосфору в поверхневі води є також підприємства сільськогосподарського виробництва. Виявлено, що найбільша кількість фосфору (80-90%) виноситься стічними водами з оброблюваного ґрунту сільськогосподарських угідь, особливо восени з розораних полів [4].

На даний час однією з головних проблем у області очищення стічних вод є видалення біогенних елементів – сполук азоту та фосфору, що

№.№ориг.№в.	Підп. і датаПідп. і	№в.№засп.№вза	№в.№зубл.№в.	Підп. і датаПідп. і
Змн	Лист	№ докум.№	Підп.Підп	Дата

викликають евтрофікацію водних об'єктів. Цей процес характеризується активним зростанням водоростей і розвитком вищої водної рослинності.

Евтрофікація – процес накопичення біологічної рослинності у водних об'єктах, який відбувається внаслідок підвищення кількості поживних речовин. В результаті чого підвищується температура води, з'являються сторонній присмак і запах, погіршується колір води, понадміру розвиваються водорості, переважають небажані види планктону і погіршується життєдіяльність гідробіонтів. Продукти метаболізму водоростей спричиняють неприємний запах води, викликають шкірні алергічні реакції і шлунково-кишкові хвороби у людей і тварин.

Розчинений фосфор слугує основним лімітуючим елементом, що більшою мірою впливає на процес евтрофікації. Евтрофікація водойм не спостерігається при концентраціях фосфору в перерахунку на Р менше за 0,2 мг/л. Для того щоб попередити евтрофікацію водного об'єкту простіше й економічно вигідніше видаляти сполуки фосфору, ніж азоту.

Фосфор – важливий елемент з числа потрібних живим організмам. Взагалі, як елемент він не токсичний. Проблеми настають тоді, коли в природні води скидається наднормована концентрація фосфору й інших макроелементів, наприклад азоту. В результаті чого виникає евтрофікація водойм, що призводить до порушення рівноваги в екологічній системі водоймища. Як наслідок погіршення умов існування гідробіонтів через значне зменшення кисню. Знижується цінність водоймищ, які використовуються як місця масового відпочинку через помутніння води та появи неприємного запаху. Також у випадку коли водоймище слугує джерелом питної води, то через неприємний запах і смак, викликаних наявністю органічних речовин і життєдіяльністю водоростей, дуже ускладнюється можливість її використання.

Виявлено, що швидкий розвиток водоростей у першу чергу відбувається за присутності вуглецю, азоту й фосфору. Оскільки вуглекислий газ поглинається водою з повітря, обмежити вміст вуглецю у воді важко.

№.№ориг.№в.	Підп. і датаПідп. і	№в.№засм.№в.	№в.№засм.№в.	№в.№засм.№в.
Змн	Лист	№ докум.№	Підп.Підп	Дата

Доцільніше для попередження евтрофікації потрібно звести до мінімуму концентрації азоту й фосфору в стічних водах, які скидають до природних водойм. З 1 мг азоту продукується 21-25 мг водоростей, 1 мг фосфору – 40-50 мг водоростей.

Важливість у вирішенні проблеми максимального зменшення скиду до водоймищ біогенних елементів (сполук азоту і фосфору) пов'язана не лише з природоохоронними і рибогосподарськими цілями, але і зменшенням труднощів, які можуть бути винекнені при водопідготовці для питного і промислового водопостачання з забруднених водоймищ. Тому в багатьох країнах світу, в тому числі і в Україні, розробляються методів та способи очистки міських стічних вод від біогенних елементів.

Видалення сполук азоту і фосфору потрібне також при створенні оборотних і замкнених систем водопостачання промислових підприємств, що використовують біологічно очищені міські стічні води як джерело технічного водопостачання. Наявність сполук фосфору й азоту викликає біологічне обростання трубопроводів, колекторів та іншого каналізаційного устаткування, а наявність амонійного азоту, нітритів і нітратів призводить викликає корозійні процеси [5].

1.1 Визначення чинників формування біогенного складу водних об'єктів

Біогенний склад природних водоймищ є наслідком взаємодії багатьох фізичних, фізико-хімічних та біологічних процесів, граничні параметри яких задаються фізико-географічними умовами. Рух продуктів взаємодії з твердою та газовою складовими забезпечується водою як основним носієм енергії [6].

Важливою фізичною основою формування хімічного складу води є процеси зовнішнього та внутрішнього водообміну, водний режим та швидкість потоку води в річках. Переміна таких елементів водного режиму як швидкість

№. Неориг. №.	Підп. і дата Підп. і	№. Неориг. №.	№. Неориг. №.	№. Неориг. №.	№. Неориг. №.
№. Неориг. №.	Підп. і дата Підп. і	№. Неориг. №.	№. Неориг. №.	№. Неориг. №.	№. Неориг. №.
№. Неориг. №.	Підп. і дата Підп. і	№. Неориг. №.	№. Неориг. №.	№. Неориг. №.	№. Неориг. №.
№. Неориг. №.	Підп. і дата Підп. і	№. Неориг. №.	№. Неориг. №.	№. Неориг. №.	№. Неориг. №.

течії, рівень води, внутрішній розподіл призводить до помітних коливань хімічного складу водних мас.

Кількісне визначення кругообігу хімічних речовин у природних екосистемах вперше детально було розглянуто у фундаментальних роботах Б.Б. Полинова [7] та А.І. Перельмана [8]. Як зауважує А.І. Перельман [8], рушійні сили міграції елементів спричинено 2 типами факторів: внутрішніми та зовнішніми. Зовнішні визначаються ландшафтно-кліматичними умовами, а внутрішні притаманні суто даному типу водозбору. Міграційні потоки між різними компонентами екосистем виконують роль своєрідних каналів зв'язку, а їхні кількісні показники визначаються параметрами фази носія і фази мігранта [9].

Межі басейнів поверхневого стоку хімічних речовин повторюють межі річкових басейнів, а величина стоку кількісно характеризує основну витратну частину балансу хімічних речовин річкового басейну, масштаб ерозії ґрунтів і порід, процес вивітрювання, карсту, засолення територій.

Величину стоку окремих компонентів хімічного складу водоймища за визначений період (доба, декада, місяць, сезон) можна знайти за формулою:

$$R = W \cdot C, \quad (1.1)$$

де, R – стік окремого компонента, (г, кг, т, тис. т);

W – об'єм водного стоку, м³ ;

C – концентрація компонента в 1 м³ води.

Показники за рік відповідно обчислюють додаванням відповідних періодів (дів, декад, місяців, сезонів).

Із даної формули бачимо, що величина стоку будь-якої речовини з поверхні водозбору прямо залежить від об'єму водного стоку та концентрації даного компоненту і всі закономірності зміни гідрохімічного стоку будуть визначатися особливостями зазначених величин. Вплив деяких гідрологічних

№. №ориг. №.	Підп. і дата Підп. і	№. №вза	№. №зубл. №.	Підп. і дата Підп. і
Змн	Лист	№ докум. №	Підп. Підп	Дата

параметрів на хімічний склад поверхневих водоймищ варто розглядати в залежності від гідрологічного режиму водних об'єктів, які поділяються на водотоки і водойми. Водотоки характеризуються постійним або тимчасовим рухом води в руслі в напрямку його загального похилу. Прикладом водотоку слугують річки, канали, струмки та ін. Водойми – безстічні або з уповільненим стоком водні маси, які накопичились у западинах природного чи штучного походження.

Водяний стік річок визначається умовами їх живлення, основним джерелом якого є атмосферні опади. Схематичне зображення явища стоку зображено на рисунку 1.1

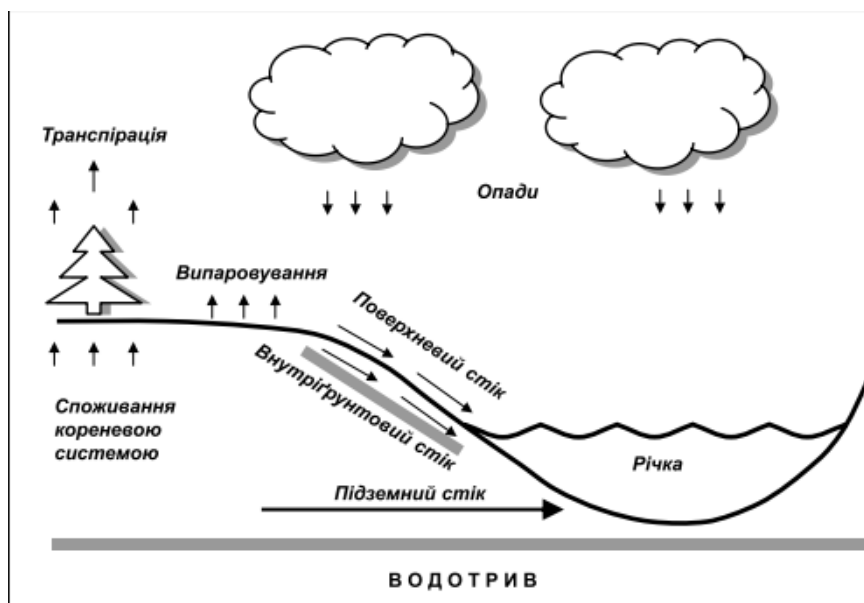


Рисунок 1.1 – Схематичне зображення явища водного стоку

В залежності від загальних умов водозбору, і, насамперед, властивостей ґрунтів, атмосферні опади, попавши на земну поверхню, протікають по ній чи поглинаються в ґрунт. Деяка частина води випаровується. Під час стоку утворюється декілька генетично різних категорій вод, ступінь змінності яких істотно різниться. П.П. Воронков ділить їх на поверхнево-схилові, ґрунтово-поверхневі (води мікрорівчачкової мережі), ґрунтові й підземні води [10].

№.№ориг.№.	Підп. і датаПідп. і	№.№субл.№.	№.№субл.№.	№.№субл.№.
№.№ориг.№.	Підп. і датаПідп. і	№.№субл.№.	№.№субл.№.	№.№субл.№.
№.№ориг.№.	Підп. і датаПідп. і	№.№субл.№.	№.№субл.№.	№.№субл.№.
№.№ориг.№.	Підп. і датаПідп. і	№.№субл.№.	№.№субл.№.	№.№субл.№.
№.№ориг.№.	Підп. і датаПідп. і	№.№субл.№.	№.№субл.№.	№.№субл.№.
№.№ориг.№.	Підп. і датаПідп. і	№.№субл.№.	№.№субл.№.	№.№субл.№.
№.№ориг.№.	Підп. і датаПідп. і	№.№субл.№.	№.№субл.№.	№.№субл.№.
№.№ориг.№.	Підп. і датаПідп. і	№.№субл.№.	№.№субл.№.	№.№субл.№.
№.№ориг.№.	Підп. і датаПідп. і	№.№субл.№.	№.№субл.№.	№.№субл.№.
№.№ориг.№.	Підп. і датаПідп. і	№.№субл.№.	№.№субл.№.	№.№субл.№.

За умови перебування ґрунту у стані повної вологості, його глибокого промерзання чи високої інтенсивності опадів вода швидко стікає в напрямку похилу, формуючи поверхневий стік (поверхнево-схиліві, ґрунтово-поверхневі води). Після його утворення відбувається інтенсивне підвищення витрат води, що відповідає висхідній лінії гідрографу стоку. Накопичення поверхневих вод відбувається швидко і спостерігається під час інтенсивного танення снігового покриву та випадіння рясних дощів.

На формування хімічного складу води великий вплив чинить водообмін, серед якого розрізняють зовнішній та внутрішній. Перший обумовлюється зміною параметрів водного балансу, які визначають притік та стік води, а з нею й хімічних елементів.

Для багатьох водоймищ визначальну роль у рівнянні водного балансу мають притік та стік з основної річки та в деяких випадках – притік з бічними річками та водозабір [11]. Роль атмосферних опадів залежить від території водної поверхні та географічного положення (у напрямку з півночі на південь роль опадів знижується). Ці параметри впливають і на випаровування, величина якого в зазначеному напрямку збільшується. Підземний притік не перевищує 1%, а фільтрація менше 1%.

1.2 Аналітичний огляд способів та методів очищення стічних вод від біогенних речовин

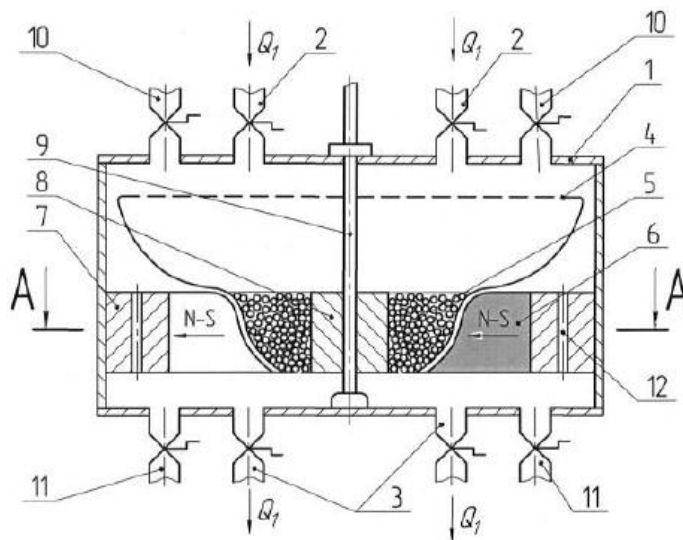
На сьогоднішній день відомі фізичні, фізико-хімічні, електрохімічні та біологічні методи видалення біогенних елементів зі стічної рідини.

№.Неориг.№.	Підп. і датаПідп. і	Взаєм.№.№.Вза	№.№.№.№.№.	№.№.№.№.№.	№.№.№.№.№.
-------------	---------------------	---------------	------------	------------	------------

1.2.1 Фізичні методи очищення

Магнітна сепарація. Суть даного методу – пришвидшення з'єднання частинок у воді під дією магнітного поля. Процес видалення фосфору виконують при додаванні до стічної води осаджувального агента, в ролі якого виступає вапно і коагулянтів – солей заліза (III) або солей алюмінію. Як магнітний елемент використовують феромагнітний порошок (частки магнетиту).

На рисунку 1.2 зображено схему магнітного сепаратора [12].



1-корпус; 2-вхідні патрубки; 3-вихідні патрубки; 4-проточний кожух; 5-фільтр-матриця; 6-магнітна система; 7-кільцевий виступ; 8-феромагнітна втулка; 9-привідний вал; 10-вхідні патрубки; 11-вихідні патрубки; 12-вертикальні отвори.

Рисунок 1.2 – Поздовжній переріз магнітного сепаратора в робочому режимі

При видаленні сполук фосфору в магнітному полі фосфати зв'язуються за допомогою реагента у нерозчинні сполуки, потім додають магнітний матеріал і впливають магнітним полем, унаслідок чого виділяється

№.№ориг.№.	Підп. і датаПідп. і	№.№ориг.№.	№.№ориг.№.
№.№ориг.№.	№.№ориг.№.	№.№ориг.№.	№.№ориг.№.
№.№ориг.№.	№.№ориг.№.	№.№ориг.№.	№.№ориг.№.
№.№ориг.№.	№.№ориг.№.	№.№ориг.№.	№.№ориг.№.

Змн	Лист	№ докум.№	Підп.Підп	Дата
-----	------	-----------	-----------	------

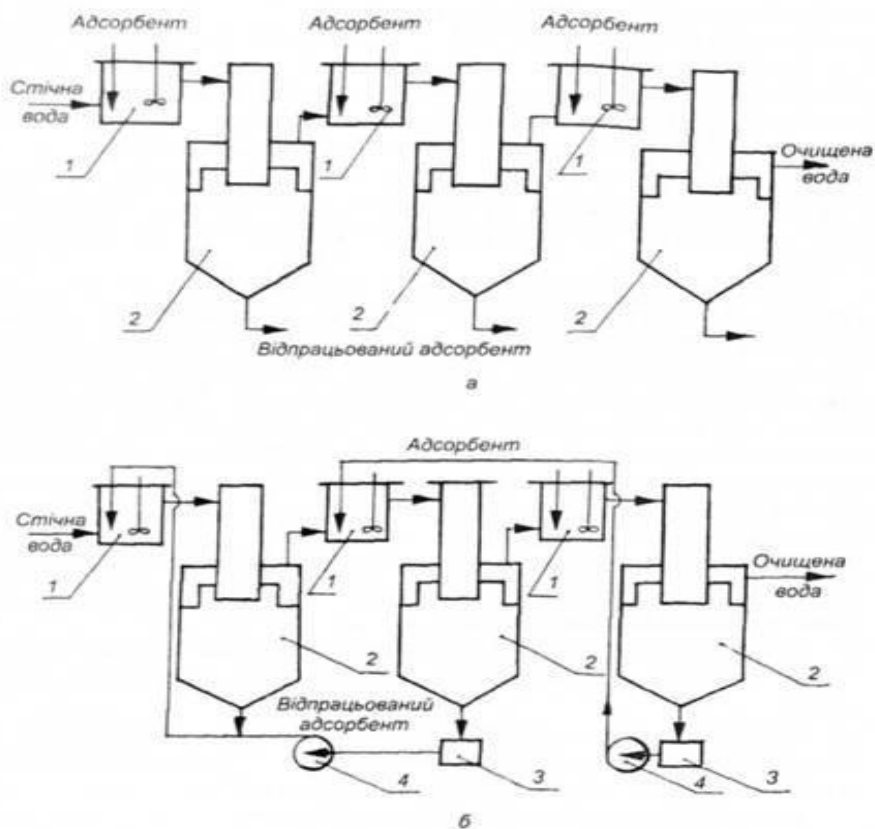
ПЕК 8.00.00.00 ПЗ

Стор.

