

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра екології та природозахисних технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

зі спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

Тема: Підвищення ефективності технологій очищення побутових стічних вод

Завідувач кафедри Пляцук Л. Д. _____
(підпис)

Керівник проекту Аблєєва І. Ю. _____
(підпис)

Консультанти:

з охорони праці Васькін Р. А. _____
(підпис)

з економічної частини Павленко О. О. _____
(підпис)

Виконавець

студент групи ТС.м-91 Чорна Ю. В. _____
(підпис)

Суми 2020

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Зав. кафедрою _____
« ____ » _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Чорна Юлія Володимирівна
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Підвищення ефективності технологій очищення побутових стічних вод

затверджена наказом по університету від «23» листопада 2020 р. № 1810-III.

2. Термін здачі студентом закінченого проекту (роботи) 15 грудня 2020 року.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) хімічний склад стічних вод; методи та технології очищення стічних побутових вод; існуюча технологічна схема міських очисних споруд.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їй належить розробити)

вплив діяльності очисних споруд на навколишнє середовище;

критичний аналіз методів та технологій очищення стічних вод за різними показниками;

аналіз ефективності впроваджених технологій очищення стічних вод та пошук шляхів інтенсифікації;

рекомендації щодо підвищення ефективності очищення стічних вод за рахунок розроблення блоку інтенсифікації на основі методу озонування.

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

Технологічна схема очисних споруд м. Суми;

удосконалена технологічна схема міських очисних споруд з блоком інтенсифікації;

принципальна технологічна схема озонатору з наведеними конструкторськими та режимними параметрами;

таблиці ілюстрації ефективності очищення стічних вод за запропонованою схемою.

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

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Васькін Р.А.		
Економічна частина	Павленко О.О.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Літературний огляд за досліджуваною проблематикою	30 вересня 2020 р.	
2	Робота над розділом «Об'єкт та методи дослідження»	12 жовтня 2020 р.	
3	Робота над розділом «Результати дослідження»	23 жовтня 2020 р.	
4	Робота над розділом «Економічна частина»	20 листопада 2020 р.	
5	Робота над розділом «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях»	27 листопада 2020 р.	
6	Оформлення роботи	10 грудня 2020 р.	

7. Дата видачі завдання 01.09.2020 року.

Студент _____

Керівник проекту _____

РЕФЕРАТ

Структура та обсяг випускної кваліфікаційної роботи магістра. Робота складається із вступу, п'яти розділів, висновків, переліку джерел посилання, який містить 40 найменувань. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить 75 с., у тому числі 18 таблиць, 10 рисунків, 4 додатки, список використаних джерел на 5 сторінках.

Мета роботи – встановити закономірності впливу водоочисних технологій на інтенсифікацію процесу очищення стічних вод.

Відповідно до поставленої мети було вирішено такі *завдання*: провести літературний огляд за досліджуваною тематикою; провести критичний аналіз способів та технологій очищення стічних вод; надати рекомендації щодо впровадження нового блоку інтенсифікації процесу очищення; провести інженерний розрахунок технології озонування; визначити оцінку вартості витрат на проведення природоохоронних заходів та еколого-економічний ефект; провести аналіз небезпечних та шкідливих факторів, що виникають під час експлуатації очисних споруд.

Об'єкт дослідження – техногенне навантаження на довкілля від стічних вод.

Предмет дослідження – підвищення екологічної безпеки довкілля за рахунок впровадження технології інтенсифікації процесу очищення стічних вод.

Методи дослідження. Методологічною основою роботи є діалектичний метод наукового пізнання, системний підхід. У роботі було використано структурний аналіз, порівняльний аналіз, SWOT-аналіз.

У кваліфікаційній роботі проведено аналіз технологій та методів очищення стічних вод на очисних спорудах м. Суми, їх вплив на навколишнє середовище. Розглянуто шляхи інтенсифікації процесу очищення стічних вод.

Ключові слова: ОЧИСНІ СПОРУДИ, СТІЧНІ ВОДИ, ОЗОНУВАННЯ.

ЗМІСТ

Вступ.....	5
Розділ 1 Літературний огляд за досліджуваною тематикою.....	8
1.1 Оцінка впливу очисних споруд на довкілля.....	8
1.2 Оцінка впливу на навколишнє техногенне середовище.....	15
1.3 Критичний аналіз основних способів очищення стічних вод.....	17
1.4 Опис сучасних технологій інтенсифікації очищення стічних вод.....	22
1.5 Постановка завдань дослідження.....	27
Розділ 2 Об'єкт та методи дослідження.....	28
2.1 Характеристика об'єкту дослідження.....	28
2.2 Методика дослідження процесу очищення стічних вод різного хімічного складу.....	33
2.3 Методи дослідження фізичних, хімічних та бактеріологічних показників води.....	37
Розділ 3 Результати дослідження.....	40
3.1 Реконструкція діючих очисних споруд.....	40
3.2 Розрахунок обладнання механічного блоку очищення.....	44
3.3 Розрахунок обладнання біологічного блоку очищення.....	48
3.4 Розрахунок обладнання блоку інтенсифікації очищення.....	50
Розділ 4 Економічна частина.....	53
4.1 Оцінка вартості витрат на проведення природоохоронних заходів.....	53
4.2 Оцінка річного еколого-економічного ефекту від проведення природоохоронних заходів.....	53
Розділ 5 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	57
5.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів, що виникають під час експлуатації очисних споруд.....	57
5.2 Дії співробітників під час виникнення розливу хлору.....	60
Висновки.....	62
Перелік джерел посилання.....	63
Додатки.....	68

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

Інв. № подл.	
Вип.	
Арк.	
Н. Контр.	
Затв.	

№ докум.	Підп.	Дата
Чорна		
Аблєєва		
Васькін		
Пляцук		

ТС 19510236

Підвищення ефективності технологій очищення побутових стічних вод

Літ.	Аркуш	Аркушів
4	75	
СумДУ, ф-т ТеСЕТ гр. ТС.м-91		

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Вода – найбільше багатство людини. Вона широко застосовується в різних галузях життєдіяльності. Вода необхідна для забезпечення перебігу багатьох технологічних процесів, вирощування сільськогосподарської продукції та переробки її на продукти споживання, а також: для різних галузей промисловості, де вона використовується як сировина, реагент, теплоносій, промивний засіб тощо. Основними забруднюючими речовинами, що потрапляють з господарсько-побутовими стоками, є сполуки азоту, фосфати та поверхнево активні речовини.

Протягом останніх років спостерігається стала тенденція до погіршення якості води за вмістом біогенних та органічних речовин, синтетичних поверхнево-активних речовин, іонів важких металів майже в усіх поверхневих водах, що зумовлює погіршення питного водопостачання населення, виникнення замору риб та утруднює рекреаційне використання водних об'єктів.

Причиною погіршення ефективності очищення стічних вод є те, що на більшості каналізаційних очисних спорудах використовують застарілі технології та обладнання, які майже століття не зазнавали серйозних змін.

Тому дослідження, спрямовані на пошуки вирішення цих проблем, є актуальними і важливими для підвищення екологічної безпеки.

Мета роботи – встановити закономірності впливу водоочисних технологій на інтенсифікацію процесу очищення стічних вод.

Для досягнення зазначеної мети було поставлено та вирішено такі **завдання:**

- провести літературний огляд за досліджуваною тематикою;
- провести критичний аналіз способів та технологій очищення стічних вод;
- надати рекомендації щодо впровадження нового блоку інтенсифікації процесу очищення;

Інв.№лодд.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ТС 19510236					Арк
					Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	5

- провести інженерний розрахунок технології озонування;
- визначити оцінку вартості витрат на проведення природоохоронних заходів та еколого-економічний ефект;
- провести аналіз небезпечних та шкідливих факторів, що виникають під час експлуатації очисних споруд.

Об’єкт дослідження – техногенне навантаження на довкілля від стічних вод.

Предмет дослідження – підвищення екологічної безпеки довкілля за рахунок впровадження технології інтенсифікації процесу очищення стічних вод.

Методи дослідження. Методологічною основою роботи є діалектичний метод наукового пізнання, системний підхід. У роботі було використано структурний аналіз, порівняльний аналіз, SWOT-аналіз.

Наукова новизна:

- вперше здійснено комплексний SWOT-аналіз технологій очищення стічних вод, на підставі якого встановлено озонування як найбільш ефективний підхід до інтенсифікації процесу;
- удосконалено технологічну схему процесу очищення побутових стічних вод;
- визначено ефективність природоохоронних заходів та їх еколого-економічний ефект.

Практична цінність. Результати досліджень можуть бути використані під час проектування чи реконструкції очисних споруд м. Суми, що дасть можливість зменшити антропогенне навантаження на навколишнє середовище.

Особистий внесок магістранта. Усі результати, наведені у кваліфікаційній роботі магістра, одержані самостійно. Було створено нову схему очищення стічних вод із застосуванням блоку інтенсифікації та розраховано параметри озонаторної установки. Також проведено еколого-

Підп. і дата	Інв. № дубл.	Взаєм. інв. №	Підп. і дата	Інв. № подл.
Вип.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

економічну ефективність застосування технології інтенсифікації очищення стічних вод та розраховано термін окупності даної установки.

Апробація результатів роботи. Результати кваліфікаційної роботи доповідалася на таких конференціях (додаток А):

1. VII Всеукраїнська науково-технічна конференція «Сучасні технології у промисловому виробництві» (м. Суми, 2020 р.) – «Закордонний досвід підвищення екологічної безпечності очищення побутових стічних вод».