фосфатвміщуючий осад. Флокуляцію фосфатів здійснюють при подачі високомолекулярних аніон-активних сполук. У результаті утворюються нерозчинні флокули, які пропускають через електромагнітну систему, де агломерати, що утворилися, затримуються. Метод магнітної сепарації дозволяє отримати залишковий вміст фосфору меншим за $0,5 \text{ мг/дм}^3$. Недоліком даного методу служить те, що при високій напруженості поля порошок магнетиту й фосфати реагують між собою.

Видалення розчинених речовин методом сорбції. Для очищення виробничих стічних вод найчастіше використовують адсорбенти з алюмінію, активованих окислів алюмінію і сульфату алюмінію.

Приклади схем адсорбційних установок представлені на рисунку 1.3



а — з послідовним введенням адсорбенту: 1 — змішувачі; 2 — відстійники; б — з протитічним введенням адсорбенту: 1 — змішувачі; 2 — відстійники; 3 — приймачі; 4 — насоси;

Рисунок 1.3 – Схема адсорбційних установок

Для цього до стічної рідини, яка очищається, додають сорбент (тверде тіло) в подрібненому вигляді і змішують зі стічною водою. Далі сорбент, насичений забрудненнями, відокремлюють від води методом відстоювання або фільтрування. Частіше стічну воду, що очищається, пропускають безперервно через фільтр, завантажений сорбентом. В якості сорбентів застосовують: активоване вугілля, коксовий дріб'язок, торф, тирсу, золу та ін. Для відновлення сорбційної ємкості активоване вугілля піддають регенерації їдким натром, парою або термообробці. Недоліком даного методу очищення є його відносно висока вартість. При адсорбційному методі очищення фосфор може поглинатися поверхнею сорбенту, який може бути виготовлений з гранульованого окислу.

1.2.2 Фізико-хімічні способи очищення

До фізико-хімічних методів видалення фосфору відносяться: метод осадження з кристалізацією, хімічне осадження вживанням реагентів, іонний обмін.

Одним з способів очистки є контактна коагуляція біологічно очищених стічних вод. Змішування стічної води і коагулянту здійснюють в диспергаторі, а для коагуляції використовують фосфогіпс. Спосіб очистки стічних вод від сполук фосфору, що включає контактну коагуляцію біологічно очищених стічних вод, який відрізняється тим, що змішування стічної води і коагулянту здійснюють в диспергаторі протягом 1–4 хв., а для коагуляції використовують фосфогіпс, що утворюється в процесі виробництва фосфорної кислоти з надлишком по відношенню до кількості фосфатів на суху речовину у відстояній стічній воді 90:1–120:1, при цьому обробку фосфогіпсом проводять впродовж 2-3 годин [13].

№в.№ориг.№в.	Підп. і датаПідп. і	№в.№ориг.№в.	№в.№ориг.№в.	№в.№ориг.№в.
№в.№ориг.№в.	№в.№ориг.№в.	№в.№ориг.№в.	№в.№ориг.№в.	№в.№ориг.№в.
№в.№ориг.№в.	№в.№ориг.№в.	№в.№ориг.№в.	№в.№ориг.№в.	№в.№ориг.№в.
№в.№ориг.№в.	№в.№ориг.№в.	№в.№ориг.№в.	№в.№ориг.№в.	№в.№ориг.№в.

Змн	Лист	№ докум.№	Підп.Підп	Дата
-----	------	-----------	-----------	------

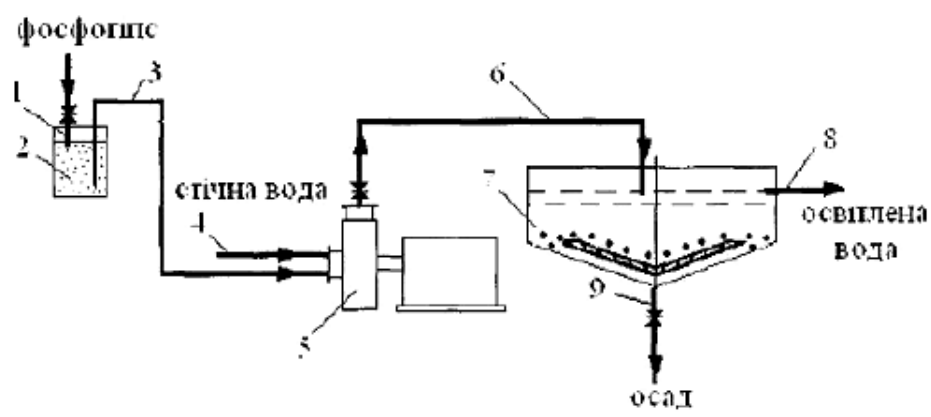


Рисунок 1.4 – Схема очищення стічних вод від сполук фосфору методом контактної коагуляції

1.2.3 Електрохімічні методи очищення стоків

За останні роки було розроблено перспективний метод одержання коагулянтів у електролізерах з розчинними анодами, електрокоагуляція. Суть даного методу полягає в анодному розчиненні металів, переважно алюмінію і заліза, у водному середовищі під дією електричного струму з наступним утворенням гідроксидів, які виконують роль активного коагулянта для дисперсних домішок. На відміну від звичайної коагуляції солями заліза або алюмінію при електрокоагуляції вода не збагачується аніонами, що позитивно позначається на обробленні води. Електрохімічний розчин металів виконують як під впливом зовнішнього струму – анодний розчин металу, так і за рахунок хімічної реакції при взаємодії електродного металу з електролітом. Цей процес очищення доцільно виконувати при високій щільності струму. Проте це збільшення спричиняє пасивацію електродів і сприяє зростанню поляризації електродів. Для зменшення поляризації можна змінювати полярність струму, що призведе до різкого зменшення виходу алюмінію по струму. Кількість розчиненого металу можна підвищити, збільшуючи швидкість води в електролізері і зменшуючи відстань між електродами. Рекомендований режим

Інв.№ориг.Інв. Підп. і датаПідп. і Взаєм.Інв.№Взаєм.Інв.№субл.Інв. Підп. і датаПідп. і Інв.№ориг.Інв.

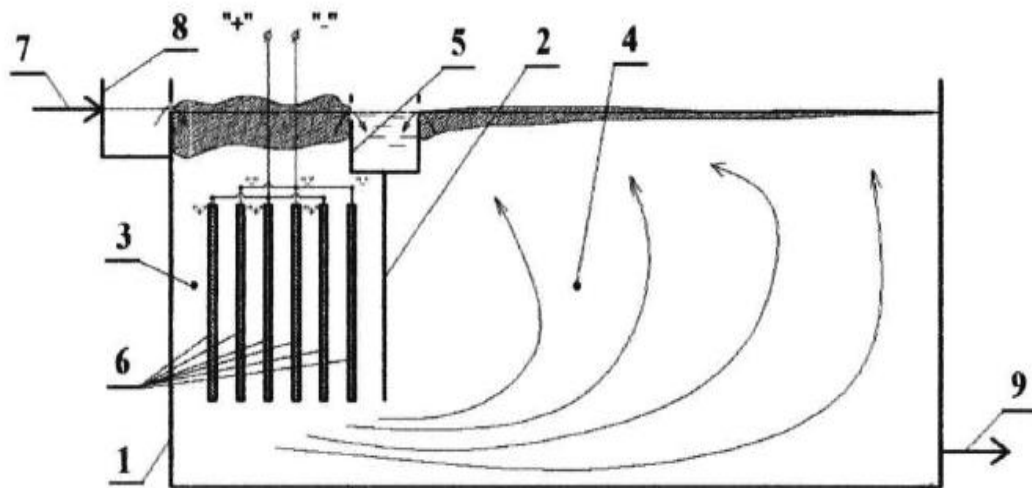
Змін	Лист	№ докум.№	Підп.Підп	Дата
------	------	-----------	-----------	------

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ

електрокоагуляції: щільність струму 10 А/дм² відстань між електродами – не більше 20 мм. Електрокоагуляцію проводять у безнапірних пластинчастих електролізерах горизонтального або вертикального типу. Компактність установок, відсутність реагентного й складського господарства, простота обслуговування є безперечними перевагами методу електрокоагуляції. Недоліками є значні витрати електроенергії і металу, поляризація електродів і зменшення швидкості розчинення металів внаслідок утворення окисної плівки на їх поверхні, механічне забруднення електродів домішками стічних вод, а також нагрівання оброблюваної води.

Одним із способів є очищення за допомогою електрохімічного реактора. Електрохімічний реактор для очищення стічних вод, який складається з корпусу, зануреної перегородки, що не доходить до поверхні води та ділить об'єм апарата на зону електрокоагуляції та зону флотації, в зоні електрокоагуляції розташовані вертикальні пластинчаті електроди, систем подачі води на очищення, відводу очищеної води, збору і відведення флотаційного шламу, який відрізняється тим, що занурена перегородка не доходить до дна апарата і розділяє об'єм апарата на зону електрокоагуляції із низхідним рухом води та зону флотації з висхідним рухом води, а над перегородкою влаштовано спільний лоток збору флотаційного шламу із зон електрокоагуляції та флотації. На рисунку 1.5 зображено електрохімічний реактор для очищення стічних вод [14].

№.№ориг.№в.	Підп. і датаПідп. і	Взаєм.№вза	№в.№в.№в.	№в.№в.№в.	№в.№в.№в.
Змн	Лист	№ докум.№	Підп.Підп	Дата	



1–корпус; 2–занурена перегородка; 3–зона електрокоагуляції; 4–зона флотації; 5–спільний лоток збору флотаційного шламу; 6–вертикальні пластинчасті електроди; 7– трубопровід подачі води на очищення; 8– розподільчий карман; 9– трубопровід відводу очищеної води.

Рисунок 1.5 – Електрохімічний реактор для очищення стічних вод.

1.2.4 Біологічні методи очищення

Біологічний метод очищення стічних вод від біогенних сполук ґрунтується на процесах нітрифікації та денітрифікації, що засновані на окислюванні нітрифікуючими бактеріями амонійного азоту до нітратів (нітрифікація) і наступного їх відновлення денітрифікуючими бактеріями до газоподібного азоту (денітрифікація). При цьому для життєдіяльності цих мікроорганізмів застосовується зв'язаний кисень нітратів і нітритів, що призводить до зменшення питомої витрати повітря на аерацію стічних вод і, як наслідок, питомих енерговитрат. Принцип біологічної очистки від фосфору полягає у створенні умов для розвитку в складі активного мулу фосфор накопичувальних або «фосфорних» бактерій (Р-бактерій). Для цього в системі

№.№ориг.№.	Підп. і датаПідп. і	№.№ориг.№.	№.№ориг.№.	№.№ориг.№.
№.№ориг.№.	№.№ориг.№.	№.№ориг.№.	№.№ориг.№.	№.№ориг.№.
№.№ориг.№.	№.№ориг.№.	№.№ориг.№.	№.№ориг.№.	№.№ориг.№.
№.№ориг.№.	№.№ориг.№.	№.№ориг.№.	№.№ориг.№.	№.№ориг.№.

Змн	Лист	№ докум.№	Підп.Підп	Дата

біологічної очистки розрізняють анаеробні й аеробні зони, через які по черзі проходить активний мул.

Біологічне очищення стічних вод від сполук фосфору опирається на здатність деяких груп бактерій (переважно роду *Acinetobacter*) в штучно створених 17 екстремальних умовах (досягаються при заміні зон, у яких перебувають бактерії з анаеробних на аеробні) видалити з рідкої фази більше фосфору, ніж це потрібно для побудови клітинної структури (так би мовити «жадібне поглинання»). В анаеробних умовах у стічній воді відсутній як розчинений кисень, так і хімічно зв'язаний кисень нітритів і нітратів. Для забезпечення анаеробних умов циркулюючий активний мул має піддаватися попередній денітрифікації. Іншою умовою здійснення процесу є наявність у анаеробній зоні біологічно окислюваних органічних сполук, які здатні накопичуватися бактеріальними клітинами.

Для реалізації процесу дефосфатизації потрібно забезпечити такі умови:

- наявність анаеробної зони з легкоокислюваним субстратом у формі ЛЖК;
- розташування послідовно з анаеробною аеробною зоною або аноксидною зоною;
- рецикл збагачених фосфором ФАО в анаеробну зону.

Підвищення ефективності очищення фосфору в спорудах по типу аеротенків можна досягти при поєднанні біологічних процесів з хімічним осадженням.

При реконструкції аеротенків система ступінчастої денітрифікації дозволяє використовувати вже побудовані резервуари, здійснювати роботи на одному аеротенку без відключення всіх споруд. Ця система особливо приваблива для реконструкції коридорних аеротенків, які присутні на більшості станцій очищення стічних вод. Ступінь очищення біогенних елементів при такій схемі залежить від стабільності режиму перемішування. Перемішування активного мулу й стічної води проводять механічними мішалками або повітрям.

№.№ориг. №.	Підп. і датаПідп. і	№.№вза	№.№субл. №.	Підп. і датаПідп. і
Змн	Лист	№ докум. №	Підп. Підп	Дата

Пневматичне перемішування призводить до розчинення кисню і зниження ефективності денітрифікації і відбору бактерій, що акумулюють фосфор. При механічному перемішуванні у відповідні зони разом з водою і активним мулом поступає кисень, проте, процеси біологічного очищення азоту й фосфору протікають добре.

Спосіб очищення стічних вод від амонійного азоту, відповідно до якого амонійний азот видаляють в двостадійному біологічному процесі з використанням нітритуючих бактерій та Анаммох-бактерій, який відрізняється тим, що амонійний азот вилучають у одному або більше реакторах з вторинного потоку, який був отриманий після регенерації сульфокислотного стиролдивінілбензолного катіоніту, який попередньо насичують амонієм з первинного потоку стоків.

Дві стадії процесу проводяться в один час в одному реакторі або послідовно в двох або більше реакторах з використанням різних систем контролю та управління процесом. Підтримання значення кислотності середовища в реакторі, в якому відбувається процес нітризації, в межах 7-8 проводять шляхом додавання NaHCO_3 , Na_2CO_3 або NaOH по трубопроводу [15].

Постановка завдань досліджень

На сьогодні видалення сполук азоту і фосфору із стічних вод є важливим завданням, адже надмірна їх кількість викликає процес евтрофікації водойм, що сприяє деградації водної екосистеми.

У неочищених міських стічних водах концентрація нітритів становить $0,08-0,6 \text{ мг/дм}^3$, амонійного азоту – $39,4 \text{ мг/дм}^3$ і нітратів – $0,6-3 \text{ мг/дм}^3$. Гранично допустимі концентрації становлять – $3,3 \text{ мг/дм}^3$, 30 мг/дм^3 і 45 мг/дм^3 , відповідно.

№. Неориг. №.	Підп. і дата Підп. і	Взаєм. №. №. Вза	№. Неориг. №.	Підп. і дата Підп. і
---------------	----------------------	------------------	---------------	----------------------

Важливою основою формування хімічного складу води є водний режим, швидкість води в річках, процеси зовнішнього та внутрішнього водообміну водойми.

На сьогодні відомі фізичні, фізико-хімічні, електрохімічні та біологічні методи видалення біогенних елементів зі стічної рідини. Широко застосованим методом є біологічний, що ґрунтується на процесах нітрифікації в присутності спеціально підібраних мікроорганізмів.

Основною метою роботи є підвищення рівня екологічної безпеки водних екосистем за рахунок покращення якості очищення стічних вод від біогенних елементів.

Відповідно до поставленої мети необхідно вирішити наступні **завдання**:

1. визначити чинники формування біогенного складу водних об'єктів;
2. дослідити фізико-хімічні характеристики стічних вод, що поступають на очищення на міські очисні споруди;
3. здійснити аналіз існуючих технологій очищення стічних вод від біогенних елементів;
4. розробити технологічне рішення для підвищення якості очищення стічних вод від біогенних елементів;
5. оцінити з економічної точки зору технологічне рішення.

№.№ориг. №.	Підп. і дата	№.№вза	№.№субл. №.	Підп. і дата
Змн	Лист	№ докум. №	Підп. Підп	Дата

РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА Й ОПИС МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Характеристика об'єкта і предмета дослідження

2.1.1 Характеристика стічних вод та технологічної схеми очищення

Для визначення якості стічних вод, що надходять на міські очисні споруди потрібно виконувати відбір проб та аналізувати їх протягом доби. Слід зазначити, що якість стічних вод протягом доби, так і кожен день не залишається стабільною.

В стічних водах спостерігається значне перевищення ГДК за вмістом як азотовмісних сполук так і фосфатів. Таким чином, можна зазначити що міські очисні споруди не справляються повністю з очищенням від біогенних сполук.