2. 6-й Міжнародний конгрес «Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування» (м. Львів, 2020 р.) – «Методологічні підходи до реконструкції очисних споруд».

3. IV Міжнародна науково-практична конференція здобувачів вищої освіти, аспірантів та молодих учених «Галузеві проблеми екологічної безпеки» (м. Харків, 2020 р.) – «Науково-методичні підходи до реконструкції очисних споруд з додаванням блоку інтенсифікації очищення».

Публікації. За результатами кваліфікаційної роботи магістра опубліковано 3 наукові праці, із них 3 тези доповідей конференцій.

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата					Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 19510236				7

РОЗДІЛ 1

ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД ЗА ДОСЛІДЖУВАНОЮ ТЕМАТИКОЮ

1.1 Оцінка впливу очисних споруд на довкілля

Очисні споруди – інженерні споруди, що обов'язково потрібні будь-якому населеному пункту, щоб відходи від житлових, сільськогосподарських, громадських і виробничих об'єктів не потрапляли в своєму початковому вигляді у навколишнє середовище.

1.1.1 Вплив на атмосферне повітря

Під час експлуатації каналізаційних очисних споруд в атмосферне повітря потраплятимуть забруднювальні речовини, з них:

- 1 класу небезпеки – 4 речовини (свинець, хром шестивалентний, ртуть, нікель);
- 2 класу небезпеки – 7 речовин (хлоридна кислота, сірководень, сульфатна кислота, манган, кислота азотна, арсен, вуглець чотирехлористий);
- 3 класу небезпеки – 5 речовин (ангідрид сірчистий, заліза оксид, азоту діоксид, сажа, суспендовані частинки, недиференційовані за складом);
- 4 класу небезпеки – 8 речовин (гексан, амоніак, ацетон, карбон (II) оксид, вуглеводні насичені, спирт ізобутиловий, бутилацетат, метил меркаптан у перерахунку на сумарний органічний вуглець).

Крім того парникові гази: оксид діазоту та двоокис вуглецю. Пріоритетними забруднюючими речовинами, які виділяються в процесі очищення стічних вод є: діоксид азоту, аміак, оксид вуглецю, сірководень, меркаптани, метан.

Аміак (NH_3) – безбарвний газ із задушливим різким запахом. Легко розчиняється у воді. Водний розчин має сильні лужні властивості. Є продуктом

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 19510236

Арк

8

розкладання вуглекислого амонію, який утворюється в результаті гідролізу сечовини під діяльністю гнильних бактерій у стічній воді, а також виділяється під час процесу нітрифікації. Навіть при незначних концентраціях має сильну подразнюючу дію на очі, викликає сльозотечу, подразнює верхні дихальні шляхи, викликаючи кашель. Є причиною головного болю, а також супроводжує розлади дихання і кровообігу. При великих концентраціях він діє як збудник на центральну нервову систему.

Сірководень (H_2S) – прозорий отруйний газ з особливим різким запахом тухлих яєць. В системі каналізації утворюється, в основному, при гнитті органічних сполук в анаеробних умовах. Виділення великої кількості сірководню в закритих приміщеннях очисних станцій, а також при очищенні та ремонті каналізаційної мережі викликає отруєння обслуговуючого персоналу. Особи, які піддаються довготривалому впливу порівняно невеликих концентрацій сірководню, скаржаться на головний біль, швидку стомлюваність, кашель нудоту, загальну слабкість, запаморочення, біль в області серця. При вдиханні сірководню незабаром притупляється відчуття запаху, тому зростає небезпека отруєння. Вдихання навіть незначних кількостей сірководню спричиняє нервові розлади, порушення кров'яного тиску.

Меркаптани (CH_3SH , C_2H_5SH) – гази з огидним запахом. Є продуктами гниття білка, що міститься в залишках рослинного і тваринного походження. Запах меркаптанів виявляється в дуже малих концентраціях. Незначні концентрації здатні алергічні реакції шкіри, викликати нудоту, головний біль. У концентраціях, які значно перевищують порогові, меркаптани діють на центральну нервову систему, викликають паралічі, судоми і смерть від зупинки дихання.

Оксид вуглецю (CO) – безбарвний газ без смаку і запаху. В атмосфері окислюється до діоксиду вуглецю, хоча швидкість цього процесу незначна. Оксид вуглецю безпосередньо має токсичну дію на клітини, порушуючи тканинне дихання та знижуючи споживання кисню тканинами.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 19510236

Метан (CH₄) – безбарвний газ без запаху. Утворюється при гнитті органічних речовин під дією метаноутворюючих бактерій в умовах обмеженого доступу повітря. Накопичення метану в повітрі 25–30 %, що відповідає зниженню вмісту кисню з 21 до 15–16 %, супроводжується виразними ознаками кисневого голодування: збільшення обсягу дихання, почастищення пульсу, порушення координації рухів, ослаблення уваги.

Інші специфічні домішки, хоч і містяться у менших концентраціях, теж мають токсикологічні властивості. Багато сполук (меркаптани, альдегіди, жирні кислоти, аміни, бензол і його похідні) мають різкий запах, мають шкідливий вплив на центральну нервову систему, подразнюють слизову оболонку очей і верхніх дихальних шляхів [1].

Реактиви. Гіпохлорит натрію (NaOCl) – отримують хлоруванням водного розчину натрію (NaOH). Заміна газоподібного хлору гіпохлоритом натрію призводить до зниження виділення хлору в повітря, і, крім того, дозволяє легше підтримувати залишкову кількість активного хлору у воді. Гіпохлорит натрію широко застосовується: для руйнування тваринних і рослинних мікроорганізмів, усунення запахів; для обробки побутових і промислових стічних вод; знешкодження промислових стоків, у тому числі тих що містять ціаністи сполуки. Він може бути використаний також для обробки води, що містить феноли, гумінові речовини та амоній. [2].

1.1.2 Вплив на водні ресурси

Недостатнє очищення стічних вод загрожує потраплянням до водних об'єктів хвороботворних бактерій і гельмінтів. Хімічні речовини, що знаходяться у складі стічних побутових вод, потрапляючи із стічними водами негативно діють на фізичний та біологічний режим поверхневих водних об'єктів. Як результат, погіршується здатність води до насичення киснем, уповільнюється життєдіяльність бактерій, що мінералізують органічні

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

речовини. У таблиці 1.1 наведено обсяг скидів для каналізаційних очисних споруд у водний об'єкт – річка Псел [3].

Таблиця 1.1 – Обсяг скидів для каналізаційних очисних споруд м. Суми потужністю 60000 м³/добу

№	Індикатори якості зворотної води*	Фактичні конц., мг/дм ³	Норматив скиду ГДК, мг/дм ³	Споживання зворотної води, м ³ /год	Обсяг скидів, т/рік
1	Нітрити	1,21	1,0	60000/24 = 2500	26,499
2	Хлориди	109,42	110,0		2396,298
3	Завислі речовини	14,6	15,0		319,74
4	Азот амонійний	0,73	4,8		15,987
5	Нітрати	21,62	30,0		437,478
6	Фосфати	5,84	5,7		127,896
7	Нафтопродукти	0,005	0,2		0,110
8	СПАР	0,057	0,05		1,248
9	Сухий залишок	785,0	1000,0		17191,5
10	БСК ₅	16,8	15,0		367,92
11	Сульфати	77,93	100,0		1706,667
12	Залізо	0,13	0,3		2,847
13	Мідь	0,005	0,04		0,110
14	Цинк	0,027	0,08		0,591

Примітка: * – дані за результатами лабораторних досліджень скинутих вод у річку Псел, середні показники за січень–жовтень 2020 рік (КП «Міськводоканал» СМР).

Протиепідемічні заходи, що застосовуються під час COVID-19 мають

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

Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510236

Арк
11

негативну дію на екологічну ситуацію. Таким чином, наслідком проведення дезінфекцій у закладах міста збільшилася кількість надходження забруднюючих речовин у складі стічних вод на каналізаційні очисні споруди (далі – КОС) (табл.1.2) [4].

Таблиця 1.2 – Кількість надходження стоків на міські очисні споруди

Дата	Кількість надходження стоків, м ³ /добу
03.2020 р.	35070
04.2020 р.	37397
05.2020 р.	37471
06.2020 р.	38665
07.2020 р.	39930
08.2020 р.	41443

Влітку було зафіксовано зростання концентрацій забруднюючих речовин таких, як аніонні поверхнево-активні речовини (АПАР) та фосфати, що містяться в складі дезінфікуючих та миючих засобів (табл. 1.3) [4].

Таблиця 1.3 – Наднормові концентрації за показниками АПАР та фосфати

Показник	Дата	Концентрація на вході ОС, мг/дм ³	Норматив на вході ОС, мг/дм ³
АПАР	06.2020 р.	2,39	0,43
	07.2020 р.	2,40	
	08.2020 р.	2,57	
Фосфати	06.2020 р.	12,43	4,9
	07.2020 р.	12,55	
	08.2020 р.	14,12	

Підвищення значень деяких показників забруднюючих речовин зумовлене використанням антисептиків – амонієвих сполук, спиртів, детергентів, галоїдів, окисників, сполук фенолу тощо. Такі дезінфікуючі засоби пригнічують ріст різноманітних вірусів та бактерій (зокрема бактерій,

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 19510236

Арк

12

необхідних для біологічного очищення). Під дією дезінфікуючих засобів активний мул, перебуває у стресовому стані, що погіршує ефективність біологічного очищення стічних побутових вод.

1.1.3 Вплив на ґрунти

У процесі очищення побутових стічних вод на очисних спорудах утворюються наступні види відходів:

- тверді відходи, що затримуються на решітці;
- стабілізований та зневоднений осад.

Решітка, по мірі забивання, виймається та очищується від сміття, яке в подальшому вивозиться на полігон твердих побутових відходів. Зневоднений осад відвозиться у місця, що спеціально були відведені органами місцевого самоврядування, та погодженні органами держсанепіднагляду та управлінням екології та природних ресурсів. Періодичність вивезення і кількість відходів, що утворилися визначаються наприкінці у ході пуско-налагоджувальних робіт [5].

Поводження з відходами (табл. 1.4):

1. Тверді побутові відходи (далі – ТПВ). Цей вид відходів містить у своєму складі побутові відходи і сміття, яке накопичується щоденно в процесі експлуатації очисних споруд. Склад ТПВ: поліетиленові пляшки, папір, консервні банки, пакети, одноразовий посуд, дрібні канцелярські вироби з металу та пластику, відходи харчування і т.д. ТПВ відносять до IV класу небезпеки, тому їх можна вивозити на місцеве звалище відходів.

2. Муловий осад. Під час етапу біологічного очищення, технологічним процесом передбачено утворення технологічного осаду у вигляді мулового осаду. За ступенем негативного впливу на довкілля муловий осад (оброблений) відносять до IV класу небезпеки, тому він придатний до використання у зеленому будівництві, також для рекультивациі земель і полігонів ТПВ.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 19510236

Таблиця 1.4 – Характеристика відходів, що утворюються під час експлуатації КОС

	Найменування відходів		
	Тверді побутові відходи	Пульпа піщана	Муловий осад
Процес утворення відходів	Господарська діяльність комплексу	Очистка стічних вод	Очистка стічних вод
Річний обсяг накопичення*, т/рік	4198	7665	23178
Склад, властивості	Харчові залишки, папір, поліетиленова плівка, бій скла	Зважені речовини, грубодисперсні домішки	Білкова маса, зважені речовини
Клас небезпеки	4	4	4
Потенційні споживачі відходів, місце видалення та утилізація	Звалище для захоронення ТПВ	Піскові майданчики, звалище для захоронення ТПВ, місцеве населення	Полігон для захоронення ТПВ, місцеве населення

Примітка: * – орієнтована кількість для каналізаційних очисних споруд потужністю 60000м³

3. Піщана пульпа. Під час очищення стічних вод передбачено технологічним процесом утворення залишкового піску (піщаної пульпи), внаслідок роботи устаткування механічного блоку очищення. Пісок належить до відходів IV класу небезпеки: його можна вивозити на місцеве звалище або застосовувати для потреб населення [6].

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

Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
------	-----	----------	-------	------

ТС 19510236

1.2 Оцінка впливу на навколишнє техногенне середовище

На прилеглу житлову забудову викиди забруднювальних речовин впливають в межах встановлених нормативів. Викиди від очисних споруд не володіють агресивністю щодо будівельних конструкцій з бетону, залізобетону, сталі та інших будівельних матеріалів.

У зв'язку з незначним впливом на промислові та житлово-цивільні об'єкти, культурні ландшафти, наземні і підземні споруди, історії та культури, пам'ятки архітектури, від майданчика очисних споруд, можна сказати про те, що очисні споруди на навколишнє техногенне середовище не мають негативного впливу [7].

Споруди з централізованою системою очищення побутових стічних вод обов'язково повинні мати санітарно-захисні зони, установлені відповідно нормативів, відповідно Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності», Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища», ДСП №173-96 «Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів», ДБН 360-92 «Планування та забудова міських і сільських поселень».

Санітарно-захисні зони (далі – СЗЗ) встановлюються з метою захисту населення від дії негативних факторів, що можуть виникнути внаслідок діяльності очисних споруд, та мати величину на межі СЗЗ, що не перевищує встановлених для населених пунктів гігієнічних нормативів.

Територія СЗЗ не може бути резервом для нового будівництва, реконструкції, капітального ремонту об'єктів чи розширення території.

З метою дотримання всіх норм, потрібно розробляти проєкт організації СЗЗ комплексно з проєктом реконструкції або будівництва очисних споруд з попередньою реалізацією заходів, відповідно до закону.

Очисні споруди входять до категорії об'єктів підвищеної екологічної небезпеки, тому для них законодавством нормується ширина СЗЗ (табл. 1.5),

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 19510236

Арк

15

залежно від характеру та потужності КОС, досконалості технологічних процесів, рівня несприятливих факторів, наявності протишумових, протівібраційних та інших захисних заходів.

Таблиця 1.5 – Ширина СЗЗ для комунальних очисних споруд

№	Найменування споруд	СЗЗ при розрахунковій продуктивності споруд, до 0,2 тис.м ³ /добу	СЗЗ при розрахунковій продуктивності споруд більше 0,2 до 5 тис.м ³ /добу	СЗЗ при розрахунковій продуктивності споруд більше 5 до 50 тис.м ³ /добу	СЗЗ при розрахунковій продуктивності споруд більше 50 до 280 тис.м ³ /добу
1	Споруди механічної та біологічної очистки з муловими майданчиками для зброджених осадів, а також окремо розташовані мулові майданчики	150 м	200 м	400 м	500 м
2	Споруди механічної та біологічної очистки з термомеханічною обробкою осадів в закритих приміщеннях	100 м	150 м	300 м	400 м
3	Поля фільтрації	200 м	300 м	500 м	–
4	Землеробські поля зрошення	150 м	200 м	400 м	–
5	Біологічні ставки	200 м	200 м	300 м	300 м
6	Насосні станції, регулюючі резервуари закритого типу, локальні очисні споруди	15 м	20 м	20 м	30 м

Якщо на очисних спорудах застосовуються фільтруючі траншеї, фільтруючі колодязі, у тому числі піщано-гравійні фільтри, що застосовуються як споруди доочищення після аераційних установок чи септиків, що застосовуються у технологічному процесі в якості основних очисних споруд, у цьому випадку зазначають СЗЗ для:

- аераційних установок на повне окиснення продуктивністю до 700 м³/добу – 50 м;
- фільтруючих траншей та піщано-гравійних фільтрів – 25 м;

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510236

Арк

16

- фільтруючих колодязів – 8 м;
- септиків – 5 м.

Розмір СЗЗ навколо шламонакопичувача визначають, аналізуючи склад та властивості шламу, відповідно до вимог ДБН В 2.4-5 [8].

Під час аналізу впливу очисних споруд на стан довкілля потрібно враховувати:

- зміну умов та ефективності господарської діяльності за рахунок вилучення сільськогосподарських угідь, вирубування лісів та обмеження будівництва на території, яка використовується для розміщення споруд;
- зміну природного ландшафту;
- порушення структури ґрунтів;
- зміну рівневого та хімічного режиму ґрунтових та підземних вод;
- забруднення водоприймачів стічними водами;
- розповсюдження неприємних запахів;
- забруднення навколишнього природного середовища при будівництві.

Заходи зниження впливу діяльності КОС на довкілля: ресурсозберігаючі, захисні, відновлювальні, санітарні та охоронні технічні заходи, що обов'язково повинні враховуватися під час проектування, таким чином зменшуючи навантаження на довкілля, попередження подальшого розвитку негативних наслідків [9].

1.3 Критичний аналіз основних способів очищення стічних вод

Для конкретизацій технологій інтенсифікації вод існує потреба у визначенні основних способів очищення стічних вод та здійсненні їх критичного аналізу.

Принцип роботи КОС у свою чергу залежить від методу очищення. Основні способи очищення стічних вод відображені на рисунку 1.1.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510236

Арк

17

Механічний. Видалення домішок відбувається під час фільтрації та відстоювання. Тверді частки затримуються на сітках, у пісколовках та первинними фільтрами, а спливаючі забруднення – бензомаслоуловлювачами.