Вміст сполук фосфору, які надходять на міські очисні споруди від населення не регламентується. Проте існують Правила приймання стічних вод підприємств у комунальні та відомчі системи каналізації населених пунктів України, відповідно до яких забороняється скидати до міської каналізації стоки, в яких концентрація фосфатів більша ніж 10 мг/л, нітратів – 45 мг/л, нітритів – 3,3 мг/л та амонійного азоту – 30 мг/л.

Дані правила поширюються на організації, установи та підприємства, які скидають усі види стічних вод у систему міської каналізації.

До каналізаційної системи міста Суми дозволяється приймати стічні води, які не можуть порушувати роботу мережі каналізації та споруд, забезпечують безпеку їх використання та можуть бути очищені разом із стічними водами від населення на очисних спорудах.

Стічні води, які можуть бути прийняті до міської каналізаційної мережі:

Не повинні мати:

- температуру вище 40 °С;
- кислотність нижче 6.5 або вище 9.0;

№в.№ориг.№в.	Підп. і датаПідп. і	№вза	№в.№субл.№в.	Підп. і датаПідп. і
Змн	Лист	№ докум.№	Підп.Підп	Дата

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ

Стор.

26

- ХСК вище БСК₅ більш ніж у 2,5.

Не повинні в собі містити:

- забруднюючі речовини, концентрація яких перевищує допустимі концентрації, які установлені Договором з КП «Міськводоканал»;

- речовини, які мають здатність забивати труби, колодязі, ґрати або відкладатися на стінках труб, колодязів, поверхні ґрат (будівельне сміття, солому, харчові і тверді виробничі відходи, абразивні порошки та інші абразивні грубодисперсні зависі, окалина, вапно, пісок, гіпс, смола, мазут, канига тощо);

- речовини, що сприяють руйнуванню труб, елементів споруд каналізації та мають отруйний вплив на працюючий персонал, такі як:

- горючі домішки і розчинені газоподібні речовини, які можуть утворювати вибухонебезпечні суміші;

- агресивні гази які мають руйнівний корозійний вплив на каналізаційні мережі і споруди та небезпечні для життя людини;

- речовини, яким не встановлено гранично допустимі концентрації (ГДК) у воді водойм рибогосподарського та інших видів водокористування, а також речовини, для визначення яких не розроблено методів аналітичного контролю;

- токсичні речовини, що заважають біологічному очищенню стічних вод;

- небезпечні бактеріальні, вірусні, токсичні та радіоактивні забруднення;

- нерозчинні олії;

- біологічно жорсткі синтетичні поверхнево-активні речовини, які важко зруйнувати;

- тільки неорганічні речовини або речовини, що не можуть біологічно розкластися.

Категорично заборонено скидати у міську каналізаційну мережу:

- кислоти, розчинники, розчини, речовини, які можуть містити або утворювати при контакті зі стічними водами сірководень, сірковуглець, вуглекислий газ, ціаністі сполуки, легколеткі вуглеводні та інші токсичні,

№.Неориг.№.	Підп. і датаПідп. і	№.Неориг.№.	№.Неориг.№.	№.Неориг.№.	№.Неориг.№.
№.Неориг.№.	Підп. і датаПідп. і	№.Неориг.№.	№.Неориг.№.	№.Неориг.№.	№.Неориг.№.

Змн	Лист	№ докум.№	Підп.Підп	Дата
-----	------	-----------	-----------	------

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ

Стор.

27

горючі та вибухонебезпечні речовини (бензин, діетиловий ефір, дихлоретан, бензол та їхні похідні тощо);

- концентровані маточні та кубові розчини;
- дренажні води;
- організований скид поверхневих (зливових) вод з територій промислових підприємств;
- осади після локальних очисних споруд;
- ґрунт, побутове і будівельне сміття, відходи виробництва;
- об'єми стічних вод які перевищують договірні;
- стічні води, які містять в своєму складі радіоактивні, токсичні речовини, солі важких металів і бактеріальні забруднення, у тому числі стічні води інфекційних лікувальних закладів і відділень;
- промислові стічні води, при взаємодії з якими можуть утворюватися емульсії, токсичні або вибухонебезпечні гази, а також значна кількість нерозчинних речовин.

Стічні води, які містять в своєму складі радіоактивні, токсичні речовини, солі важких металів і бактеріальні забруднення, у тому числі стічні води інфекційних лікувальних закладів і відділень та виробничі стічні води, при взаємодії з якими можуть утворюватись емульсії, токсичні або вибухонебезпечні гази, а також значну кількість нерозчинних у воді речовин, перед тим як випускати в каналізаційну мережу мають бути знезаражені та знешкоджені на локальних очисних спорудах з обов'язковою утилізацією або захороненням осадів які утворилися.

Допустимі концентрації забруднюючих речовин (ДК) визначені відповідно до Санітарних правил і норм охорони поверхових вод від забруднення - СанПін 4630-88, розрахунку до проекту Правил приймання стічних вод Споживачів у каналізаційну мережу міста Суми, розміщених на сайті Сумської міської ради 29 грудня 2016 року, та вимог до складу та властивостей стічних вод, які скидаються до системи централізованого

№.№ориг.№.	Підп. і датаПідп. і	№.№ориг.№.	№.№ориг.№.	№.№ориг.№.
№.№ориг.№.	Підп. і датаПідп. і	№.№ориг.№.	№.№ориг.№.	№.№ориг.№.
№.№ориг.№.	Підп. і датаПідп. і	№.№ориг.№.	№.№ориг.№.	№.№ориг.№.
№.№ориг.№.	Підп. і датаПідп. і	№.№ориг.№.	№.№ориг.№.	№.№ориг.№.

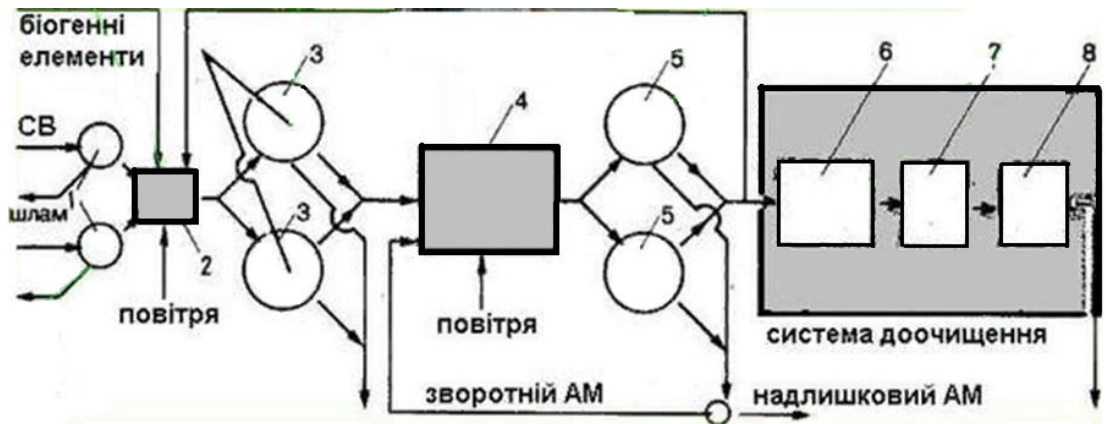
водовідведення, для безпечного їх відведення та очищення на каналізаційних очисних спорудах, які є розміщені на сайті Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України 10 серпня 2017 року та наведені в таблиці 2.1[16].

Таблиця 2.1 – Встановлені допустимі величини показників (ДВП) якості стічних вод в скидах споживачів у каналізаційну мережу м.Суми

№ з/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Величина показників, мг/л
1	2	3	4
1	Реакція середовища (рН)	од.	6,5 - 9,0
2	Температура	°С	+40
3	ХСК	мгО ₂ /л	500,0
4	БСК ₅	мгО ₂ /л	254,8
5	Завислі речовини	мг/л	300,0
6	Азот амонійний	мг/л	30, 0
7	Нітрити	мг/л	3,3
8	Нітрати	мг/л	45,0
9	Фосфати	мг/л	10,0
0	Хлориди	мг/л	350,0
11	Сульфати	мг/л	350,0
12	Нафта і нафтопродукти	мг/л	5,3
13	Жири рослинні та тваринні	мг/л	8,0
14	Синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР)	мг/л	10,0
15	Залізо (заг)	мг/л	2,5
16	Мідь	мг/л	0,5
17	Цинк	мг/л	1
18	Хром(заг)	мг/л	2,5
19	Свинець	мг/л	0,1
20	Нікель	мг/л	0,5
21	Сульфіді	мг/л	1,5
22	Фосфор (заг)	мг/л	5,0
23	Феноли	мг/л	0,25

№в.№ориг.№в. П/дп. і датаП/дп. і
 №в.№ориг.№в. П/дп. і датаП/дп. і
 №в.№ориг.№в. П/дп. і датаП/дп. і
 №в.№ориг.№в. П/дп. і датаП/дп. і

Процес очищення стічних вод на міських очисних спорудах відбувається по принциповій схемі, яка зображена на рисунку 2.1



1 – пісковловлювачі; 2 – усереднювачі; 3 – первинні відстійники; 4 – аеротенк; 5 – вторинні відстійники; 6 – біологічні ставки; 7- освітлення; 8 – реагентне оброблювання

Рисунок 2.1 – Принципова схема очисних споруд

Загалом очищення стічних вод на міських очисних спорудах відбувається за стандартним принципом. Стічна вода разом зі шламом надходить на етап механічного очищення (пісковловлювачі). Це початковий етап процесу обробки води. На цих спорудах затримується мінеральні речовини, які перебувають у стічній воді (пісок, глина, шлам). Пісковловлювачі є важливою складовою, адже наявність піску та інших мінеральних сполук заважає роботі відстійників.

Потім через вхідний трубопровід вода надходить до усереднювача. Після чого до первинного відстійника, де відбувається відстоювання з отриманням мулу-сирцю та очищенням зі стічної води частини біогенних речовин з додатковим фізико-хімічним очищенням для покращення і прискорення усунення забруднень.

№.№ориг. №.	Підп. і датаПідп. і	№.№засм. №.№Вза	№.№орубл. №.	Підп. і датаПідп. і
Змн	Лист	№ докум.№	Підп.Підп	Дата

Після цього наступає етап біологічного очищення, який відбувається в аеротенках. Повітря подається через пористі пластинки, які знаходяться на дні, перемішує суміш води, яка була попередньо відстоєна, з активним мулом. При цьому постачається кисень, який використовують бактерії для своєї життєдіяльності і внаслідок окислюють органічні забруднення.

Наступний етап – вторинні відстійники. На ньому відбувається усунення забруднень, де здійснюється живлення мікроорганізмів залишковими органічними речовинами стоків шляхом окислення.

Після чого оброблювана вода потрапляє в систему доочищення. Вона представляє собою біологічні ставки, зона освітлення та зона реагентного оброблення.

Будучи кінцевою ланкою біологічні ставки, формують якість води, яка скидатиметься у природні водойми. Біологічні ставки очищають від мінеральних речовин, зважених часток та забезпечують високий рівень бактеріального очищення.

Заключним етапом є зона реагентного оброблювання, в якій відбувається процес дезінфекції методом хлорування, озонування, тощо.

2.1.2 Характеристика мінерального носія для інтенсифікації процесу біологічної денітрифікації

Під час біохімічної обробки і в ході реакції Клауса весь сірководень, що входив до складу газо-рідких сумішей, використовується для одержання сірки: біосульфи (з систем біодесульфурації) та газоподібна сірка відповідно, які мають як аналогічні фізико-хімічні властивості, так і деякі особливості відмінностей. Слід зазначити, що біосервіс більш вимогливий до використання в сільському господарстві як компонент добрив та фунгіцидів [17].

№в.№ориг.№в.	Підп. і датаПідп. і	Взаєм.№в.№вза	№в.№субл.№в.	Підп. і датаПідп. і

Аналіз складу газоподібної сірки представлений в таблиці 2.2 і його загальна форма показана на рисунку 2.2. Газоподібна сірка має таку ж хімічну формулу, як тверда або рідка сірка, S8.

Таблиця 2.2 - Технологічні параметри газоподібної сірки [18]

Параметри	Норма технічної газоподібної сірки
Масова частка сірки,%, мінімальна	99,20
Масова частка води%, мінімальна	1,0
Відмова від вигорання масова частка,%, мінімальна	0,4
Масова частка органічних речовин,%, мінімальна	0,5
Масова частка кислот при перетворенні на пару сірки,%, мінімальна	0,02



Рисунок 2.2 - Фото газоподібної сірки (діаметром 3-6 мм)

Основні етапи виробництва біо-сірки описані в блок-схемі на рис. 2.3 з зазначенням його компонентного складу.

Виявлено дифрактометричне дослідження та растрове мікроаналіз структури біосусіди та визначено те, що 60% його складають ортомолекули

№.№ориг.№в. Підп. і датаПідп. і Взаєм.№в.№вза №в.№субл.№в. Підп. і датаПідп. і

Змн	Лист	№ докум.№	Підп.Підп	Дата
-----	------	-----------	-----------	------

S80. Крім того, виявлено органічне включення сірки (Sorg) та частинки компонентів перетворених гранул ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, CaCO_3 , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ та ін.).

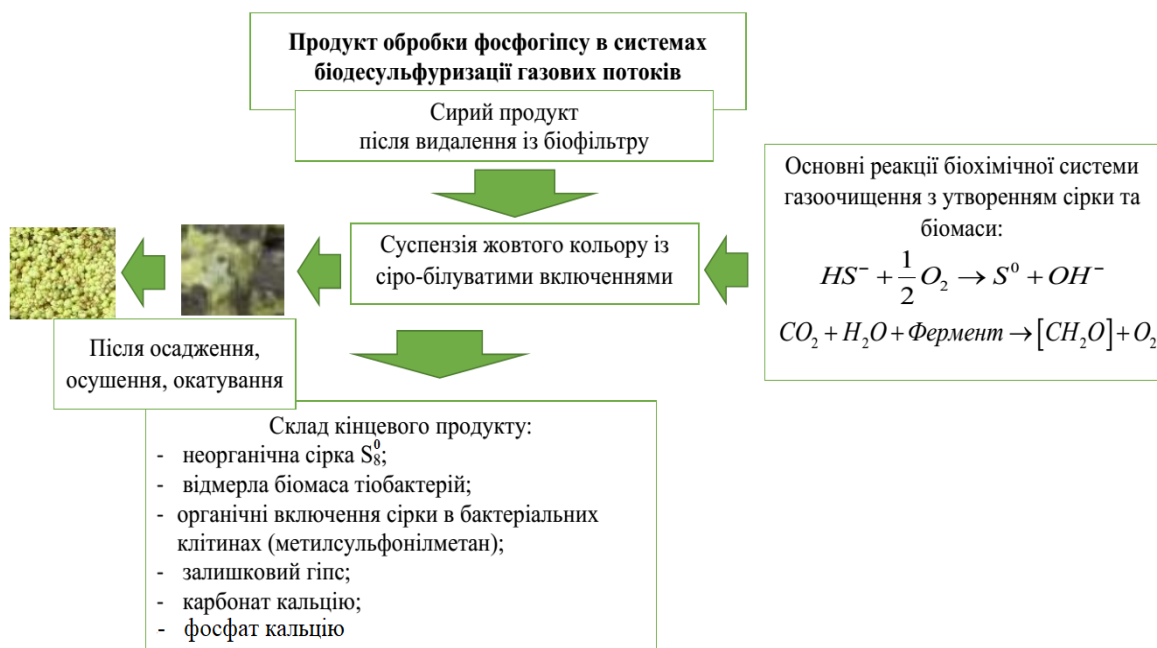


Рисунок 2.3 - Обробка біосировини в системах біодесульфурації газових потоків з використанням гранульованого фосфогіпсу [2]

Слід зазначити, що наявність додаткових біогенних елементів у біосфері дозволить зменшити або усунути необхідність постачання додаткових поживних речовин до системи. Крім того, фторид кальцію може бути присутнім у біосульфіді в присутності фтору у складі вторинної мінеральної сировини (фосфогіпсу) для виробництва іммобілізованого носія для систем біохімічної очистки відпрацьованих газів із сірководню. Фторид кальцію є хімічно відносно пасивним сполукою.

2.2 Опис науково-теоретичного методичного комплексу

Теоретичні основи роботи базуються на біохімічній формалізації процесів очищення з використанням системно-синергетичного підходу для

Інв.№ориг.Інв.	Підп. і датаПідп. і	Взаєм.інв.№Вза	Інв.№субл.Інв.	Підп. і датаПідп. і
Змн	Лист	№ докум.№	Підп.Підп	Дата

опису моделей автотрофної денітрифікації мікроорганізмів на основі принципів автокаталізу природних систем.

Культурно-ідентичний підхід. У роботі використано спеціальне програмне забезпечення для виявлення необхідних екологічних та трофічних груп мікроорганізмів та впровадження схем трофічних взаємодій у асоціаціях мікроорганізмів-денітрифікаторів.

Таксономічна класифікація кожного прочитаного була призначена на основі бази даних KEGG (Киотська енциклопедія генів та геномів).