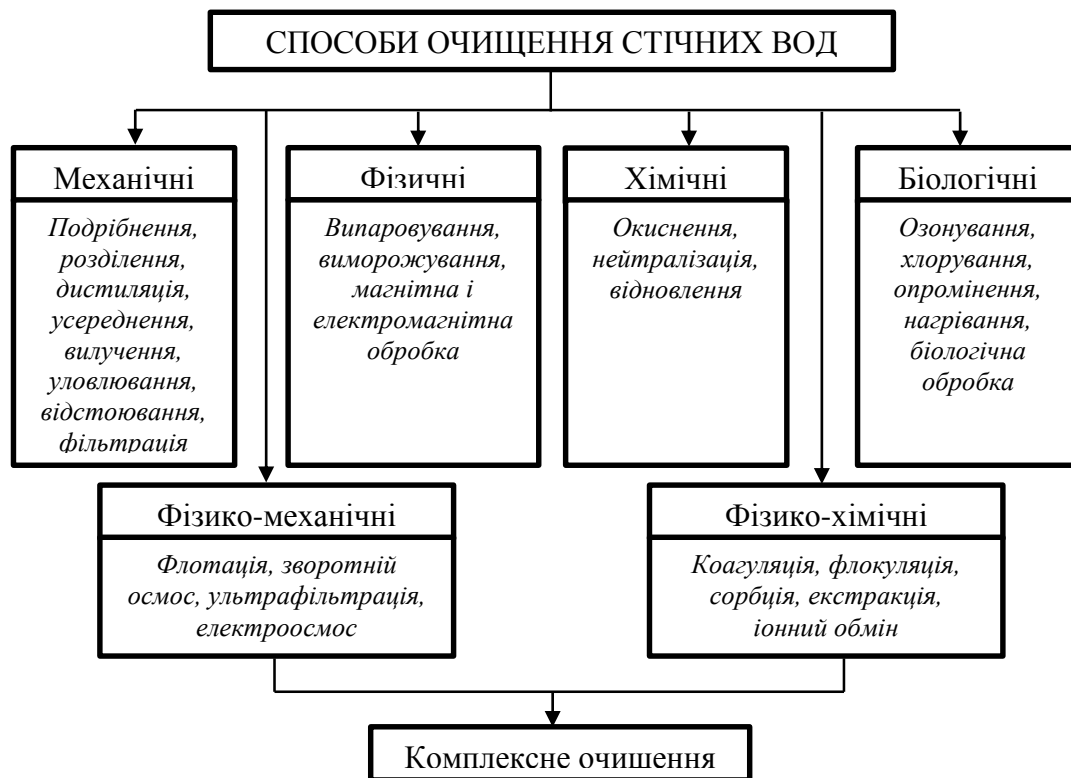


Рисунок 1.1 – Способи очищення стічних вод

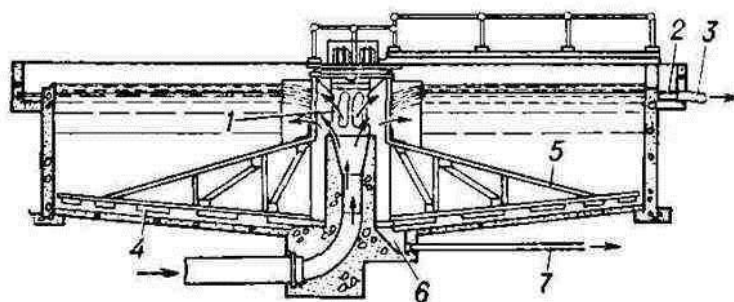
Від твердих та масляних забруднень стоки очищують методами: відстоювання (рис. 1.2); усереднення стоків чистою водою; розділення допомогою центрифуг та гідроциклонів; фільтрування.

Недоліки: незначний вплив на зміну показників якості води, що спричинено наявністю розчинених домішок (корегування рН, зміна сольового складу) та наявності елементів, що порушують роботу устаткування та потребують відновлення властивостей (фільтри) [10,11].

Фізико-механічні способи очищення стічних вод побудовані на таких методах очищення: флотація, мембранні методи, азеотропна відгонка.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------



1 – центральна розподільча труба; 2 – круговий жолоб; 3 – труба; 4 – скребки;
5 – рухома ферма; 6 – прямок; 7 – труба для мулу

Рисунок 1.2 – Схема радіального відстійника

Флотація – процес злипання часток забруднюючих речовин на молекулярному рівні до поверхні поділу фаз. Таким методом користуються для видалення: СПАР, нафтопродуктів, волокнистих матеріалів. Під час флотації утворенні системи «частинки забруднень – бульбашки повітря» спливають на поверхню та потім утилізуються.

Зворотний осмос (гіперфільтрація) – процес фільтрації забрудненої води через напівпроникні мембрани під дією тиском.

Ультрафільтрація – процес розділення речовин, дифузний тиск котрих малий. Застосовуються молекулярні сита або мембрани з крихітними порами. Застосовують ультрафільтрацію для очищення стоків від високомолекулярних речовин, завислих частинок та колоїдних розчинів.

Електродіаліз – процес зміни концентрації електроліту в розчині під впливом постійного електричного струму [10].

Хімічний спосіб використовується як самостійний чи перед фізико-хімічним та біологічним очищенням. Цей спосіб застосовують для зменшення корозійної активності стоків, вилучення важких металів, для окиснення сірководню та органічних речовин, для знебарвлення води та знезараження.

Нейтралізацію проводять за допомогою змішування кислих стічних вод з лугами, додаванням до стічних вод реагентів (вапно, карбонати кальцію та

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 19510236

Арк
19

магнію, аміак тощо) або фільтруванням через спеціальні нейтралізуючі матеріали (доломіт, магнезит, крейда, вапняк тощо).

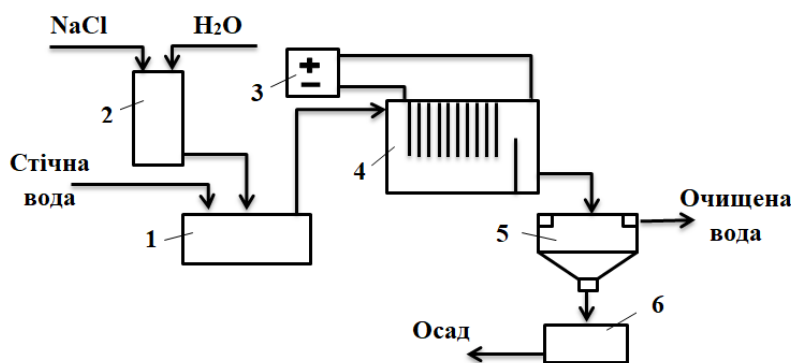
Окиснення використовують для дезінфекції стоків від токсичних речовин (мідь, цинк, сірководень, сульфід), крім того від органічних сполук. Як окиснювачі застосовують: кисень, озон, хлор, гіпохлорид кальцію тощо.

До недоліків цього способу очищення можна віднести: висока вартість реагентів, погіршення якості очищеної води (вторинне забруднення) та накопичення небезпечних продуктів реакцій забруднювачів та реагентів [11].

Фізико-хімічний спосіб передбачає видалення тонкодисперсних та розчинених частинок: методом сорбції, шляхом введення коагулянтів, методом флотації, шляхом центрифугування, нейтралізації, іонного обміну і т.д.

Коагуляція – процес з'єднання дрібних часток забруднюючих речовин під дією коагулянтів. Як коагулянт застосовують: вапняне молоко, солі алюмінію, заліза, магнію, цинку, сірчаноокислого кальцію, вуглекислого газу тощо.

У процесі очищення стічної води застосовується і електрокоагуляція, що являє собою процес злипання частинок забруднюючих речовин під впливом постійного електричного струму (рис. 1.3).



1 – усереднювач; 2 – ємність для приготування розчину; 3 – джерело постійного струму; 4 – електрокоагулятор; 5 – відстійник; 6 – апарат для зневоднення осаду

Рисунок 1.3 – Схема електрокоагуляційної установки

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

Вип.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
------	------	----------	-------	------

Флокуляція – процес укрупнення дрібних часток забруднюючих речовин внаслідок формування зав'язків з молекулами флокулянтів. Флокулянтами є крохмаль, целюлоза, активна кремнієва кислота і т.д.

Сорбція – процес поглинання твердими і рідкими сорбентами (дрібним коксом, активованим вугіллям, торфом, золою тощо) забруднюючих речовин. Пристрої для процесу сорбції виготовляють у вигляді фільтрів.

Екстракція – процес очищення з вилученням цінних речовин із стічних вод за допомогою екстрагентів. Особливістю екстрагентів є: висока екстрагуюча здатність; селективність; мала розчинність у воді; невелика питома теплота випаровування; мала теплоємність, вибухобезпечність та нетоксичність; невелика вартість.

Іонний обмін – вилучення із стічних вод цінних домішок цинку, міді, хрому ПАР під час процесу обміну іонами між двома контактуючими фазами. Основна властивість іонітів: висока іонообмінна ємність. За знаком заряду поділяються на: катіоніти (кислі властивості) та аніоніти (лужні властивості).

Для стерилізації (дезінфекції) води застосовують: нагрівання, хлорування, озонування, ультрафіолетове опромінення, біообробки, електроліз срібла.

Безперечною перевагою фізико-хімічних методів є їх висока ефективність. Недоліки: великі енерговитрати (електроліз, озонування), висока вартість (флокуляція, сорбція), тощо [11].

В основі *біологічного способу* лежить принцип природного самоочищення за рахунок життєдіяльності мікроорганізмів – біохімічне окиснення. Біологічне очищення у штучних умовах відбувається у біофільтрах, окислювальних каналах, аеротенках, біотенках та інших системах. Біологічне очищення в природних умовах здійснюється на полях зрошення, у біологічних водоймах, на полях фільтрації.

Відповідно до застосування мікроорганізмів, які беруть участь у деструкції органічних речовин, біологічне очищення стічних вод поділяють на: аеробне (окислювальне) та анаеробне (відновлювальне). Дані методи є

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 19510236	Арк
						21

ефективними для видалення органічних забруднювачів, але для підвищення інтенсивності існує потреба у значних затратах енергії при відносно незначній дії на неорганічні забруднюючі речовини [11].

Найкращий результат досягається при сукупному застосуванні декількох способів. За рахунок правильного проектування КОС, інколи стічні води, що пройшли очищення, на виході виявляються значно чистішими за поверхневі водні об'єкти, у які вони надходять.