KEGG - це ресурс бази даних для розуміння функцій та утиліт високого рівня біологічної системи, таких як клітина, організм та екосистема, від геномної та молекулярно-інформаційної інформації. Це комп'ютерне зображення біологічної системи, що складається з молекулярних будівельних блоків генів та білків (геномної інформації) та хімічних речовин (хімічна інформація), які інтегровані з знаннями на молекулярні електричні схеми мереж взаємодії, реакції та зв'язку (інформація системи) Моніторинг денітрифікації (нітрат => азот) M00529 був використаний для моделювання об'єднання основних екологічних і трофічних груп мікроорганізмів, що беруть участь в окремих стадіях цього процесу. Ця програма забезпечує визначення основних біохімічних реакцій, що включають ферменти та мікроорганізми, які містять відповідні гени [19].

Висновки до розділу 2

В розділі 2 було охарактеризовано якість стічних вод, які надходять на міські очисні споруди. Вміст в стічних водах сполук азоту та фосфору значно перевищує гранично допустимі концентрації. Для кожного населеного пункту, в тому числі міста Суми, існують Правила приймання стічних вод до систем централізованого водовідведення яких обов'язково потрібно дотримуватись.

№.№ориг.№в.	Підп. і датаПідп. і	№в.№субл.№в.	Підп. і датаПідп. і
№в.№ориг.№в.	Підп. і датаПідп. і	№в.№субл.№в.	Підп. і датаПідп. і
№в.№ориг.№в.	Підп. і датаПідп. і	№в.№субл.№в.	Підп. і датаПідп. і
№в.№ориг.№в.	Підп. і датаПідп. і	№в.№субл.№в.	Підп. і датаПідп. і

Змн	Лист	№ докум.№	Підп.Підп	Дата
-----	------	-----------	-----------	------

Також в розділі було охарактеризовано мінеральний носій для інтенсифікації процесу денітрифікації. Даним носієм слугує газоподібна сірка, технологічні параметри якої зазначено.

Описано спеціальне програмне забезпечення, за допомогою якого було виявлено необхідні екологічні групи мікроорганізмів та впроваджено схему трофічних взаємодій у асоціаціях мікроорганізмів-денітрифікаторів.

Інв.№ориг.Інв.	Підп. і датаПідп. і	Взаєм.Інв.№Вза	Інв.№субл.Інв.	Підп. і датаПідп. і	ПЕК 8.00.00.00 ПЗ					Стор.					
Змн	Лист	№ докум.№	Підп.Підп	Дата											35

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО РІШЕННЯ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ВІД БІОГЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ

3.1 Науково-теоретичні засади процесів денітрифікації стоків

Денітрифікація автотрофів пояснює термодинамічну нестабільність нітратів у критичних областях або відсутність лізисних органічних зв'язків.

Окрім органічного вуглецю, деякі денітрифікуючі бактерії можуть використовувати неорганічні речовини, такі як водень та сірка, марганець та залізо в якості донора електронів. Кілька досліджень показали застосування цього процесу для видалення нітратів із забруднених вод, а сірково-вапняковий реактор використовувався для денітрифікації стічних вод автотрофом.

В [20] вказується можливість використання промислових відходів десульфуризації димових газів для значного зменшення обсягу скидів при очищенні стічних вод. При цьому виділяються основні групи екотрофічних мікроорганізмів, які взаємодіють у біоорганічних циклах перетворення біогенних елементів (рис. 3.1).

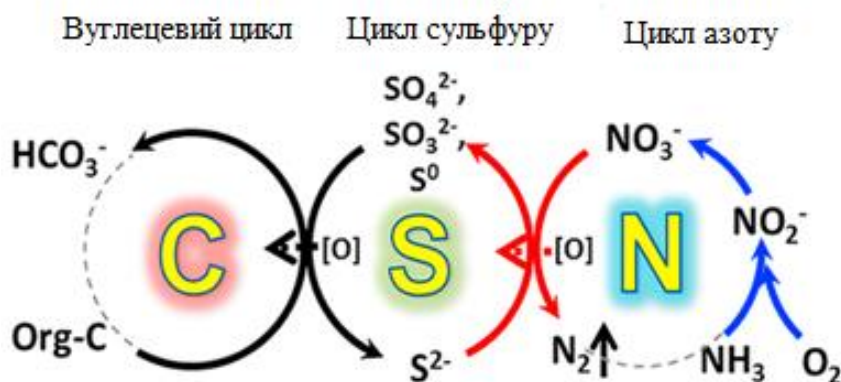


Рисунок 3.1 – Схема взаємодії в біохімічних циклах між гетеротрофними та автотрофними групами мікроорганізмів, що використовуються в біологічних очищення стічних вод [2]

У реакторі продемонстровано можливість денітрифікації в низькому співвідношенні ХСК (хімічне споживання кисню) / N, що встановлює

Інв.№ориг.Інв.	Підп. і датаПідп. і	Інв.№субл.Інв.	Підп. і датаПідп. і
Інв.№ориг.Інв.	Підп. і датаПідп. і	Інв.№субл.Інв.	Підп. і датаПідп. і
Інв.№ориг.Інв.	Підп. і датаПідп. і	Інв.№субл.Інв.	Підп. і датаПідп. і
Інв.№ориг.Інв.	Підп. і датаПідп. і	Інв.№субл.Інв.	Підп. і датаПідп. і

Змн	Лист	№ докум.№	Підп.Підп	Дата
-----	------	-----------	-----------	------

симбіотичний баланс між бактеріями-денітрифікаторами, що окислюють сірку та бактеріями, що відновлюють сульфати.

Переваги автотрофної денітрифікації включають в себе:

1. зменшення забруднення реактора мертвою біомасою;
2. оброблена вода не забруднена органічним вугіллям.

Впровадження систем очистки стічних вод з використанням автотрофного процесу денітрифікації дасть можливість розширити сферу застосування ряду побічних продуктів, що в даний час є мінімальною утилізацією у традиційній промисловій обробці. Наприклад, утилізація газоподібної сірки та біо-сірки.

Механізми перетворення сірки в природних екосистемах дозволяють зробити висновок про доцільність використання в якості сорбційного мінерального носія, що містять сірку, у системах очищення води, з подальшим перетворенням у органічну форму (з карбонатом мікроорганізмів) (рис. 3.2).

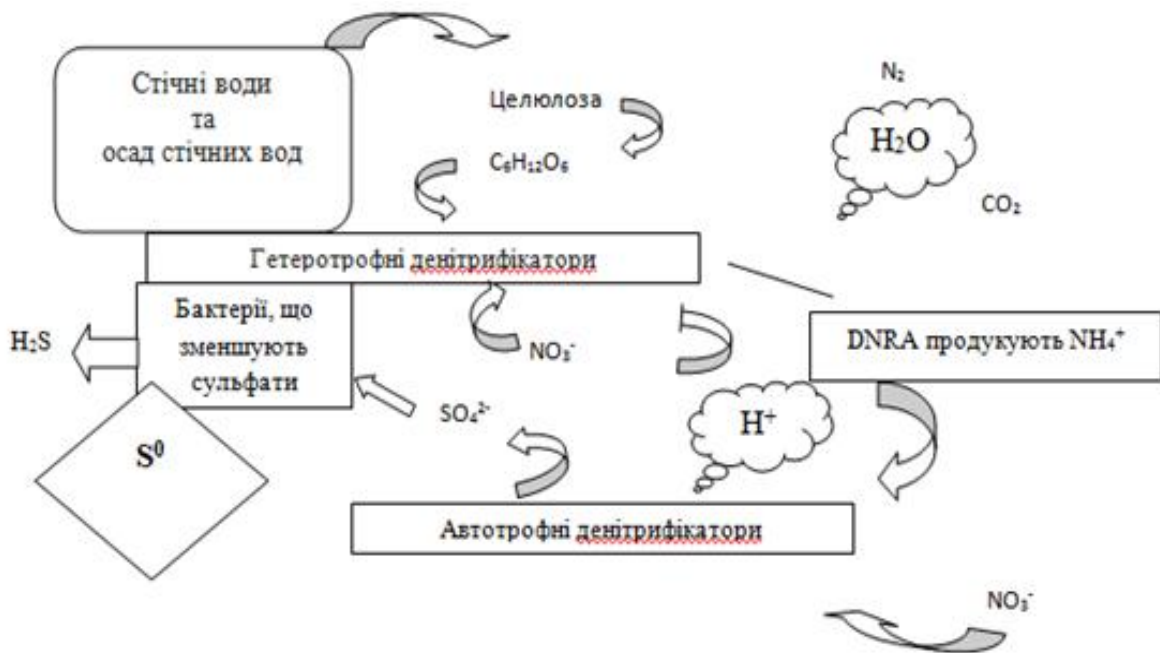


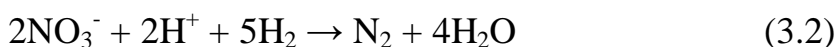
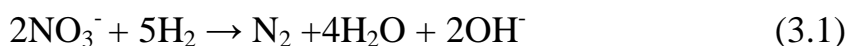
Рисунок 3.2 – Блок-схема взаємодії моделей в асоціації гетеротрофних і автотрофних денітрифікаційних бактерій у процесі очищення стічних вод та осаду стічних вод за умови наявності елементарної сірки [2]

Інв.№ориг.Інв.	Підп. і датаПідп. і
Взаєм.Інв.№Вза	Інв.№субл.Інв.
Підп. і датаПідп. і	
Змн	Лист
№ докум.№	Підп.Підп
	Дата

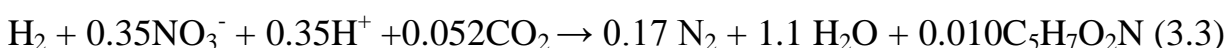
Відповідно до сучасних концептуалів, сірка з навколишнього середовища потрапляє в клітинну вакуолу (заповнюється добровільно) тіобактерій, у тому числі тіобактерій денітрифікаторів за рахунок дифузії і накопичується в ній як запасний матеріал. Ця сірка може оксидазувати, оскільки це може вимагатись. Швидкість окислення залежить від площі контакту сірки з бактеріальними клітинами. Це говорить про те, що на ділянці клітин бактерії є ферменти, які сприяють внесенню сірки в клітку, і під їх впливом сірка зводиться до сульфідного іону, окислення якого виникає ще внутрішньоклітинним шляхом.

Реакції енергії та синтезу автотрофної денітрифікації можна записати у вигляді таких рівнянь.

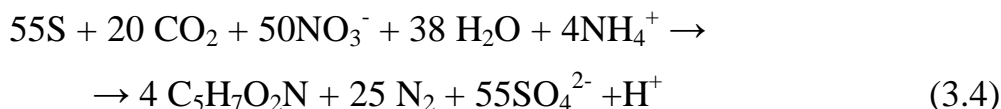
Енергетична реакція:



Синтезна реакція:



Стехіометричне рівняння для скорочення нітратів, що використовують елементарну сірку, протікає наступним чином:



Гетеротрофні денітрифікаційні бактерії утворюють електрони та протони, необхідні для перетворення нітратів з органічних сполук. Ці речовини

№.Неорис.№в. Підп. і дата Підп. і
№.Неорубл.№в. Підп. і дата Підп. і
№в.Неорубл.№в. Підп. і дата Підп. і
№в.Неорубл.№в. Підп. і дата Підп. і

включають вуглеводи, органічні спирти, амінокислоти та жирні кислоти. Наприклад, використання ацетату як джерела вуглеводів відбувається наступним чином:



Тому розробка комплексної технології денітрифікації, яка використовує газоподібну сірку та біосірку як іммобілізований сорбувальний агент для бактерій денітрифікації, який слідує за техногенною утилізацією сірки та виробництвом добрив.

Таким чином, необхідно провести експериментальні дослідження ефективності використання біосульфової та газоподібної сірки в біологічних фільтрах систем денітрифікації.

3.2 Напрямки інтенсифікації процесів біохімічного очищення стоків

Серед методів очищення стічних вод від нітратів спеціальну нішу займають біологічні методи денітрифікації, які поділяються на автотрофні та гетеротрофні.

Анаеробний активний мул застосовується у багатьох дослідженнях для відновлення нітритів та нітратів у процесі денітрифікації стічних вод. Денітрифікаційні бактерії зустрічаються серед представників *Acrobacterium* sp. та інші, які, перебуваючи в безоксичних умовах, використовують кисень для дихання, що містяться в нітратах та нітратах замість розчиненого кисню. При цьому більшість досліджень зосереджувалися на вивченні та підвищенні ефективності використання гетеротрофних бактерій-денітрафікуючих агентів, які представляють групу факультативних анаеробів. Цьому сприяє той факт, що вони присутні у стічних водах у великих кількостях і можуть використовувати забруднюючі речовини як вуглецеве джерело (метанол, етанол, оцтова

№в.№ориг.№в.	Підп. і датаПідп. і	№в.№ориг.№в.	№в.№ориг.№в.	№в.№ориг.№в.
№в.№ориг.№в.	№в.№ориг.№в.	№в.№ориг.№в.	№в.№ориг.№в.	№в.№ориг.№в.
№в.№ориг.№в.	№в.№ориг.№в.	№в.№ориг.№в.	№в.№ориг.№в.	№в.№ориг.№в.
№в.№ориг.№в.	№в.№ориг.№в.	№в.№ориг.№в.	№в.№ориг.№в.	№в.№ориг.№в.

кислота), значно полегшує експлуатацію конструкцій, оскільки це усуває необхідність вирощування спеціальної адаптованої мікрофлори [21]. Фільтри денітрифікації нижнього потоку працюють у традиційному режимі фільтрації і складаються з середовища та підтримують гравій, підтримуваний підпіркою. Стічна вода потрапляє в фільтр потоку, що надходить над водослипами по довжині фільтрового шару з обох боків.

Фільтр стічних вод подають з нижньої частини фільтра над контрольним перетином у свердловину. Під час процесу нітрат метаболізується до азотного газу, який стає вбудованим у фільтруюче середовище. Цикли звільнення від азоту необхідні для видалення цих акумуляторних газових пухирців, які накопичуються. Трубопровід фільтрувального фільтра і зворотної промивки аналогічний трубопроводу для звичайних фільтрів.

Стічна вода надходить у фільтр через вхідну трубу, а потім транспортується вниз через трубу подачі та розподільників (рис. 3.3). Вода рухається вгору через фільтрувальний матеріал, і фільтрат знімається з верхньої частини фільтра.

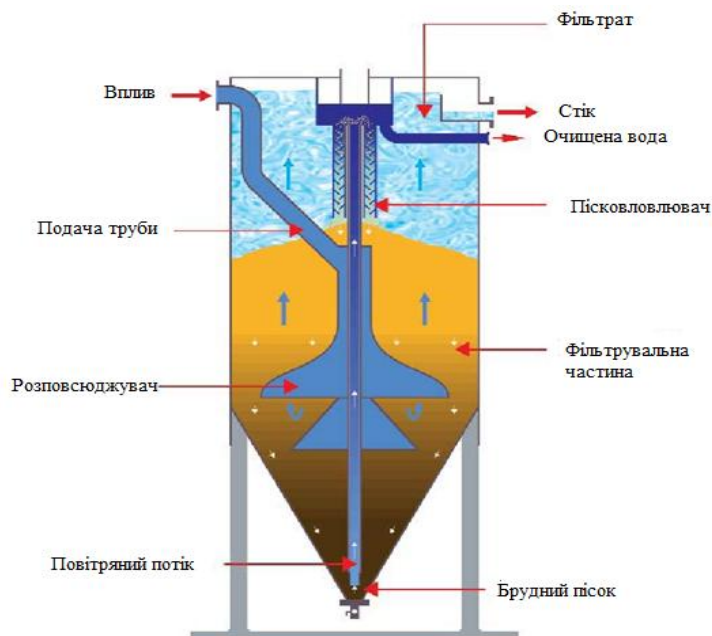


Рисунок 3.3 – Безперервний фільтр зворотнього потоку.

Переважне середовище для кожного виробника фільтра також представлене в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Фільтраційний матеріал в системах денітрифікації

Виробник / фільтр	Послуги Severn Trent / TETRA® Denite®	F.V. Леопольд / Елімі-Ніт	USFilter / Davco	Парксон / ДінаСанд	Raques and USFilter/ Astrasand
Режим потоку	Спадний потік	Спадний потік	Спадний потік	Висхідний потік	Висхідний потік
Розмір	457 мм (18 дюймов) градуированного гравия, 1,8 м (6 футов) 6 × 9 меш кварцевого песка, коэффициент равномерности 1,35, 0,8 минимальная сферическая плотность	381 мм (15 дюймов) градирня, 1,8 м (6 футов) песка размером 6 × 12 меш	2 слоя поддерживают гравий, 1,8 м (6 футов) песка размером 6 × 9 меш	От 1,35 до 1,45 мм субграницных сред или от 1,55 до 1,65 мм субангулярных сред с коэффициентом однородности от 1,3 до 1,6; Глубина слоя 2 м (6,6 фута)	От 1,2 до 1,4 мм песка, глубина слоя 2 м (6,6 фута)

Денітрифікація окремої стадії може бути виконана або як суспендований, або приєднаний процес росту, обидва з яких потребують зовнішнього джерела вуглецю, такого як метанол. Оскільки вони потребують великої площі та власної системи осадження і переробки осаду, окремі системи денітрифікації з підвісним зростанням не дуже поширені (рис.3.4).

№в.№ориг.№в. Підп. і дата Підп. і дата Підп. і дата Підп. і дата

Змн	Лист	№ докум.№	Підп.Підп	Дата
-----	------	-----------	-----------	------

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ

Стор.

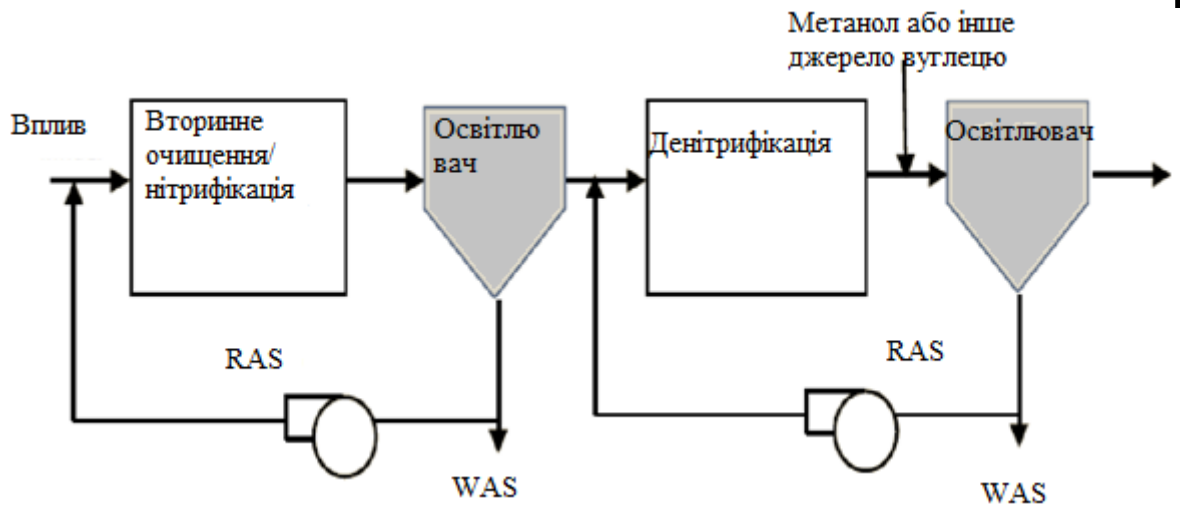


Рисунок 3.4 – Процес денітрифікації підвішених рішень на окремих етапах

Фільтри денітрифікації популярні, тому що вони легкі в модернізації і потребують меншої обробки поверхні та осаду. Агрегати можна просто додати до кінця вторинного процесу очищення, який включає нітрифікацію. Фільтри для спустошення потоку потребують зворотної промивки, щоб видалити тверді речовини та газ азоту, зафіксований у фільтруючому середовищі. Фільтри висхідного потоку покривають цю проблему, якщо фільтрувальний матеріал безперервно видаляється з нижньої частини пристрою, очищується і переробляється на вершину фільтра (рис.3.5) [22].

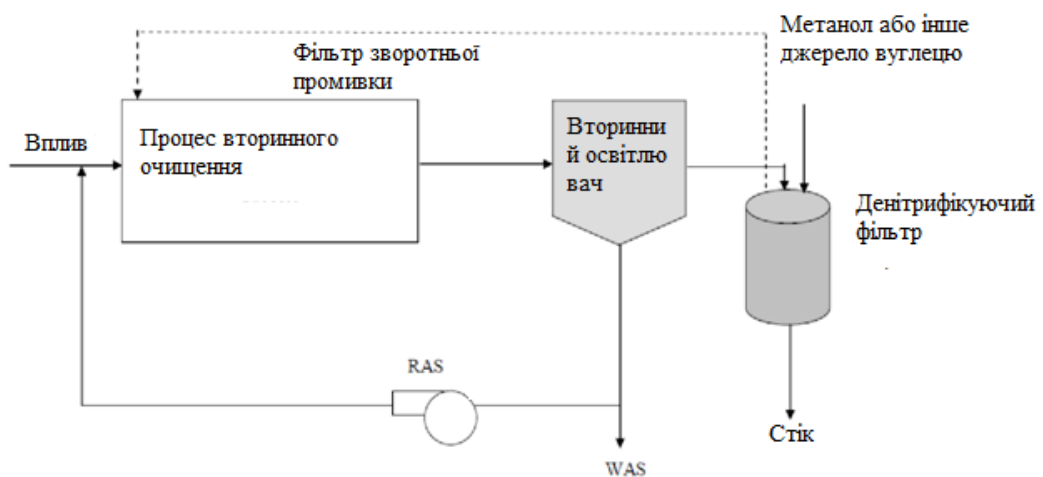


Рисунок 3.5 – Процес фільтрування денітрифікацій на окремому етапі

Інв.№ориг.Інв. Підп. і датаПідп. і Підп. і датаПідп. і Підп. і датаПідп. і Підп. і датаПідп. і датаПідп. і

Основні компоненти сучасних систем видалення біологічних живильних речовин безперервного активованого шламу (BNR) представлені на рис. 3.6.

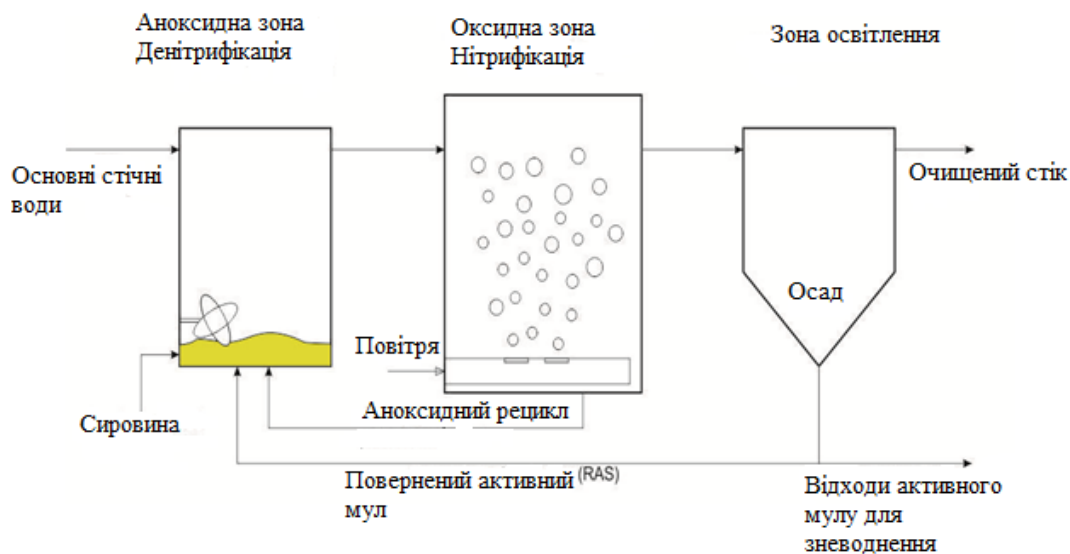


Рисунок 3.6 – Системи BNR безперервного активованого шламу

Аноксичний (денітрифікаційний) басейн або зона постійно отримує кілька потоків, включаючи головне харчування багатих аміаком стічних вод з анаеробного ставкового водоймища вище. Це великий обсягом потік, що містить основну частину нового навантаження азоту на систему [23].

При автотрофній денітрифікації сірка або водень використовуються мікроорганізмами як джерело енергії.

У дослідженні використано постійно перемішуваний цистерний реактор (CSTR), здатний забезпечити адекватне джерело живлення автотрофних денітрифікаторів [24]. Як показано на рис. 3.7, анаеробний реактор з перекриттів з нерухомим шаром був побудований з акрилової трубки 2,5 дюйма з чотирма портовими зразками (вбірками). Об'єм реактора з порожнинним шаром становить 1,11 л. Розміри зерна сірки та вапняку коливаються від 2,38 мм до 4,76 мм. У цьому проекті були включені системи збору та моніторингу газу.

Інв.№ориг.Інв.	Підп. і датаПідп. і	Взаєм.Інв.№Вза	Інв.№субл.Інв.	Підп. і датаПідп. і
----------------	---------------------	----------------	----------------	---------------------

Змн	Лист	№ докум.№	Підп.Підп	Дата
-----	------	-----------	-----------	------

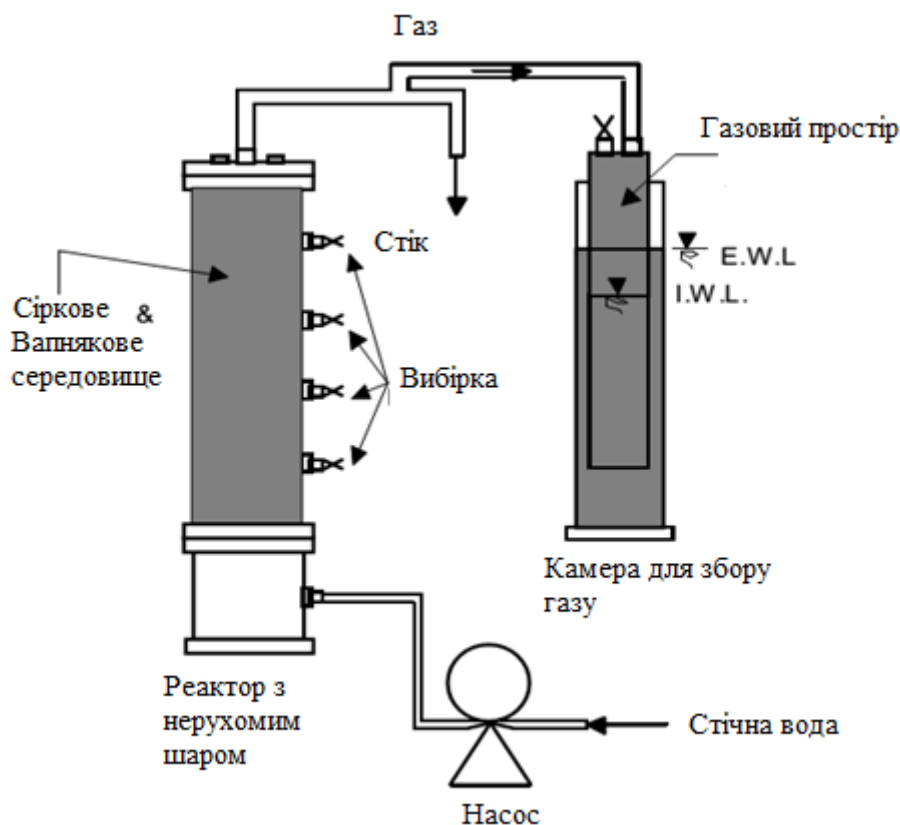


Рисунок 3.7 – Реактор з колонним стовпчиком висхідного потоку

Композиція вихідного розчину для CSTR: KNO_3 3,0 г / л; $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 6,0 г / л; NaHCO_3 , 1,5 г / л; Na_2HPO_4 , 1,5 г / л; KH_2PO_4 , 0,3 г / л; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0,4 г / л; і 1 мл розчину поживних речовин на літр кормового розчину.

Однак ці методи потрібно вдосконалити. Недоліками є забруднення залишковим метанолом або сіркою, а також великий вміст мікроорганізмів у очищеній воді. Крім того, цей процес характеризується підвищеною чутливістю до температурних умов, а його швидкість зменшується у холодній воді, що ускладнює використання біологічної денітрифікації в регіонах з холодним кліматом [25].

У роботі [25] запропоновано методи окислення амонію та важкодоступної органічної речовини стічних вод у аеробно-аноксидних умовах. Для здійснення процесу одночасної автотрофної та гетеротрофної денітрифікації було побудовано реактор об'ємом 61 дм^3 .

Повне утримання біомаси активного шламу проводили в реакторі, час перебування рідини становив 2,5–5 днів, доза шламу становила 1,5–2,5 г / дм^3 ,

Інв.№ориг.Інв. П/дп. і датаП/дп. і Взаєм.Інв.№Вза Інв.№субл.Інв. Підп. і датаПідп. і

Змн	Лист	№ докум.№	Підп.Підп	Дата
-----	------	-----------	-----------	------

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ

Стор.

твердих речовин, що потребують дорогої обробки та утилізації; низька щільність організму, що вимагає великих слідів для досягнення достатньої кількості лікувальних можливостей.

Таким чином, важливим напрямом досліджень є іммобілізація активної біомаси на носіях для зменшення їх вилуговування з біореакторного простору та перенесення процесу в безперервний технологічний режим для очищення стічних вод. А також введення корму для стимуляції розвитку автотрофних груп мікроорганізмів з мінімізацією видалення поживних речовин з системи.

Розробка біокомполітів для природних, деградуєчих на нітрат організмів, які зберігаються в цих системах і ніколи не залишають біофільтр, тому що вони захищені від розмиву, надмірного розвитку, токсичності та різких змін в роботі.

3.3 Технічне оснащення для реалізації процесу очищення стічних вод

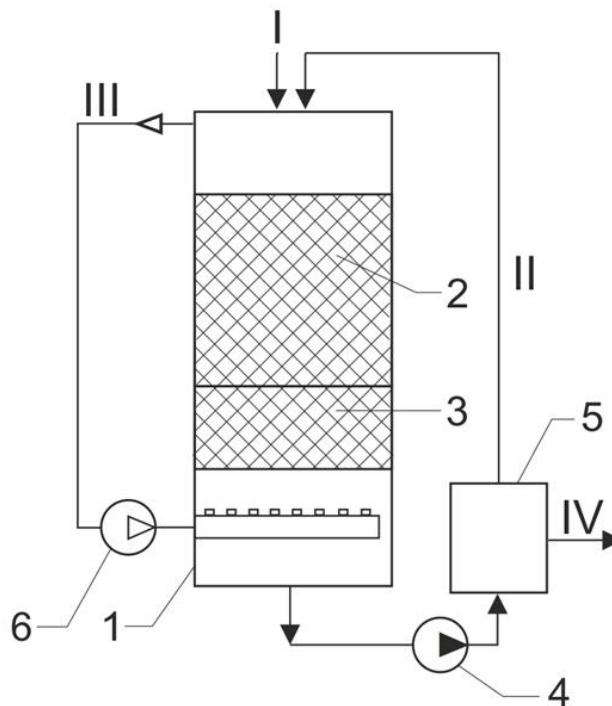
3.3.1 Біофільтраційна система для проведення процесу денітрифікації стічних вод з використанням біосірки та газової сірки

Для очищення стічних вод використовується метод фільтрації в анаеробних умовах при іммобілізації на носії з сірки автотрофних денітрифікуючих бактерій видів *Thiobacillus denitrificans* і *Thiomicrospira denitrificans*, а також можливе використання фототрофних видів – *Rhodospseudomonas sphaeroides f. denitrificans*. Ці види окислюють різні форми відновленої сірки до сульфату, при цьому відбувається відновлення нітратів і вивільнення кисню для власного метаболізму факультативних тіобактерій. Таким чином, при конверсії сірки відбувається відновлення нітратів до нітритів і в кінцевому підсумку - вивільнення молекулярного азоту.

№в.№ориг.№в.	Підп. і датаПідп. і	№в.№ориг.№в.	№в.№ориг.№в.	№в.№ориг.№в.
№в.№ориг.№в.	№в.№ориг.№в.	№в.№ориг.№в.	№в.№ориг.№в.	№в.№ориг.№в.
№в.№ориг.№в.	№в.№ориг.№в.	№в.№ориг.№в.	№в.№ориг.№в.	№в.№ориг.№в.
№в.№ориг.№в.	№в.№ориг.№в.	№в.№ориг.№в.	№в.№ориг.№в.	№в.№ориг.№в.

На рис. 3.8 показано розроблене технологічне рішення для реалізації процесу денітрифікації стоків у біофільтраційних системах із завантаженням із сірки.

Інтенсивна внутрішня циркуляція потоку в біофільтраційній системі стимулює зростання необхідних еколого-трофічних груп мікроорганізмів, потік стічних вод проходить крізь шар гранульованої сірки фільтруючого завантаження із розвинутою біоплівкою та в процесі біоконверсії сірки *T. denitrificans* застосовується для відновлення нітрату до молекулярного азоту. У процесі біохімічного перетворення кислотно-лужний баланс системи змінюється та виникає зміщення значень рН в кислотну сторону, тому в нижній частині біофільтра завантажуються кальцій-вмістний дренажний матеріал для буферування потоку води.