1.4 Опис сучасних технологій інтенсифікації очищення стічних вод

Відомо, що провідне положення в очищенні стічних вод традиційно займає біологічне очищення, що пояснюється його універсальністю та відносно низькими витратами. Підвищення ефективності функціонування очисних споруд – найважливіший чинник покращення стану навколишнього середовища, захисту водойм від забруднення шкідливими речовинами.

Найпоширенішими спорудами, де відбувається даний процес, є аеротенки, робота яких пов'язана з використанням активного мулу. Для підвищення ефективності очищення стічних вод рекомендується подавати стоки в аеротенк не рівномірно, а з витратами, що постійно зменшуються за довжиною споруди, які з точністю співпадають із зменшенням концентрації мулу внаслідок розбавлення, що й дає змогу підтримувати навантаження на мул постійним.

Таким чином, питання інтенсифікації процесів очищення стічних вод постає особливо актуальним у зв'язку із незадовільною роботою очисних споруд та застарілим обладнанням. Якість очищення стоків у існуючих спорудах не відповідає нормативам, а скидання недоочищених стічних вод у відкриті водоймища, веде до погіршення екологічного стану навколишнього середовища [12].

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

Відомо багато способів покращення показників роботи споруд біологічного очищення стічних вод, серед яких найбільш часто використовуються такі:

1. Покращення умов регенерації активного мулу (повнота регенерації). При цьому способі зворотній активний мул, перед поверненням до аеротенку, попередньо піддається аерації у регенераторах. Таке рішення дозволить повисити окислювальну здатність споруд на 10–15 %.

2. Підтримання оптимального навантаження на мул в аеротенках шляхом раціонального перерозподілу стоків між паралельними аеротенками.

3. Забезпечення раціонального розподілу стоків по довжині аеротенка для підтримання оптимального навантаження на мул по всій споруді.

4. Ультразвукова обробка активного мулу у вторинних відстійниках.

5. Підвищення дози мулу в аеротенку, що призводить до збільшення окислювальної потужності очисних споруд за умови підтримки достатньої концентрації розчиненого кисню в муловій суміші [13].

Для покращення процесів очищення існує потреба у використанні електрокоагуляції. Електрокоагуляцію застосовують переважно для очищення нейтральних і слабколужних стічних вод.

Запропоновано у разі випадків перевищення фосфатів та нітритів використовувати блок електрокоагуляції, але цей етап детально не вивчався у межах цієї роботи, лише на рівні пропозиції на підставі проведено літературного аналізу.

Застосування електрохімічних методів доцільно за відносно високої електропровідності стічних вод, обумовленої наявністю в них неорганічних кислот, лугів або солей. У разі низьких концентрацій солей до стічних вод додають електроліти (зазвичай NaCl), що підвищують електропровідність стічних вод, у результаті чого знижуються питомі витрати електроенергії на їх обробку [14].

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 19510236

Арк

23

У випадку, коли стічні води мають значення, що не відповідають нормативним показникам: рН, БСК, нітратів, завислих часток, – то, щоб довести показники до гранично-допустимих концентрацій (далі – ГДК) застосовують такий комплекс очищення: біологічне очищення, електрокоагуляція, електрокорекція рН, розділення продуктів коагуляції та флотації (рис. 1.4).

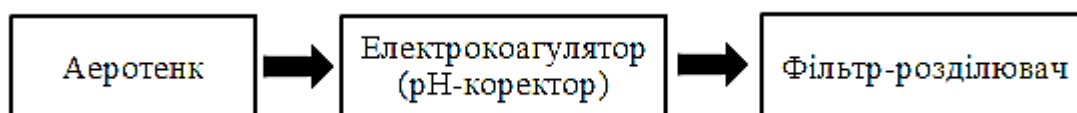


Рисунок 1.4 – Структура очистки січних вод із застосуванням коагуляції

Всі подані вище водоочисні агрегати базуються на використанні електротехнологій, зауважимо, що їх окреме використання зможе відкоригувати до нормативного значення лише один з показників якості (табл. 1.6).

Таблиця 1.6 – Параметри на які впливає електротехнічна установка

Електротехнічна установка	Параметр на який ефективно впливає робота обладнання
Аеротенк	БПК, завислі частинки
Електрокоагулятор (рН-коректор)	рН, нітрати, завислі частинки
Фільтр-розділювач	Нітрати, завислі частинки

Тобто є необхідність нероздільної роботи запропонованих установок, пояснюючи це тим, що вони формують один електротехнічний комплекс.

Очищення здійснюють від різних емульсій, масел, жирів, нафтопродуктів, сполук хрому й інших важких металів. Ефективність очищення становить: від нафтопродуктів і масел становить 54–68 %, від жирів – 92–99 %.

Метод електрокоагуляції не вимагає дефіцитних реагентів і має ряд переваг, таких як універсальність, відсутність додаткового сольового

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 19510236

Арк
24

забруднення води в процесі очищення, невеликі розміри установок, компактність установок і простота керування, повна відсутність або спрощення реагентного господарства, простота обслуговування встаткування, слабка чутливість до змін умов проведення процесу, одержання шламу з кращим структурно-механічними властивостями [15].

На ефективність електрокоагуляції впливають: матеріал електродів, відстань між ними, швидкість руху води між електродами, температура й склад води, напруга й щільність струму. Як аноди використовують графіт, магнетит, свинець і його сполуки, кремнієві сплави й ін. Катоди виготовляють із графіту, молібдену, сплаву вольфраму із залізом або нікелем, нержавіючої сталі й ряду інших речовин. Стримуючим фактором застосування електрокоагуляції є підвищена витрата електроенергії, листового заліза й алюмінію. Тому необхідність використання цього методу в кожному конкретному випадку повинна бути економічно обгрунтована [16].

Так, як існує проблема з токсичністю хлорування, при застосуванні його як методу очищення стічних вод, створюючи більш обмежувальні критерії скидання стічних вод, то як альтернативу можна використовувати озонування.

Озонування може забезпечити ефективну та надійну альтернативу хлоруванню з декількох причин: озон розкладається швидше, ніж хлор у водному середовищі, озонування не утворює токсичних побічних продуктів; озон потужний окиснювач, інактивує як вірусні, так і бактеріальні забруднення швидше і в більшому обсязі ніж хлор; озонування не впливає на показники рН після очищення; озон має здатність видаляти колір та запах із стічної води [17, 18].

У таблиці 1.7 показано порівняльну характеристику окиснювачів (хлор, діоксид хлору, озон), що застосовуються для знезараження стічних вод.

Аналізуючи таблицю, можна зауважити, що знезараження із застосуванням озону має значну бактерицидну та віруліцидну дію, у порівнянні

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

з іншими окисниками. Тому в подальшому у роботі буде розглянуто знезараження озонуванням як альтернативу хлоруванню [19].

Таблиця 1.7 – Порівняльна характеристика властивостей окиснювачів та їх побічні продукти

Окислювачі	Дія			Вплив на рН	Побічні продукти
	бактерицидна	віруліцидна	бактеріостатична		
Хлор	+	+	+	+++	хлороформ, дибромхлорметан, тетрахлорвуглець, хлорфеноли
Діоксид хлору	++	++	+++	-	кислотовміщуючі органічні сполуки, хлорити, хлорати
Озон	+++	+++	-	-	кислотовміщуючі органічні сполуки, бромати

Примітка: «-» – відсутність впливу, «+» – мінімальна дія, «++» – середня дія, «+++» – максимальна дія.

З метою визначення найбільш раціонального методу знезараження проведено СВОТ-аналіз знезараження стічних вод хлоруванням та озонуванням. Результати СВОТ-аналізу наведені у додатку Б.

Було проведено кількісну оцінку матриці СВОТ-аналізу знезараження методом хлорування (табл. Б.3) та озонування (табл. Б.4). Загальна оцінка за кожним з методів визначається як різниця загальних можливостей та загальних загроз, і становить: для хлорування – 5,6, для озонування – 8,8.

Провівши СВОТ-аналіз технологій знезараження стічних побутових вод можна сказати, що для знезараження води ефективніше з розглянутих технологій застосовувати озонування, це обумовлено переважанням сильних сторін та можливостей, і звісно ефективністю даного методу.

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

Вип.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
------	------	----------	-------	------

ТС 19510236

Арк
26

1.5 Постановка завдань дослідження

На підставі проведеного літературного огляду встановлено, що побутові води на очисних спорудах м. Суми інколи недостатньо очищуються, про що свідчить хімічний склад стічних вод на місці скиду. Тому було проведено пошук технологій та методів, які зможуть усунути ці відхилення, розглянуто декілька з них.

Усунення перевищень наднормових концентрацій за показниками фосфати та нітрати можливе за рахунок додавання блоку електрокоагуляції. Доведення до нормативних показників бактеріологічних показників, БСК₅ та СПАР також можливе на етапі знезараження. Як технологію інтенсифікації процесу очищення стічних вод доцільно застосувати знезараження методом озонування.

Для досягнення поставленої цілі були зазначені такі завдання:

- надати рекомендації щодо впровадження нового блоку інтенсифікації процесу очищення;
- провести інженерний розрахунок технології озонування;
- визначити оцінку вартості витрат на проведення природоохоронних заходів та еколого-економічний ефект.

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510236

Арк

27

РОЗДІЛ 2

ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Характеристика об'єкту дослідження

У місті Суми до системи водовідведення входить комплекс споруд, що забезпечують збір, транспортування, очищення та дезінфекцію стоків. На сьогоднішній час використовуються 19 каналізаційних насосних станцій, з яких 6 здійснюють перекачування води безпосередньо на міські ОС, а 13 – здійснюють перекачування у басейни даних станцій.