- 1 – корпус біофільтра; 2 – носій з сірки; 3 – гранули з матеріалу, що містить кальцій; 4, 6 – насос; 5 – ємність для відбору стоку;
 I – вхідний потік для очищення; II – вихідний потік для рециркуляції;
 III – цикл газової фази; IV – очищений потік

Рисунок 3.8 – Система біологічної фільтрації

Інв.№ориг.Інв.	Підп. і датаПідп. і
Взаєм.інв.№Вза	Інв.№субл.Інв.
Підп. і датаПідп. і	Підп. і датаПідп. і
Змн	Лист
№ докум.№	Підп.Підп
Дата	Дата

Біофільтраційна система працює наступним чином. Вхідний потік на очищення (лінія I) (стічні води) подається через отвір у верхній частині корпусу біофільтра (1). Далі потік рухається вниз вздовж фільтруючого завантаження у проточному режимі. Як фільтруюче завантаження використовується носій із сірки (2) зі штучно іммобілізованими бактеріями-денітрифікаторами, які використовують сірку як джерело живлення. Відбувається розвиток біоплівки на носії із сірки (2) та за рахунок розвинутої поверхні завантаження здійснюється вилучення нітросполук із вихідного потоку. У подальшому під дією сил тяжіння потік проходить через завантаження з гранул, що містять сполуки кальцію (3) для підвищення рН очищеної води. Профільтрована вода збирається в нижній частині біофільтра і по трубопроводу за допомогою насоса (4) подається до ємності для відбору стоку (5).

У процесі очищення утворена газова фаза лінією III за допомогою насоса (6) подається в нижню частину корпусу біореактору (1) через перфоровану трубу.

Очищений потік відводиться із системи (лінія IV) споживачам або може скидатися у водойму. Вихідний потік може подаватися на рециркуляцію (лінія II).

Для здійснення процесу очищення пропонується співвідношення основних компонентів суміші фільтраційного матеріалу для заповнення біофільтра: 2/3 гранульованої сірки та 1/3 гранул (діаметром 10 мм) з матеріалом, що містить кальцій.

Якісною ознакою використання сірки є збільшення порогового простору всередині сірчаних гранул у процесі споживання сірки мікроорганізмами. Через 2-3 доби після іммобілізації і початку експлуатації біофільтра присутність потрібних еколог-трофічних груп бактерій при його роботі проявляється, коли газові бульбашки починають формуватися в проміжках між фільтруючим завантаженням з гранульованої сірки. Прогнозовано через 12-14 днів в системі повинна функціонувати стійка біоплівка з розвиненим бактеріальним

№в.№ориг.№в.	Підп. і датаПідп. і	№в.№вза	№в.№взабл.№в.	№в.№взабл.№в.	Підп. і датаПідп. і
Змн	Лист	№ докум.№	Підп.Підп	Дата	

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ

Стор.

48

матриком, яка поширюється по всьому об'єму носія з сірки. Для контролю ефективності очищення здійснюється моніторинг рівня нітратів в ppm або мг/дм³ в стічній воді до і після проходження біофільтраційної системи.

3.3.2 Розрахунок біофільтра

Даний біофільтр відноситься до високонавантажених. Розрахунок проводимо згідно з СНП 2.04.03-85.

1) Визначаємо коефіцієнт k , який в подальшому дозволить визначити гідравлічне навантаження.

$$k = \frac{L_1}{L_2} \quad (3.6)$$

де, L_1 - БПК₅ стічних вод, які поступають на очищення;

L_2 - БПК₅ очищених стічних вод.

Отже, $k = \frac{157,31}{15} = 10,5$

2) Визначаємо значення H , q та $V_{уд}$ по середній температурі стічних вод в холодний період року та знайденому значенню k . Використовуємо таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 – Параметри розрахунку високонавантажувальних біофільтрів [26].

Питомий об'єм повітря, яке подається $V_{уд}, \text{ м}^3/\text{м}^3$	Висота біофільтра $H, \text{ м}$	Значення k , при середній температурі стічної води в холодний період $T, ^\circ\text{C}$											
		8			10			12			14		
		Гідравлічне навантаження $q, \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{добу})$											
		10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

№ орис. №. Підп. і дата Підп. і дата Підп. і дата Підп. і дата Підп. і дата Підп. і дата Підп. і дата Підп. і дата Підп. і дата Підп. і дата

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
8	2	3,02	2,32	2,04	3,38	2,5	2,18	3,76	2,74	2,36	4,3	3,02	2,56
	3	5,25	3,53	2,89	6,2	3,96	3,22	7,32	4,64	3,62	8,95	5,25	4,09
	4	9,05	5,37	4,14	10,4	6,25	4,73	11,2	7,54	5,56	12,1	9,05	6,54
10	2	3,69	2,89	2,58	4,08	3,11	2,76	4,5	3,36	2,93	5,09	3,67	3,16
	3	6,1	4,24	3,56	7,08	4,74	3,94	8,23	5,31	4,36	9,9	6,04	4,84
	4	10,1	6,23	4,9	12,3	7,18	5,68	15,1	8,45	6,88	16,4	10	7,42
12	2	4,32	3,38	3,01	4,76	3,72	3,28	5,31	3,98	3,44	5,97	4,31	3,7
	3	7,25	5,01	4,18	8,35	5,55	4,78	9,9	6,35	5,14	11,7	7,2	5,72
	4	12	7,35	6,83	14,8	8,5	6,92	18,4	10,4	7,69	23,1	12	8,83

Отже, при $T = 14^{\circ}\text{C}$ та значенні $k=10,5$ маємо такі значення:

- $q = 20 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{добу});$
- $H = 4 \text{ м};$
- $V_{\text{уд}} = 10 \text{ м}^3 / \text{м}^3$

3) Визначаємо площу біофільтрів, м^2 при роботі без рециркуляції:

$$S = Q/q \quad (3.7)$$

де, Q - витрата стічних вод, $\text{м}^3/\text{добу};$

q - гідравлічне навантаження, $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{добу}).$

Отже, $S = 40000/20 = 2000 \text{ м}^2$

4) Розраховуємо об'єм фільтрувального завантаження:

$$W = S \cdot H = 2000/4 = 500 \text{ м}^3 \quad (3.8)$$

5) Визначаємо ефективність роботи даного біофільтра:

$$E = \frac{L_{ent} - L_{ex}}{L_{en}} \cdot 100\% \quad (3.9)$$

№. №ориг. №.	Підп. і дата Підп. і	№. №заст. №. №вза	№. №убл. №.	Підп. і дата Підп. і	ПЕК 8.00.00.00 ПЗ								Стор.
					Змн	Лист	№ докум. №	Підп. Підп	Дата	50			

$$L_{en'} = L_{en} - 0.2 \cdot L_{en} = 157.31 - 0.2 \cdot 157.31 = 125.85 \text{ мг/л}$$

Ефективність роботи біофільтра становить:

$$E = \frac{125,85 - 15}{125,85} \cdot 100\% = 88\%$$

Отже, провівши розрахунок біофільтра, було визначено ефективність його роботи, яка становить 88%, та об'єм фільтрувального завантаження – 500 м², відповідно, при цьому необхідна маса газової сірки становить 980 тон (при щільності 1960 кг/м³).

Висновки до розділу 3

В розділі було проаналізовано науково-теоретичні засади процесів денітрифікації стоків.

Денітрифікуючі бактерії окрім органічного вуглецю можуть використовувати неорганічні речовини, такі як сірка, в якості донора електронів.

Для очищення стічних вод можливе використання промислових відходів десульфуризації димових газів.

Необхідно проводити експериментальні дослідження ефективності використання газової сірки та біосірки в біологічних фільтрах систем денітрифікації.

Також в розділі були досліджені напрямки інтенсифікації процесів біохімічного очищення стоків.

Фільтри денітрифікації легкі в модернізації, потребують меншої обробки поверхні та осаду. Такі фільтри можна додати до кінця вторинного процесу очищення, який включає нітрифікацію.

Інв.№ориг.Інв. Підп. і датаПідп. і Інв.№зубл.Інв. Підп. і датаПідп. і Взаєм.Інв.№Взаєм.Інв.№ Підп. і датаПідп. і Інв.№ориг.Інв.

В розділі було розглянуто технічне оснащення для реалізації процесу очищення стічних вод.

Використовується метод фільтрації в анаеробних умовах при імобілізації на носії з сірки автотрофних денітрифікуючих бактерій. Для цього використовується біофільтр, який заповнений на 2/3 гранульованою сіркою та 1/3 гранулами матеріалу, що містять кальцій.

Розрахувавши даний біофільтр, було визначено ефективність роботи, яка становить 88% та об'єм фільтрувального завантаження - 500 м², відповідно, при цьому необхідна маса газової сірки становить 980 тон (при щільності 1960 кг/м³).

Інв.№ориг.Інв.	Підп. і датаПідп. і	Взаєм.інв.№Вза	Інв.№субл.Інв.	Підп. і датаПідп. і
Змн	Лист	№ докум.№	Підп.Підп	Дата

РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Одним з основних показників економіко-екологічних оцінок є економічний збиток, завданий народному господарству забрудненням навколишнього середовища, і зокрема забруднення водних об'єктів.

Найбільш прогресивним напрямом захисту водойм від забруднення визнане максимальне зниження концентрацій шкідливих речовин шляхом удосконалення технологічних процесів очищення при мінімальних витратах і поліпшених показниках. На сьогодні це дуже актуально, адже будівництво додаткових очисних споруд проблематично через умови забудови й дефіциту площ, а також через відсутність необхідного фінансування.

Таким чином, предметом економічної оцінки об'єкта природокористування є його суспільна споживча вартість як просторового базису розміщення виробництва, засобу виробництва і предмета праці, коморою корисних копалин та сировини, джерела води і біологічних ресурсів.

Економічний розрахунок дипломного проекту складається з наступних етапів:

1. Оцінки вартості витрат на проведення природоохоронних заходів (В).
2. Оцінки річного еколого-економічного ефекту від проведення природоохоронних заходів (Е).
3. Оцінки терміну окупності витрат на проведення природоохоронного заходу.

4.1 Оцінка вартості витрат на проведення природоохоронних заходів

Витрати на проведення природоохоронних заходів (В) розраховуються за формулою:

$$B = K + C, \quad (4.1)$$

Інв.№ориг.Інв.	Підп. і датаПідп. і	Взаєм.Інв.№Вза	Інв.№субл.Інв.	Підп. і датаПідп. і	ПЕК 8.00.00.00 ПЗ				Стор.
					Змн	Лист	№ докум.№	Підп.Підп	Дата

де К – капітальні витрати на проведення природоохоронного заходу, грн.

С – поточні річні витрати на проведення природоохоронних заходів.

Вартість 1 біофільтра:

1) Капітальні витрати К:

- вартість матеріалів для виготовлення корпусу біофільтра та монтажних робіт – 90 000 грн;
- вартість завантаження – 2090 грн/т, відповідно отримуємо за 980т = 2048200 грн;

Разом 2138200 грн.

2) Експлуатаційні витрати:

- Чистка біофільтра – 1300 грн./міс., тоді річні витрати складають 15600 грн./рік

Тоді витрати на проведення природоохоронних заходів складуть:

$$V=K+C=2138200 + 15600=2153800 \text{ грн.}$$

4.2 Еколого-економічний ефект від проведення природоохоронних заходів

Еколого-економічний ефект від проведення природоохоронних заходів (Е) розраховується за формулою:

$$E = E_n + E_z, \quad (4.2)$$

де Еп – це еколого-економічний ефект за рахунок економії на сплаті економічного податку в результаті зменшення викидів в навколишнє середовище після проведення природоохоронних заходів. Еп розраховується як різниця між розміром екологічного податку до проведення природоохоронного заходу (Еп1) та розміром екологічного податку після проведення природоохоронного заходу (Еп2), тобто Еп=Еп1-Еп2, грн.

№.№ориг.№.	Підп. і датаПідп. і	№.№субл.№.	№.№вза.	№.№субл.№.	Підп. і датаПідп. і
Змн	Лист	№ докум.№	Підп.Підп	Дата	

Ез – це еколого-економічний ефект за рахунок зменшення еколого-економічного збитку. Ез розраховується як різниця між розміром збитку до проведення природоохоронного заходу (Ез1) та розміром збитку після проведення природоохоронного заходу (Ез2), тобто $Ез = Ез1 - Ез2$, грн.

Суми податку, який справляється за скиди забруднюючих речовин у водні об’єкти (Пс), обчислюються платниками самостійно щокварталу виходячи з фактичних обсягів скидів, ставок податку та коригуючих коефіцієнтів за формулою:

$$P_c = \sum_{i=1}^n (M_{ли} \cdot H_{ni} \cdot K_{oc}), \quad (4.3)$$

де Млі - обсяг скиду і-тої забруднюючої речовини, в тоннах (т);

Нпі – ставки податку в поточному році за тонну і-того виду забруднюючої речовини, у гривнях з копійками

Кос - коефіцієнт, що дорівнює 1,5 і застосовується у разі скидання забруднюючих речовин у ставки і озера (у іншому випадку коефіцієнт дорівнює 1);

$E_{п1} = (2,8 \cdot 802 \times 1) + (0,2 \cdot 3939 \times 1) + (0,1 \times 69 \cdot 1) = 2245,6 + 787,8 + 6,9 = 3040,30$
грн

Далі розраховуємо суму податку після впровадження біофільтра (вважаємо що ефективність його роботи становить 88%).

$E_{п2} = (2,4 \cdot 802 \cdot 1) + (0,1 \cdot 3939 \cdot 1) + (0,08 \cdot 69 \cdot 1) = 1924,8 + 393,9 + 5,52 = 2324,22$
грн.

Отже, $E_p = E_{п1} - E_{п2} = 3040,30 - 2324,22 = 716,08$ (грн.)

Еколого-економічний збиток від забруднення навколишнього середовища (З) розраховується як сума збитків :

- Атмосфері (За)
- Водним ресурсам (Зв)
- Земельним ресурсам (Зз)

$$\text{Тобто } Z = Z_a + Z_b + Z_3, \quad (4.4)$$

В нашому випадку скид стічних вод з високим вмістом біогенних елементів приносить збиток лише водним ресурсам.

Розрахунок маси наднормативного скиду забруднюючої речовини у водний об'єкт зі зворотними водами внаслідок перевищення встановленого нормативу ГДС здійснюється за формулою:

$$M_i = (C_{i\phi} - C_{i0}) \cdot Q_{i\phi} \cdot t \cdot 10^{-6}, \quad (4.5)$$

де M_i – маса наднормативного скиду i -ї забруднюючої речовини у водний об'єкт зі зворотними водами, т;

$C_{i\phi}$ – середня фактична концентрація i -ї забруднюючої речовини у зворотних водах, г/м³;

C_{i0} – значення затвердженого нормативу ГДС i - тої забруднюючої речовини, г/м³;

$Q_{i\phi}$ – фактичні витрати зворотних вод, м³/год;

t – тривалість скидання зворотних вод з порушенням нормативів ГДС, год;

10^{-6} – коефіцієнт перерахування маси забруднюючих речовин.

$$M_{\text{амонійного азоту}} = (70-30) \cdot 1666 \cdot 24 \cdot 10^{-6} = 1,6 \text{ т}$$

$$M_{\text{нітритів}} = (6-3,3) \cdot 1666 \cdot 24 \cdot 10^{-6} = 0,1 \text{ т.}$$

Розрахунок розмірів відшкодування збитків, заподіяних водним об'єктам (крім морських вод) внаслідок скидів забруднюючих речовин зі зворотними водами з перевищенням встановленого нормативу ГДС, грн, здійснюється за формулою:

$$Z = K_{\text{кат}} \cdot K_p \cdot k_3 \cdot (M_{i1} + M_{i2} + \dots + M_{im}) \cdot \gamma_i, \quad (4.6)$$

№. №ориг. №.	Підп. і дата Підп. і	№. №засл. №. №вза	№. №зубл. №.	Підп. і дата Підп. і	ПЕК 8.00.00.00 ПЗ				Стор.
					Змн	Лист	№ докум. №	Підп. Підп	Дата

де $K_{кат}$ – коефіцієнт, що враховує категорію водного об'єкта;

K_p – регіональний коефіцієнт дефіцитності водних ресурсів поверхневих вод;

$k_3 = 1,5$ – коефіцієнт ураженості водної екосистеми;

m – кількість забруднюючих речовин у зворотних водах;

M_i – маса наднормативного скиду i -ї забруднюючої речовини у водний об'єкт зі зворотними водами, т;

γ_i – питомий економічний збиток від забруднення водних ресурсів, віднесений до 1 тонни умовної забруднюючої речовини, грн/т, який визначається за формулою:

$$\gamma_i = \gamma \cdot A_i, \quad (4.7)$$

де γ – проіндексований питомий економічний збиток від забруднення водних ресурсів у поточному році, 57грн./т, який визначається за формулою:

$$\gamma = \gamma_{п} \cdot I/100, \quad (4.8)$$

де $\gamma_{п}$ – проіндексований питомий економічний збиток від забруднення водних ресурсів у попередньому році, грн/т;

I – індекс інфляції (індекс споживчих цін), середньорічний темп зростання за попередній рік, %;

A_i – безрозмірний показник відносної небезпечності i -ї забруднюючої речовини, який визначається із співвідношення за формулою:

$$A_i = 1/ГДК_i, \quad (4.9)$$

№в.№ориг.№в.	Підп. і датаПідп. і	№в.№субл.№в.	№в.№вза.	Підп. і датаПідп. і	Змн	Лист	№ докум.№	Підп.Підп	Дата	ПЕК 8.00.00.00 ПЗ		Стор.
												57

де $ГДК_i$ – безрозмірна величина, чисельно рівна $ГДК_i$ забруднюючої речовини у воді водного об’єкта відповідної категорії.