Міські ОС (рис. 2.1), що мають проектну потужність 135 тис. м³/добу, повинні здійснювати необхідне очищення стічних побутових вод відповідно до вимог регламенту, екоінспекції, санітарно-епідеміологічних органів. Фактичний об'єм очищення стічних вод складає 60–70 тис. м³ [20].



1 – очисні споруди; 2 – мулові майданчики

Рисунок 2.1 – Комплексні очисні споруди м. Суми (знімок із супутника)

Технологічний процес очищення стічних побутових вод очисними спорудами включає такі блоки: механічного очищення; біологічного очищення; відокремлення активного мулу з подальшим ущільненням; блок

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

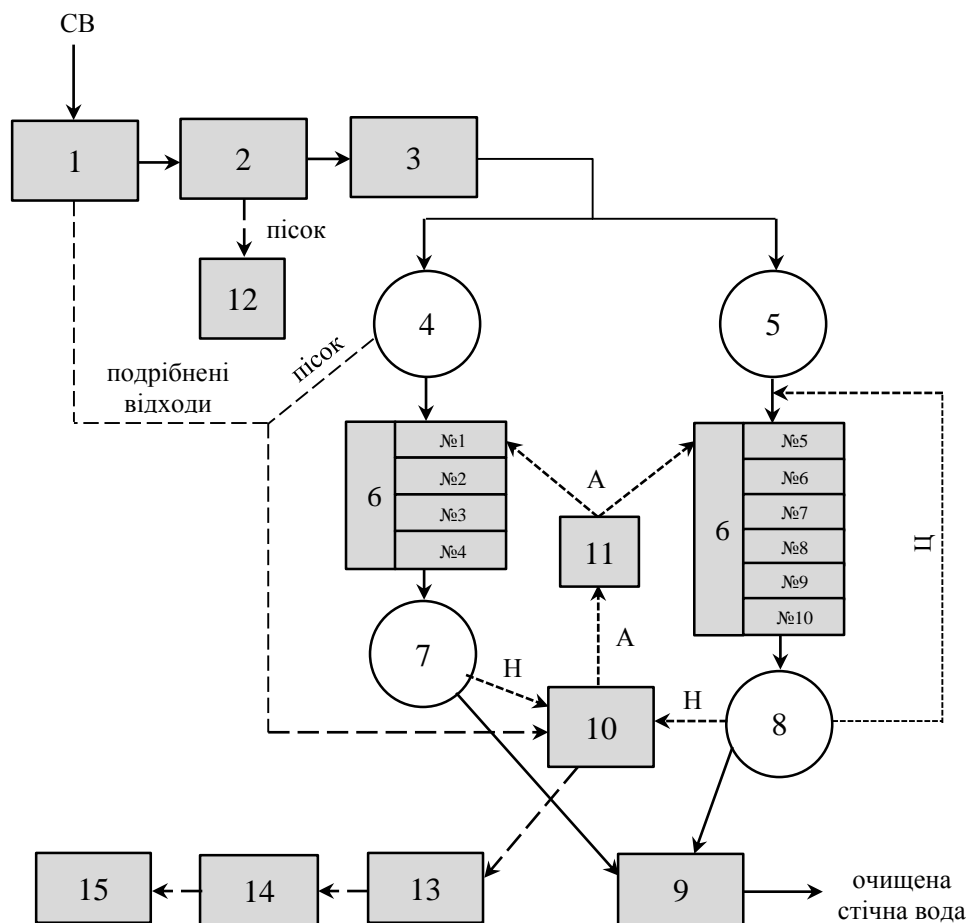
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 19510236

Арк
28

знезаражування очищеної води рідким хлором (з 2019 року гіпохлоритом натрію).

На рисунку 2.2. можна розглянути функціонуючу на сьогодні схему КОС м. Суми.



СВ – стічна вода, А – активний мул, Н – надлишковий активний мул, Ц – циркуляційний активний мул, 1 – решітки, 2 – пісковловлювачі, 3 – розподільча чаша, 4 – первинні відстійники I черги, 5 – первинні відстійники II – III черги, 6 – аеротенки, 7 – вторинні відстійники I черги, 8 – вторинні відстійники II–III черги, 9 – хлораторна, 10 – мулові камери, 11 – резервуари мулонасосних станцій, 12 – піскові площадки, 13 – мулоущільнювачі, 14 – мулозгущувачі, 15 – мулові ставки

Рисунок 2.2 – Схема очисних споруд міста Суми

Підп. і дата	
Інв. №дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. №подл.	
Вип	Арк
№ докум.	Підп.
	Дата

Можливість швидкого видалення забруднень із стічних вод пояснюється наявністю значної кількості мікроорганізмів на етапі біологічної очистки, активністю та швидкістю розмноження.

Загалом, для очищення стічних побутових вод застосовуються колонії мікроорганізмів. Цей комплекс мікроорганізмів формує пластівці активного мулу, що в наступних етапах очищення осідають у вторинних відстійниках. Деяка кількість активного мулу повертається знову на етап біологічного очищення в аеротенки, а надлишковий активний мул ущільнюється та вивозиться на мулові ставки [20].

Біологічним очищенням не можна повністю видалити із стічних вод бактерії, в тому числі і хвороботворні. З цією метою застосовують знезараження. Для знезараження застосовують рідкий хлор (з 2019 року гіпохлорит натрію). Взаємодія хлору зі стічними водами проходить у скидному колекторі.

Інформація, щодо ефективності очищення різних способів очищення викладена в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Ефективність різних способів очищення стічних вод

Спори	Зменшення, %		
	БСК _{повн}	Завислі речовини	Вміст бактерій
Решітки	5–10	5–20	10–20
Відстійники	25–40	40–70	27–75
Аеротенки на неповну очистку	50–75	80	70–90
Аеротенки на повну очистку	85–95	85–95	90–98
Хлорування біологічно очищених вод	–	–	98–99

Сирий осад з первинних відстійників видаляється насосами на мулові майданчики для зневоднення та підсушування. Для пониження показників

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510236

Арк
30

вологості надлишкового активного мулу передбачено мулоущільнювачі: I ступеня – Ø 6 м – 4 од., II ступеня – Ø 9 м – 2 од.

Відповідно ДБН 2.04.03-85 тривалість ущільнення становить – 12 годин, показник вологості ущільненого активного мулу на рівні 97,3 %, концентрація активного мулу після проходження через вторинні відстійники – 4 г/дм³. Вода, що відокремилися у процесі ущільнення, відводиться на каналізаційну насосну станцію, звідки потім у камеру гасіння [21].

Надлишковий активний мул із мулоущільнювачів I ступеня, поступово потрапляє на II ступінь мулозгущувачів, а потім подається насосами на мулові майданчики. Проектом передбачено мулові майданчики та ставки, що мають штучну основу штучною основою, а також майданчики компостування, що зневоднюють та підсушують осаду.

Потреба у зниженні рівня небезпеки на КОС під час знезараженні стічної води у 2019 році стала рушійною силою у використанні гіпохлориту натрію. Перевагою застосування гіпохлориту натрію є те, що будучи ефективним заміником рідкого хлору, він має широкий спектр впливу на патогенні мікроорганізми, та відмінно від хлору є безпечнішим у використанні та малотоксичним.

Про небезпеку хлору для здоров'я людини і загрозу для мешканців прилеглих територій, а також про можливість виникнення аварійної ситуації на об'єкті відомо усім. Використання гіпохлориту натрію замість вибухонебезпечного хлору не лише забезпечить здоров'я працівників, але й дозволить КОС виключити зі списку потенційно небезпечних об'єктів Сумської області [20].

КП «Міськводоканал» зі свого бюджету почали розробку проектно-кошторисної документації, також у 2018 році від міста подано заявку на співфінансування проекту «Реконструкція хлорного господарства на очисних спорудах м. Суми з переведенням на гіпохлорит натрію» згідно з положенням Загальнодержавної цільової програми «Питна вода України» на 2011–2020

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 19510236

Арк

31

роки, департамент інфраструктури міста Сумської міської ради став замовником будівництва [20].

У 2019 році за рахунок коштів міського та державного бюджетів завершено основні будівельно-монтажні роботи. Об'єкт був уведений в експлуатацію та переданий на баланс та обслуговування КП «Міськводоканал».

Для впровадження нової технології знезаражування стічної води гіпохлоритом натрію були виконані будівельні роботи, встановлено необхідне обладнання, також здійснені пусконаладжувальні роботи. Реагент гіпохлориту натрію використовується у вигляді водного розчину, є безпечним під час використання, бо не є горючою і вибухонебезпечною речовиною. Забезпечує дезінфекцію проти всіх відомих хвороботворних бактерій, грибкових інфекцій, найпростіших тощо [20]. Але все таки зустрічаються перевищення концентрацій у зоні випуску стічних вод до поверхневого водного об'єкту за показниками (табл. 2.2): БСК₅, нітрити, фосфати та СПАР.

Таблиця 2.2 – Показники, за якими зафіксовано перевищення нормативних значень

Індикатори якості зворотної води	Фактичні концентрації, мг/дм ³	Норматив скиду ГДК, мг/дм ³
Нітрити	1,21	1,0
Фосфати	5,84	5,7
СПАР	0,057	0,05
БСК ₅	16,8	15,0

Таким чином, очисні споруди працюють переважно стабільно та забезпечують очищення стічних вод. Скид неочищених стічних вод не відбувається, хоча інколи фіксуються перевищення гранично допустимих концентрації за одиничними показниками [20, 21].

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 19510236

2.2 Методика дослідження процесу очищення стічних вод різного хімічного складу

Каналізаційні очисні споруди призначені для очистки стічних вод, як від біогенних, так і від техногенних забруднюючих речовин. До біогенного типу забруднень відносять: органічний фосфор – показник «фосфати», органічний вуглець, що характеризується показниками ХСК і БСК, а також органічний азот – показники «нітрати», «нітрити» і «азот амонійний». До техногенного типу забруднення відносять: «нафтопродукти», «СПАР», показник «залізо» (та інші важкі метали) і т.д. Техногенні домішки часто володіють бактерицидними властивостями.

Під час вибору схем очищення та обробки стічних побутових вод керуються такими показниками, як економічна доцільність впровадження технологій, загальні витрати стічних вод, хімічний склад, а також напрямки подальшого застосування.

Розглянемо характеристику забруднень побутових стічних вод. У таблиці 2.3 наведено основну кількість ЗР, а саме нерозчиненої та колоїдної фракцій (органічні речовини нестабільні у навколишньому середовищі), які негативно впливають на санітарно-гігієнічні умови населених пунктів та підлягають особливій технології переробки на КОС. Висока бактеріальна забрудненість є відмінною рисою побутових стічних вод [23].

Таблиця 2.3 – Характеристика забруднень побутових стічних вод за хімічним складом, %

Найменування забруднень	З них		Всього, %
	мінеральні, %	органічні, %	
Нерозчинені	10	30	40
Колоїдні	2	8	10
Розчинені	30	20	50
Всього	42	58	100

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510236

Арк

33

Значній увазі підлягає розгляд складу стічних вод (табл. 2.4), що потрапляють до КОС, а це в свою чергу впливає на ефективність очищення та показники очищеної води на виході.

Тому існує потреба у жорсткому контролі процесу водовідведення на великих підприємствах та фабриках, які мають значний вплив на зміну фізико-хімічних показників якості води [22].

Таблиця 2.4 – Допустимі концентрації забруднюючих речовин в стічних водах, що скидають споживачі до системи централізованого водовідведення м. Суми

№	Показники якості стічних вод*	ГДК забруднюючих речовин в пробі стічних вод, мг/дм ³	№	Показники якості стічних вод*	ГДК забруднюючих речовин в пробі стічних вод, мг/дм ³
1	Завислі речовини		10	Цинк	
2	БСК ₅		11	Нікель	
3	ХСК		12	Хром (Cr ³⁺)	
4	Азот амонійний		13	Свинець	
5	Фосфати (PO ₄ ³⁻)		14	Жири рослинні та тваринні	
6	Нафтопродукти		15	Хлориди	
7	СПАР		16	Сульфати	
8	Залізо (загальне)		17	Сульфіди	
9	Мідь		18	Мінералізація загальна (сухий залишок)	

Примітка: * – Відповідно до Правил приймання стічних вод до систем централізованого водовідведення міста Суми затверджених рішенням виконавчого комітету Сумської міської ради від 15.01.2019 № 4 [22].

Відповідно до фазово-дисперсного стану домішок води за класифікацією Л.А. Кульського обирають методи очистки стічних вод, відповідно додатку В (табл. В.1) [24].

Очищення води від домішок I групи.

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

Вип.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510236

Арк
34

Процеси: знезараження чи дезінфекція (зупинення життєдіяльності бактерій), освітлення (видалення зважених речовин).

Способи:

1) Механічне очищення: центрифугування – видалення твердих часток в полі центробіжних сил, що створюють обертання води в гідроциклонах або центрифугах (вилучаються середні та крупні тверді частки); відстоювання (седиментація) – видалення твердих часток у гравітаційному полі (видаляються крупні домішки); фільтрування – пропускання води через пористий шар для вилучення з нього крупних та дрібних твердих часток, планктону; флотація – прилипання часток до бульбашок газу з наступним спливанням сформованих агрегатів на поверхню води та видаленням піни (видалення гідрофобних твердих часток, планктона, частіше – нафтопродуктів, жирів, масел, поверхнево-активних речовин).

2) Фізико-хімічне очищення – агрегація домішок шляхом коагуляції чи флокуляції з наступним відстоюванням, флотацією чи фільтрацією. Цим методом видаляються тонкодисперсні частки.

3) Бактерицидне очищення – методи призначені для порушення обмінних процесів у клітинах мікробів, що викликає їх загибель: термообробка (кип'ятіння); оброблення води іонами важких металів (срібло, мідь, свинець і т.д.); оброблення води окисниками (хлором, озоном); опромінення води іонізуючим опроміненням, ультрафіолетовими променями, ультразвуком.

4) Біологічне очищення заключається у розведенні риб та молюсків для видалення водоростей та планктону [24].

Очищення води від домішок II групи.

Процеси: окиснення органіки, обеззараження, знебарвлення.

Способи:

1) Фізико-хімічні: адсорбція; укрупнення колоїдних домішок агрегацією чи флокуляцією з подальшим відстоюванням, флотацією, фільтруванням; вплив

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

Вип.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510236

Арк

35

сильними окиснювачами (хлором, озоном), що руйнують органічні колоїдні з'єднання.

2) Віруліцидна обробка – знешкодження вірусів, здійснюється методами бактерицидного очищення.

3) Біохімічне очищення – окиснення органічних домішок з переведенням їх в мінеральні з'єднання у процесі життєдіяльності спеціально культивованих мікроорганізмів [24].

Очищення води від домішок III групи.

Процеси: дезодорація, дегазація, окиснення органіки.

Способи:

1) Фізико-хімічні: окиснення органічних домішок; адсорбція на сорбентах; екстракція домішок; евапорація – відгін летучих домішок високотемпературним паром; ультрафільтрація.

2) Аерація – створення більшої поверхні контакту води з повітрям за рахунок: розприскування води в атмосфері; барботажу (продування шару води повітрям). Аерацію застосовують в основному для видалення розчинених газів.

3) Біохімічне очищення [24].

Очищення води від домішок IV групи.

Процеси: опріснення (неглибоке очищення від солей), демінералізація (видалення розчинених солей), пом'якшення (усунення жорсткості), знесолення (глибоке очищення від солей), нейтралізація і т.д.

Способи:

1) Фізико-хімічні: іонний обмін; гіперфільтрація (зворотній осмос) – продавлювання під великим тиском води з іонними домішками через напівпроникними мембранами; обробка реагентами з переведенням іонів у малодисоційовані з'єднання; електродіаліз.

2) Фізичні методи: термічний – нагрівання води для виділення солей; утворенням газгидратів обробкою рідкими газами-холодоагентами (фреон, метан) при визначених температурі та тиску; переведення у газоподібний стан з

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 19510236

Арк

36

подальшою конденсацією (дистиляцією) і перехід у тверду фазу виморожуванням з подальшим відстоюванням та розділенням на лід та розсіл; магнітна обробка.

3) Біохімічне очищення від іонів хроматів, нітратів, заліза, сульфатів специфічними бактеріями [24].

Якщо в основу класифікації методів очищення стічної води брати тип впливу на домішки, то способи можна розділити на наступні групи:

- 1) механічне очищення (седиментація, проціджування);
- 2) фізичні методи (агрегація, виморожування, дистиляція);
- 3) хімічні методи (іонний обмін, нейтралізація);
- 4) фізико-хімічні методи (адсорбція, коагуляція);
- 5) біологічне, біохімічне та біоцидне очищення.

До зазначених процесів можна також додати супутні очищенню: дифузія, змішання, сушка, утворення пластівців, охолодження, зневоднення [24].

2.3 Методи дослідження фізичних, хімічних та бактеріологічних показників води

На сьогодні не існує індикатора, що загально описував стан води, оцінювання якості води проводять на основі декількох показників. Дані показники мають такий поділ: хімічні, фізичні, бактеріологічні, гідробіологічні. Також показники поділяють на загальні та специфічні.

Основні фізичні показники поділяються на: температура, уміст зважених речовин, запах, кольоровість, прозорість.

Бактеріологічні показники – показники забруднення води патогенними мікроорганізмами. Найважливіші з них: колі-індекс – кількість кишкових паличок у одному літрі води; колі-титр – кількість води в мілілітрах, у якій може бути знайдена одна кишкова паличка.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 19510236

Арк

37

Гідробіологічні показники – оцінювання якості води за заселенням живими організмами та рослинністю у водоймі. Зміна видової різноманітності водних екосистем можлива за наявності незначного негативного впливу на поверхневі водні об’єкти. Вони вважаються найбільш чутливими.

Фізичні, гідробіологічні та бактеріологічні – це загальні показники. Хімічні показники поділяють на: загальні та специфічні.

До загальні хімічні показники: ХСК та БСК; уміст азоту і фосфору та мінеральний склад; уміст розчиненого кисню; рН.

До найрозповсюджених специфічних показників відносять нафтопродукти, феноли, синтетичні поверхнево-активні речовини, поверхнево-активні речовини, пестициди і важкі метали [25].