Для речовин з $ГДК$ рівною одиниці і більше в чисельнику вводиться поправний коефіцієнт 10 ($A_i = 10/ГДК$).

Для речовин, за якими відсутня величина граничнодопустимої концентрації, показник відносної небезпечності A_i приймається рівним 500, а при $ГДК$ „відсутність” – 10000.

Базовий проіндексований питомий економічний збиток від забруднення водних ресурсів, віднесений до 1 тонни умовної забруднюючої речовини дорівнює: $\gamma = 500$ грн/т.

$$E_{31} = 1,68 \cdot 1,10 \cdot 1,5 \cdot (1,6 + 0,1) \cdot 187,8 = 884,98$$

Далі розраховуємо розмір відшкодування збитків після впровадження біофільтра.

$$E_{32} = 1,68 + 1,10 + 1,5 \cdot (1,2 + 0,07) \cdot 187,8 = 661,13$$

$$\text{Отже, } E_3 = E_{31} - E_{32} = 884,98 - 661,13 = 223,85$$

Еколого-економічний ефект від проведення природоохоронних заходів становить:

$$E = 716,08 + 223,85 = 939,93 \text{ (грн./рік)}$$

Виробництва фунгіциду пролонгованої дії (відпрацьоване завантаження із сірки разом з органічною компонентою лізису бактеріальних клітин): 80 т/рік, виходячи із вартості препаратів аналогів мінімальна ціна реалізації за 1 кг – 15 грн. Відповідно очікуваний річний прибуток становить: $\Pi = 80 \cdot 15 \cdot 1000 = 1200000$ грн/рік.

4.3 Оцінка терміну окупності витрат на проведення природоохоронного заходу

Термін окупності витрат на проведення природоохоронного заходу складе:

№. №ориг. №.	Підп. і дата Підп. і	№. №зв. №	№. №убл. №.	№. №за №
№. №ориг. №.	Підп. і дата Підп. і	№. №зв. №	№. №убл. №.	№. №за №

$$T=B/(E+П)=2153800/1200939,93 =1,79 \text{ р.}$$

Таблиця 4.1 – Оцінка терміну окупності витрат на проведення природоохоронного заходу

№	Показник	Одиниця виміру	Значення
1	Збиток до проведення природоохоронного заходу	грн	884,98
2	Збиток після проведення природоохоронного заходу	грн	661,13
3	Попереджений збиток	грн	223,85
4	Експлуатаційні витрати	грн	15600
5	Капітальні витрати	грн	2138200
6	Очікуваний прибуток	грн	1200000
7	Термін окупності	роки	1,8

Висновки до розділу 4.

В розділі було розраховано витрати на встановлення біофільтра, які становлять 2153800 грн.

Виробництва фунгіциду пролонгованої дії (відпрацьоване завантаження із сірки разом з органічною компонентою лізису бактеріальних клітин): 80 т/рік, виходячи із вартості препаратів аналогів мінімальна ціна реалізації за 1 кг – 15 грн. Відповідно очікуваний річний прибуток становить: $П=80 \cdot 15 \cdot 1000=1200000$ грн/рік.

Термін окупності даного біофільтра становить 1,8 роки.

№в.№ориг.№в. Підп. і дата Підп. і №в.№ориг.№в. Підп. і дата Підп. і №в.№ориг.№в. Підп. і дата Підп. і №в.№ориг.№в. Підп. і дата Підп. і

Змн	Лист	№ докум.№	Підп.Підп	Дата
-----	------	-----------	-----------	------

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ

Стор.

59

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Організація охорони праці на очисних спорудах базується на положеннях Закону України «Про охорону праці», правила та норми техніки безпеки при влаштуванні та експлуатації очисних споруд системи водовідведення, інструкції щодо пожежної безпеки і передбачає виконання заходів, які спрямовані на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності [27].

5.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів досліджуемого об'єкту

На очисних спорудах застосовують: решітки, пісковловлювачі, первинні вертикальні відстійники, аеротенки, вторинні радіальні відстійники, хлораторна, насосно-продувна станція, контактні резервуари. Основними об'єктами підвищеної небезпеки є контактні резервуари, продувна станція та хлораторна.

Виробничі чинники поділяють на фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні.

До *фізичних чинників*, що мають місце на очисних спорудах належать:

- підвищена або понижена температура робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- механічна загроза;
- підвищена вологість повітря;
- недостатнє освітлення робочої зони.

До *хімічних чинників* належать: підвищений вміст шкідливих газів у повітрі робочої зони, в особливості хлор, сірковмісні речовини та вуглекислий газ.

№.№ориг. №.	Підп. і датаПідп. і	№.№ориг. №.	№.№ориг. №.	№.№ориг. №.
№.№ориг. №.	№.№ориг. №.	№.№ориг. №.	№.№ориг. №.	№.№ориг. №.
№.№ориг. №.	№.№ориг. №.	№.№ориг. №.	№.№ориг. №.	№.№ориг. №.
№.№ориг. №.	№.№ориг. №.	№.№ориг. №.	№.№ориг. №.	№.№ориг. №.

Змн	Лист	№ докум.№	Підп.Підп	Дата
-----	------	-----------	-----------	------

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ

Стор.

60

Хімічні речовини можуть потрапляти в організм людини через шлунково-кишковий тракт, органи дихання, шкіру та слизові оболонки.

До *біологічних чинників* на очисних спорудах належать патогенні мікроорганізми та продукти їх життєдіяльності.

Психофізіологічними чинниками є: фізичні перенавантаження мускульного апарату верхніх та нижніх кінцівок, перенесення вантажів вище встановленої норми, постійна вимушена робоча поза, надмірна кількість нахилів тулуба, значні переміщення у просторі тощо. До них належать також нервово-психічні перенавантаження (монотонність праці, емоційні стреси, робота у нічну зміну тощо) [28].

На діючих очисних спорудах охорона праці звертає увагу на попередження отримання травм працюючими, накопичення в навколишньому середовищі хімічних реагентів, таких як коагулянтів лугів, кислот тощо.

Існують певні вимоги до облаштування очисних споруд. Очисні споруди проектується згідно вимогам СНиП 2.04. 03-85 «Каналізація: зовнішні мережі і споруди». Вони повинні бути розміщені за межею міста і нижче за течією річки. Очисні споруди це цілий проммайданчик, який очищує стічні води, щоб залишкові забруднення в очищених водах при скиданні у водойму не перевищували гранично-допустимі концентрації.

Під час роботи на очисних спорудах на людину можуть впливати небезпечні або шкідливі фактори.

Механічна небезпека. Одним з небезпечних факторів являється механічна небезпека. На території очисних споруд розташовані відкриті колодязі та очисна апаратура, що не обладнані спеціальними огорожами. Через це існує ризик травмування працівників, що можуть туди впасти.

Електрична небезпека. Електропостачання проектується згідно ПУЕ [29].

По ступені надійності електропостачання очисні споруди відносяться до II категорії споживачів.

№.№ориг.№.	Підп. і датаПідп. і	№.№субл.№.	№.№вза.	№.№вза.	№.№вза.
Змн	Лист	№ докум.№	Підп.Підп	Дата	

Види електрообладнання, які застосовуються на міських очисних спорудах: система освітлення (проектується згідно з ДБН В.2.5.-28), електроустановки, прилади та пристрої, електродвигуни, насоси.

Електропостачання очисних споруд, як правило, повинно здійснюватись від мереж 35 кВ, 20 кВ, 10 кВ, 6 кВ і навіть 0,4 кВ загального призначення згідно з технічними місцевими умовами. Електроустаткування має бути максимально наближено ДБН В.2.5.-75:2013 до відповідних технологічних установок, тобто повинне знаходитись у виробничих приміщеннях. При цьому ступінь захисту (оболонок) згідно з ГОСТ 14254 повинен відповідати середовищу, вказаному в технологічній частині проекту. Потрібно уникати розташування електроустановок в зонах можливого підтоплення.

Щодо небезпеки враження працівників електрострумом, то це може статися при несправній проводці або високих навантаженнях електромережі.

Основними засобами захисту від враження електричним струмом є ізолюючі пристрої та покриття, влаштування захисного заземлення.

Основними засобами захисту від статистичної електрики слугують заземлюючі, екрануючі, зволожувальні пристрої, нейтралізатори, антиелектростатистичні речовини.

На міських очисних спорудах повинно бути обладнано блискавкозахистом. Ці споруди відносяться до 2 категорії блискавкозахисту. Тип блискавковідводу – блискавкоприймачі на покрівлі будівель, залізобетонні підлоги.

Мікроклімат у виробничих приміщеннях. Робота персоналу на міських очисних спорудах відноситься до II категорії (середньої важкості).

Оптимальними метеорологічними умовами для робочої зони приміщення в холодну пору року є: температура повітря – 19-21 °С, відносна вологість – 60-40%, швидкість руху повітря – 0,2 м/сек; в теплу пору року: температура повітря – 21-23 °С, відносна вологість – 60-40%, швидкість руху повітря – 0,2 м/сек.

Інв.№ориг.Інв.	Підп. і датаПідп. і
Взаєм.Інв.№Вза	Інв.№орубл.Інв.
Підп. і датаПідп. і	

Допустимими метеорологічними умовами для робочої зони приміщення в холодну пору року є: температура на постійних робочих місцях – 23-17°C, температура на непостійних робочих місцях – 24-15°C, відносна вологість – 75%, швидкість руху повітря – не більше 0,3 м/сек.; в теплу пору року: температура на постійних робочих місцях – 27-18°C, температура на непостійних робочих місцях – 29-17°C, відносна вологість – 65%, швидкість руху повітря – 0,4-0,2 м/сек.

Фактичні параметри відповідають нормативним.

В приміщеннях, де спостерігається надлишкова кількість тепла, потрібно використовувати природну вентиляцію. У випадках коли це неможливо або неефективно, потрібно встановити механічну загальнообмінну вентиляцію. Також можливе оснащення локальних відсмоктувачів, витяжні зонти. В замкнених приміщеннях використовують кондиціонери.

Повітря робочої зони. В повітрі робочої зони виявлено наявність отруйних речовин, таких як хлор. Для хлора затверджені такі нормативи: гранично допустима концентрація хлору в повітрі робочої зони виробничих приміщень відповідає 1 мг/м³; при концентрації хлору 3,5 мг/м³ відчувається запах; при 15 мг/м³ – відбувається роздратування горла; при 30 мг/м³ – спостерігається кашель; максимально допустима концентрація хлору при короточасному впливі становить 40 мг/м³.

Існує небезпека отруєння або ураження їдкими, отруйними хімікатами робітникам, що працюють в лабораторіях, через недостатню вентиляцію приміщення чи недотримання правил поводження з реагентами.

Виробниче освітлення. На міських очисних спорудах зорова робота має характеристику найвищої точності. Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення становить менше 0,15 мм. Розряд зорової роботи – I. Штучне освітлення при комбінованій системі становить – 2500 лк, при системі загального освітлення – 750 лк. КПО природного освітлення при верхньому або комбінованому освітленні становить 6,0%, при боковому освітленні – 2,0 %.

№.№ориг.№в.	Підп. і датаПідп. і	№в.№вза	№в.№вза	№в.№вза
№в.№ориг.№в.	Підп. і датаПідп. і	№в.№вза	№в.№вза	№в.№вза
№в.№ориг.№в.	Підп. і датаПідп. і	№в.№вза	№в.№вза	№в.№вза
№в.№ориг.№в.	Підп. і датаПідп. і	№в.№вза	№в.№вза	№в.№вза

Змн	Лист	№ докум.№	Підп.Підп	Дата

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ

Стор.

Фактичні значення відповідають нормативним.

Для освітлення приміщень очисних споруд потрібно використовувати економні розрядні лампи, а також лампи розжарювання (галогенні). Використання ксенонових ламп не дозволяється.

Шум. Під час роботи повітрорудок і насосів можливе підвищення рівня шуму та вібрації на підприємстві, що може негативно впливати на самопочуття працівників.

Нормативним рівнем шуму в даних приміщеннях є 80 дБА.

Дія іонізуючих випромінювань і електромагнітних полів.

- Напруженість електричної складової електромагнітного поля на відстані 50см від поверхні відеомонітора - 10В/м;
- Напруженість магнітної складової електромагнітного поля на відстані 50см від поверхні відеомонітора - 0,3А/м;
- Напруженість електромагнітного поля не повинна перевищувати - 20кВ/м.

Для зниження дії цих видів випромінювання рекомендується використовувати монітори з пониженим рівнем випромінювання (MPR-II, TCO-92, TCO-99), встановлювати захисні екрани, а також дотримуватися регламентовані режими праці і відпочинку.

Пожежна небезпека.

Згідно ОНТП 24-86 приміщення класифікують від вищої (А) до найнижчої (Д):

А – вибухопожежонебезпечна;

Б – вибухопожежонебезпечна;

В – пожежонебезпечна;

Г ;

Д.

Даний тип приміщення відноситься до категорії Г.

№. №ориг. №.	Підп. і дата Підп. і	№. №ориг. №.	№. №ориг. №.	№. №ориг. №.
№. №ориг. №.	Підп. і дата Підп. і	№. №ориг. №.	№. №ориг. №.	№. №ориг. №.
№. №ориг. №.	Підп. і дата Підп. і	№. №ориг. №.	№. №ориг. №.	№. №ориг. №.
№. №ориг. №.	Підп. і дата Підп. і	№. №ориг. №.	№. №ориг. №.	№. №ориг. №.
№. №ориг. №.	Підп. і дата Підп. і	№. №ориг. №.	№. №ориг. №.	№. №ориг. №.

Змн	Лист	№ докум. №	Підп. Підп	Дата
-----	------	------------	------------	------

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ

Стор.

64

5.2 Розрахунок системи вентиляції

Для забезпечення безпечних умов праці в хлораторних приміщеннях та складах хлору необхідна присутність проточно-витяжної вентиляції.

Головним завданням при розрахунку примусової системи вентиляції є визначення кількості повітря L , м³/год, яке необхідно вилучити з приміщення.

Для даного приміщення, де виділяються шкідливі речовини, повітрообмін розраховують за кількістю відповідних шкідливих речовин, що поступають у робоче повітря, для того щоб розбавити їх припливним повітрям до гранично допустимих концентрацій.

Розрахунок повітрообміну проводимо за формулою:

$$L = \frac{U}{k_1 - k_2}, \quad (5.1)$$

де L – потрібна продуктивність вентиляції, м³/год;

U – кількість шкідливих речовин, що надходить у повітря, мг/год;

k_1 – гранично допустимі концентрації шкідливих речовин, які заповнюють повітря приміщення, мг/м³ ;

k_2 – концентрація шкідливих речовин у припливному повітрі, мг/м³.

$$L = \frac{400}{1 - 0,03} = 412 \text{ м}^3/\text{год}$$

Визначивши потрібний повітрообмін, обираємо необхідну нам установку відповідної продуктивності.

При продуктивності вентилятора 20000 м³/год та тиску до 70 кг/м² ми будемо використовувати вентилятор типу Ц4–70 №8 на одному валу з електродвигуном. Число обертів ротора 1000 об/хв, коефіцієнт корисної дії вентилятора становить 0,7. Потужність електродвигуна становить 5,9 кВт.

№. Неориг. №.	Підп. і дата Підп. і	№. Неориг. №.	№. Неориг. №.	№. Неориг. №.
№. Неориг. №.	№. Неориг. №.	№. Неориг. №.	№. Неориг. №.	№. Неориг. №.
№. Неориг. №.	№. Неориг. №.	№. Неориг. №.	№. Неориг. №.	№. Неориг. №.
№. Неориг. №.	№. Неориг. №.	№. Неориг. №.	№. Неориг. №.	№. Неориг. №.

Змн	Лист	№ докум. №	Підп. Підп	Дата
-----	------	------------	------------	------

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ

Стор.

65

Приймаємо електродвигун з урахуванням коефіцієнту запасу (K_3), який становить 1,1. Отже, потужність електродвигуна буде дорівнювати [31]:

$$N = K_3 \cdot N_{\text{двиг}} , \quad (5.3)$$

$$N = 1,1 \cdot 5,9 = 6,5 \text{ кВт}$$

Отже, в приміщенні хлораторної або складу хлору працює на постійній основі 1 вентилятор типу Ц4-70 №8, а при виникненні надзвичайної ситуації, вмикається автоматично другий подібний

Основною установкою, яка обігриває повітря в холодну пору року є калорифер. Тому необхідно здійснити його розрахунок.

Витрату тепла на нагрівання повітря можна знайти за формулою [31]:

$$Q = L \cdot c \cdot v \cdot (t_k - t_n) , \quad (5.4)$$

де L – кількість повітря, яке нагрівається, $\text{м}^3/\text{год}$;

c – вагова теплоємність повітря, $\text{ккал}/(\text{кг} \cdot \text{град})$;

v – об'ємна вагова повітря, кг ;

t_k – кінцева температура нагрітого повітря, град ;

t_n – початкова температура повітря, що нагрівається, град .

$$Q = 18776 \cdot 0,2 \cdot 1,2 \cdot (5 - (-23)) = 126175 \text{ ккал/год.}$$

Потрібний живий перетин у калорифері для проходу повітря розраховується за формулою:

$$f = (L \cdot V) / (3600 \cdot V_v) , \quad (5.5)$$

Інв. № орг. Інв.	Підп. і дата Підп. і	Взаєм. інв. № Вза	Інв. № субл. Інв.	Підп. і дата Підп. і	ПЕК 8.00.00.00 ПЗ				Стор.
									66
Змн	Лист	№ докум. №	Підп. Підп.	Дата					

де V_v – вагова швидкість повітря, $\text{кг}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$.

$$f = (18776 \cdot 1,2) / (3600 \cdot 8) = 0,8 \text{ м}^2.$$

За значенням живого перетину для проходу повітря обираємо калорифер. Відповідно до технічної літератури калориферів з потрібною площиною не існує, тому можемо використовувати 2 калорифери одночасно. Із технічних даних обираємо значення поверхні нагрівання, живого перетину за повітрям та водою, маси (табл.5.1) [31].

Таблиця 5.1 – Технічні характеристики калориферу

Модель калориферу	Живий перетин		Поверхня нагрівання, м^2	Вага, кг
	Для повітря	Для води		
КФБО-10	0,481	0,0193	71,06	230,2

Розраховуємо швидкість води в трубах калорифера за формулою:

$$W = \frac{q}{3600 \cdot 1000 \cdot f_{\text{тр}} \cdot (t_r - t_3)}, \quad (5.6)$$

де $f_{\text{тр}}$ – живий перетин трубок калорифера по воді, м^2 ;

t_r – температура гарячої води в магістралі, що подає, град;

t_3 – температура зворотної води, град.

$$W = \frac{126175}{3600 \cdot 1000 \cdot 0.0193 \cdot (90 - 70)} = 0.09 \text{ м/с}$$

Можемо перевірити тепловіддачу калорифера використовуючи формулу:

Інв.№ориг.Інв.	Підп. і датаПідп. і	Взаєм.інв.№Вза	Інв.№субл.Інв.	Підп. і датаПідп. і	ПЕК 8.00.00.00 ПЗ				Стор.
					Змн	Лист	№ докум.№	Підп.Підп	Дата

$$Q_k = F_k \cdot K \cdot (T_{cp} - t_{cp}), \quad (5.7)$$

де F_k – поверхня нагрівання калориферу, m^2 ;

K – коефіцієнт теплопередачі, $ккал/ m^2 \cdot год \cdot град$;

T_{cp} – середня температура теплоносія, град;

t_{cp} – середня температура повітря, що проходить через калорифер, град.

$$Q_k = 71,06 \cdot 12,4 \cdot (80 - (-9)) = 78422 \text{ ккал/год}$$

Тоді тепловіддача калориферів буде складати:

$$Q_k = 78422 \cdot 2 = 156844 \text{ ккал/год}$$

Тепловіддача калорифера має бути більшою за потрібну витрату тепла на нагрівання повітря і відповідно бути не менш:

$$Q_k = 1,15 \cdot Q, \quad (5.8)$$

$$Q_k = 1.15 \cdot 126175 = 145101 \text{ ккал/год}$$

Отже, для приточно-витяжної вентиляції будемо використовувати вентилятори типу Ц4-70 № 8 та калорифери КФБО-10 [31].

5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях на досліджуваному об'єкті

Значну загрозу на каналізаційних очисних спорудах представляють, як вже говорилося раніше, хлорне господарство. Надзвичайною ситуацією може бути витік газу із балону, витік хлору з апаратури або хлоропроводів при взриві

№.№ориг. №.	Підп. і дата Підп. і	№.№субл. №.	№.№вза. №.	№.№вза. №.
Змн	Лист	№ докум. №	Підп. Підп	Дата

балону чи бочки з газом, в результаті чого може бути пожежа, отруєння робітників.

Коли прориваються балони, що містять хлор, то на відстані, яка становить не більше 10 м від входу в хлораторне приміщення будують утеплений аварійний колодязь з глибиною 2-3 м та водонепроникними стінками і днищем для того щоб занурити в нього несправний балон з хлором. В цей колодязь подають воду для заповнення його вапняковим молоком. Ще потрібно мати спеціальний аварійний балон для перепуску в нього хлору з несправного балону.

Під час витоку газу з балону слід мати на увазі, що при високій концентрації хлору у повітрі (більше 1 %) його запах можна відчутти навіть через протигаз. В такому випадку працівники повинні змінити протигаз марки «В» на маску з вихідним шлангом або кисневу маску та прийняти потрібні заходи по ліквідації витоку газу.

При виявленні місця витоку хлору з балонумісце витоку поливають водою з метою утворення крижаної кірки, що закриває виток. Після цього балон поміщають в аварійний колодязь з розчином вапняку.

Під час виникнення надзвичайних ситуацій на складі хлору проводять такі заходи:

- при інтенсивному витоку хлору із балону струєю зі свистом, а також при виявленні біля складу хлору хвилі зеленого газу, що стелиться, оголошують малу тривогу (не часті звукові сигнали);
- при взриві балону з хлором в будь-якому приміщенні або ззовні, оголошують загальну тривогу (часті звукові сигнали).

Протягом малої тривоги хлораторщик повинен одягнути протигаз і виконувати всі розпорядження майстра по ліквідації витоку і дегазації приміщення. При підвищенні концентрації хлора у повітрі приміщення вище 1 %, працівники прямують на підвищенні ділянки території.

№в.№ориг.№в.	Підп. і датаПідп. і	№в.№субл.№в.	№в.№вза	Підп. і датаПідп. і
--------------	---------------------	--------------	---------	---------------------

Протягом загальної тривоги частина працівників проводить дегазацію приміщення, а інші одягнені в протигази або приклавши до носу й роту тряпки, що змочені розчином гіпосульфита і соди, рухаються на підвищенні ділянки території.

Висновки до розділу 5

В розділі було досліджено небезпечні та шкідливі фактори при роботі на очисних спорудах.

До небезпечних чинників відносяться: падіння працівників у відкриті колодязі, які не обладнані спеціальними огорожами; враження електричним струмом при несправній проводці або високих навантаженнях електромережі; наявність в повітрі робочої зони отруйних речовин, таких як хлор, який може призвести до порушення роботи серцево-судинної системи.

До шкідливих факторів належать: підвищена вологість повітря робочої зони; підвищений рівень шуму та вібрації.

Також в розділі був проведений розрахунок вентиляції. Необхідний обсяг повітря повітрообміну становить 18696 м³/год.

В приміщенні складу хлору постійно працює один вентилятор типу Ц4-70 №8, а у випадку виникнення аварійної ситуації автоматично вмикається другий подібний вентилятор.

В розділі описано дії внаслідок аварійного витоку газу хлору з балону.

№в.№ориг.№в.	Підп. і датаПідп. і	Взаєм.№в.№вза	№в.№субл.№в.	Підп. і датаПідп. і
Змн	Лист	№ докум.№	Підп.Підп	Дата

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ

Стор.

70

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. В результаті проведеної роботи було визначено чинники формування біогенного складу водних об'єктів. Хімічний склад природних вод є наслідком дії низки фізичних, фізико-хімічних та біологічних процесів. Важливими чинниками є водний режим, швидкість води в річках, процеси зовнішнього та внутрішнього водообміну водойм, гідрологічний режим водних об'єктів, умовами живлення, випаровування.

2. Досліджено фізико-хімічні характеристики стічних вод, що поступають на очищення на міські очисні споруди. У неочищених міських стічних водах концентрація амонійного азоту становить 8,8-70 мг/дм³, нітритів 0,08-0,6 мг/дм³ і нітратів 0,6-3 мг/дм³. Гранично допустимі концентрації становлять відповідно 30, 0 мг/дм³, 3,3 мг/дм³ і 45,0 мг/дм³. Екологічна небезпека неорганічних сполук азоту надзвичайно відрізняється: найбільш токсичними є нітрити, найбільш безпечними – нітрати, середнє положення займає амоній, що відображає гранично- допустимі концентрації (ГДК) для скидання цих азотвміщуючих сполук в природні водоймища.

3. Здійснено аналіз існуючих технологій очищення стічних вод від біогенних елементів. На сьогодні відомі фізичні, фізико-хімічні, електрохімічні та біологічні методи видалення біогенних елементів зі стічної рідини. Одним з основних є біологічний метод, який ґрунтується на процесах, що полягають у окислюванні нітрифікуючими бактеріями амонійного азоту до нітратів (нітрифікація) і наступного їх відновлення денітрифікуючими бактеріями до газоподібного азоту (денітрифікація).

4. Було розроблено технологічне рішення для підвищення якості очищення стічних вод від біогенних елементів. Цим рішенням є біофільтраційна система для проведення процесу денітрифікації стічних вод з використанням біосірки та газової сірки. При розрахунку біофільтра було визначено ефективність роботи, яка становить 88% та об'єм фільтрувального

№в.№ориг.№в.	Підп. і датаПідп. і	№в.№зубл.№в.	Підп. і датаПідп. і	ПЕК 8.00.00.00 ПЗ					Стор.
				Змн	Лист	№ докум.№	Підп.Підп	Дата	71

завантаження - 500 м², відповідно, при цьому необхідна маса газової сірки становить 980 тон (при щільності 1960 кг/м³).

5. Оцінено з економічної точки зору дане технологічне рішення. Витрати на встановлення біофільтра становлять 2153800 грн. Очікуваний річний прибуток становить 1200000 грн/рік. Термін окупності даного біофільтра становить 1,8 роки.

Інв.№ориг.Інв.	Підп. і датаПідп. і	Взаєм.Інв.№Вза	Інв.№субл.Інв.	Підп. і датаПідп. і	ПЕК 8.00.00.00 ПЗ					Стор.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Всеукраїнська міжвузівська науково-технічна конференція «Сучасні технології у промисловому виробництві» / редкол.: О.Г.Гусак, І.В.Павленко. – Суми: Сумський державний університет, 2018. – 326 с.
2. Plyatsuk L. D. Sulfur utilization in the systems of biological wastewater denitrification / L. D. Plyatsuk, Y. Y. Chernysh, I. Y. Ablieieva, I. S. Kozii, M. Balintova, Y. O. Matiash // Journal of Engineering Sciences. – Sumy : Sumy State University, 2018. – Volume 5, Issue 1. – P. H7-H15.
3. Очищення води від біогенних елементів шляхом використання шунгіту і кременю. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/16134/1/184.pdf>
4. Жмур Н. С. Технологічні і біохімічні процеси очищення стічної води на спорудах з аеротенками. – М.: АКВАРОС, 2003. – 512 с.
5. Айрапетян Т. С. Конспект лекцій з дисципліни «Спецкурс з очистки стічних вод» (для студентів 5 курсу денної форми навчання та слухачів другої вищої освіти спеціальностей 7.092601, 7.06010108, 8.06010108 – «Водопостачання та водовідведення», 8.06010302 – «Раціональне використання і охорона водних ресурсів») / Т. С. Айрапетян; Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Х.: ХНУМГ, 2014. – 90 с.
6. Нікора В. И. Річковий потік як дисипативна система // Метеорологія та гідрологія. –1981. – № 12. – С. 84-88.
7. Полинов Б. Б. Географічні роботи / Б. Б. Полинов. – Москва: Географгиз, 1952. – 400 с.
8. Перельман А. І., Касимов Н. С. Геохімія ландшафтна / А. І. Перельман, Н. С. Касимов. – Москва: МГУ, 1999. – 610 с.
9. Глазовская М. А. Геохімія природних і техногенних ландшафтів СРСР / М. А. Глазовская. – Москва: Высшая школа, 1988. – 328 с.

Інв.№ориг.Інв.	Підп. і датаПідп. і	Взаєм.Інв.№Вза	Інв.№субл.Інв.
----------------	---------------------	----------------	----------------

Змн	Лист	№ докум.№	Підп.Підп	Дата
-----	------	-----------	-----------	------

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ

Стор.

10. Воронков П.П. Гідрохімічні основи виділення місцевого стоку та методи розчленування його гідрографу // Метеорологія та гідрологія.–1963. – №8. – С. 21-28.

11. Демин Ю. Л., Филатов Н. Н. Особливості динаміки вод різнотипних озер // Моделювання гідрофізичних процесів та полів у замкнених водоймах та морях. – Москва: Наука, 1989. – С. 79-93.

12. Пат. 103687 U Україна, МПК В03С 1/025 (2006.01). Спосіб магнітної сепарації рідинних або пилогазових продуктів та сепаратор магнітний для його здійснення / В. М. Арсенюк, А. А. Лозін (Україна); заявник та патентовласник Лозін Андрій Афонійович. – № а200909004; заявл. 31.08.2009; опубл. 25.07.2011, бюл №14 (Патент на винахід).

13. Пат. 75630 U Україна, МПК С02F 1/58 (2006.01). Спосіб очистки стічних вод від сполук фосфору / О. Р. Очеретнюк, А. В. Іванченко, І. Ю. Корогодін (Україна); заявник та патентовласник Дніпродзержинський державний технічний ун-т. – № u201506324; заявл. 26.06.2015; опубл. 25.12.2015, бюл №24 (Патент на корисну модель).

14. Пат. 100343 U Україна, МПК С02F 1/46 (2006.01). Електрохімічний реактор для очищення стічних вод / Р. М. Россінський, В. М. Россінський (Україна); заявник та патентовласник Національний університет водного господарства та природокористування. – № u201500099; заявл. 06.01.2015; опубл. 27.07.2015, бюл №14 (Патент на корисну модель).

15. Пат. 69354 U Україна, МПК С02F 1/28 (2006.01), С02F 3/30 (2006.01). Спосіб очищення стічних вод від амонійного азоту / А. М. Мальований, Й. Й. Ятчишин, М. С. Мальований (Україна); заявник та патентовласник Національний університет «Львівська Політехніка». – № u201112243; заявл. 19.10.2011; опубл. 25.04.2012, бюл №8 (Патент на корисну модель).

№в.№ориг.№в.	Підп. і датаПідп. і	№в.№заяв.№вза	№в.№опубл.№в.	Підп. і датаПідп. і
--------------	---------------------	---------------	---------------	---------------------

Змн	Лист	№ докум.№	Підп.Підп	Дата
-----	------	-----------	-----------	------

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ

Стор.

16. Тимчасові правила приймання стічних вод споживачів у каналізаційну мережу м. Суми. – [Чинний від 10 серпня 2017 р.]. – Суми: Держстандарт України, 2017. – 41 с.

17. Пляцук Л. Д. Встановлення сероводороду в системі біодеструкції з потенційним гранульованим фосфогіпсом / Л. Д. Пляцук, Є. Ю. Черниш // Євразійський хіміко-технологічний журнал. – 2016. – С.47-54.

18. Біосульфур. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.paqell.com/thioraq/biosulphur/>

19. Кіотська енциклопедія генів та геномів KEGG. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.genome.jp/kegg/>

20. Технічна сірка. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://mnpz.by/products/sera-tekhnicheckaya>

21. Борових Є. П. Процеси денітрифікації в біологічному очищенні стічних вод та методика розробок. Процес деніфікації в біологічному очищенні стічних вод та методика розрахунку / Є. П. Борових // Вода: Хімія та екологія. – 2011. – С.85-89.

22. Томас Л. Використання метанолу при денітрифікації стічних вод. Використання білого паперу метанолу в денітрифікації стічних вод / Л. Томас. – Олександрія, 2012. – 124 с.

23. Інформаційний бюлетень видалення азоту. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.amrc.com.au/uploads/cgblog/id338/6>

24. Колесніков В. П., Вільсон Е. В. Сучасний розвиток технологічних процесів очищення стічних вод в комбінованих спорудах / В. П. Колесніков, Е. В. Вільсон. – Ростов-на Дону: Видавництво «Юг», 2005. – 212 с.

25. Гавриленко А. Б. Комплексна очистка стокових вод від нітратів [Комплексна очистка стічних вод від нітратів] / А. Б. Гавриленко // Бюлетень наукових та практичних наук. – 2010. – С.42-46.

№.№ориг.№.	Підп. і датаПідп. і	№.№субл.№.	№.№вза	№.№срм.№.
------------	---------------------	------------	--------	-----------

26. Яковлев С. В. / Біологічні фільтри / С. В. Яковлев, Ю. В. Воронов. – Москва, 1982. – 120 с.
27. Закон України «Про охорону праці»
28. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Класифікація. Система стандартів безпеки праці. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://vsegost.com/Catalog/41/41131.shtml>.
29. Правила улаштування електроустановок ПУЕ-85. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://tehdoc.ru>.
30. Технологічний регламент по експлуатації каналізаційних очисних споруд. – Селидово, 2012. – 35 с.
31. Жидецький В. Ц. Практикум із охорони праці / В. Ц. Жидецький, В. С. Джигирей, В. М. Сторожук. – Львів: Афіша, 2000. – 352 с.

№в.№ориг.№в.	Підп. і датаПідп. і	Взаєм.№в.№вза	№в.№субл.№в.	Підп. і датаПідп. і	ПЕК 8.00.00.00 ПЗ				Стор.
					Змн	Лист	№ докум.№	Підп.Підп	Дата