Як приклад розглянемо визначення хлоридів за методикою. Кількісне визначення хлорид-іонів відбувається методом Мора, згідно з ДСТУ ISO 9297:2007. Особливістю методу Мора є визначення хлоридів у нейтральному середовищі, що базується на виділенні осаду хлориду срібла:



Як індикатор застосовують хромат калію, який після досягнення точки еквівалентності утворює з надлишком срібла червоно-цегляний осад хромату срібла:



Ag_2CrO_4 розчиняється при підвищенні кислотності розчину. Таким чином, метод можливо використовувати лише для титрування нейтральних розчинів хлоридів. Кислі розчини нейтралізують лугом по фенолфталеїну, а потім додають оцтову кислоту до знебарвлення індикатора.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

Випадіння в осад Ag_2CrO_4 здійснюється після зв'язування усіх іонів Cl^- . А це в свою чергу залежить від розчинності:

$$C_{\text{AgCl}} = [\text{Ag}^+] = 3,1 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л} \quad (2.3)$$

$$C_{\text{AgCrO}} = [\text{CrO}_4^{2-}] = 6,5 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л} \quad (2.4)$$

Звісно, що бурий осад хромату срібла буде поступово утворюватися лише після повного випадання в осад хлориду срібла.

Метод Мора прийнято застосовувати для визначення хлоридів з концентрацією у воді до 2 мг/л. Без додаткового розбавлення титруванню підлягають проби води з концентрацією хлоридів понад 100 мг/л [26].

Загалом за даним розділом було надано характеристику об'єкту дослідження, проаналізовано його діяльність. Також, розглянуто склад побутових стічних вод та методику дослідження процесу очищення вод різного хімічного складу. Розглянуто фізичні, хімічні та бактеріологічні показники якості води та на прикладі розглянуто визначення хлоридів за методикою.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510236

Арк

39

РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Реконструкція діючих очисних споруд

Наведемо декілька аргументів на користь озонування. Озон набагато сильніший окиснювач, ніж хлор. Озон в якості окиснювача здатний знищити ті мікроби і віруси, з якими не справляється хлор. Знезаражуюча дія озону на вегетативні форми бактерій у 15–20 разів, на спорові форми бактерій у 300–600 разів сильніша ніж хлору[23].

Надлишок озону не денатурує воду, на відміну від хлору. Також, озон має противірусну дію. Мінеральний склад, лужність, рН води залишаються без змін. Все це дозволяє розглядати знезараження стічної води методом озонування, як альтернативу хлоруванню. Тому запропоновано застосувати озонування, як метод знезараження замість хлорування (рис. 3.1).



а)



б)

Рисунок 3.1 – Зовнішній вигляд озонатора (а, б)

Під час озонування можливий аналітичний контроль (рис. 3.2) за ефективністю знезаражування. Знезараження озоном доцільно проводити після їх проходження через фільтри або після фізико-хімічного очищення, що знижує

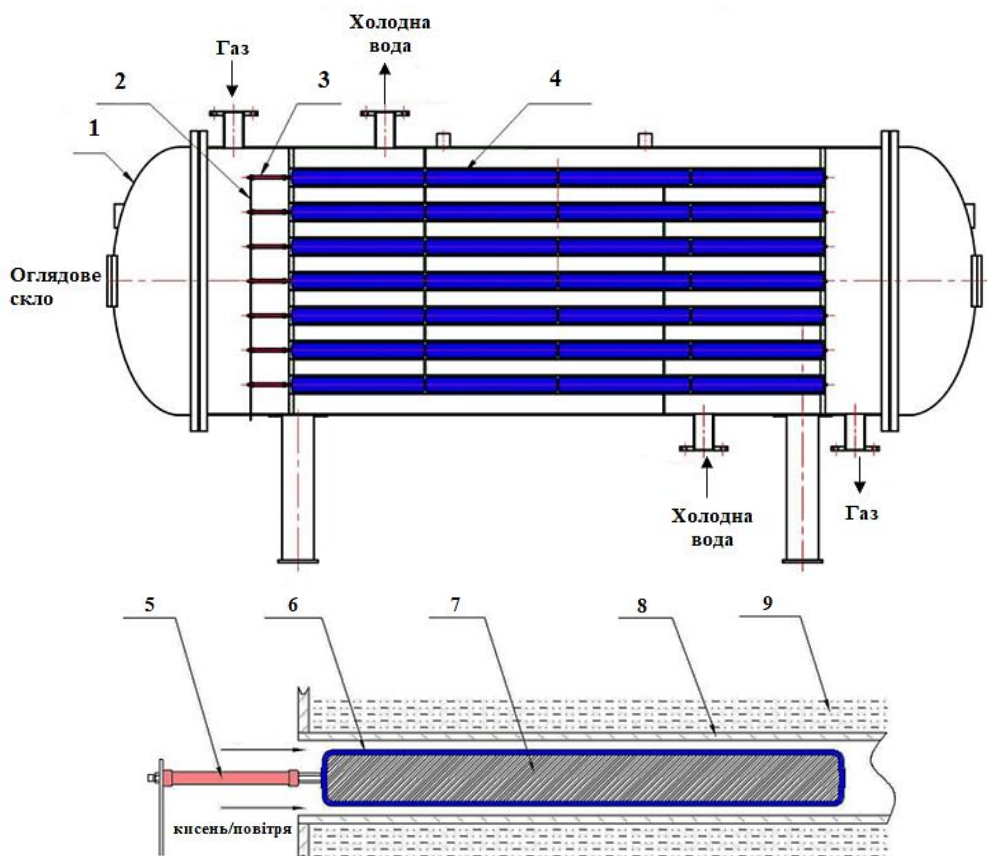
Підп. і дата	
Інв. №дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. №подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 19510236

Арк
40

вміст зважених речовин не менше ніж до 3–5 мг/дм³ і БПК_{повн} до 10 мг/дм³.
 Озонування – ефективний та перспективний метод очищення стічних вод також і від домішок ароматичних сполук, синтетичних поверхневих ароматичних сполук (СПАР) [23].



1 – корпус; 2 – пластина для з'єднання електродів; 3 – запобіжник; 4 – блок генерування озону; 5 – запобіжник високої напруги; 6 – діелектричний шар; 7 – внутрішній електрод (електрод високої напруги); 8 – зовнішній електрод (електрод низької напруги); 9 – холодна вода

Рисунок 3.2 – Будова озонатора

Установки для озонування складаються з озонаторів для синтезу озону, обладнання для підготовки та подачі повітря, систем електроживлення, камер для контакту озону з оброблюваною водою, обладнання для деструкції залишкового озону у відпрацьованій газовій суміші. Принцип роботи озонатора (рис. 3.3) заснований на охолодженні кисню до 6 градусів, потім він рухається у

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

Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
------	-----	----------	-------	------

емність, де існує залишкова волога. Сухий кисень переходить до генератору озону, де на нього діють електричні розряди. Відповідно законам фізики там і відбувається виділення озону. Потім по скляним трубкам він рухається у відділення подачі його суміші з киснем. Трубки повинні бути обов'язково зі скла, бо використання іншого матеріалу призведе до швидкого окиснення озону, у результаті чого наступні дії не матимуть сенсу.

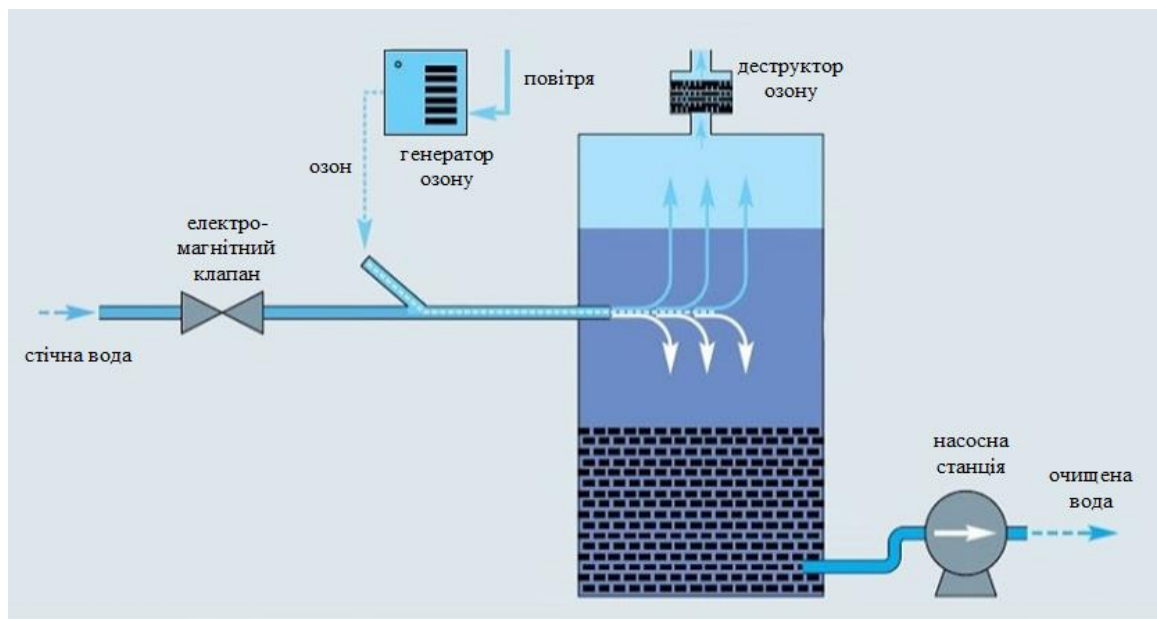
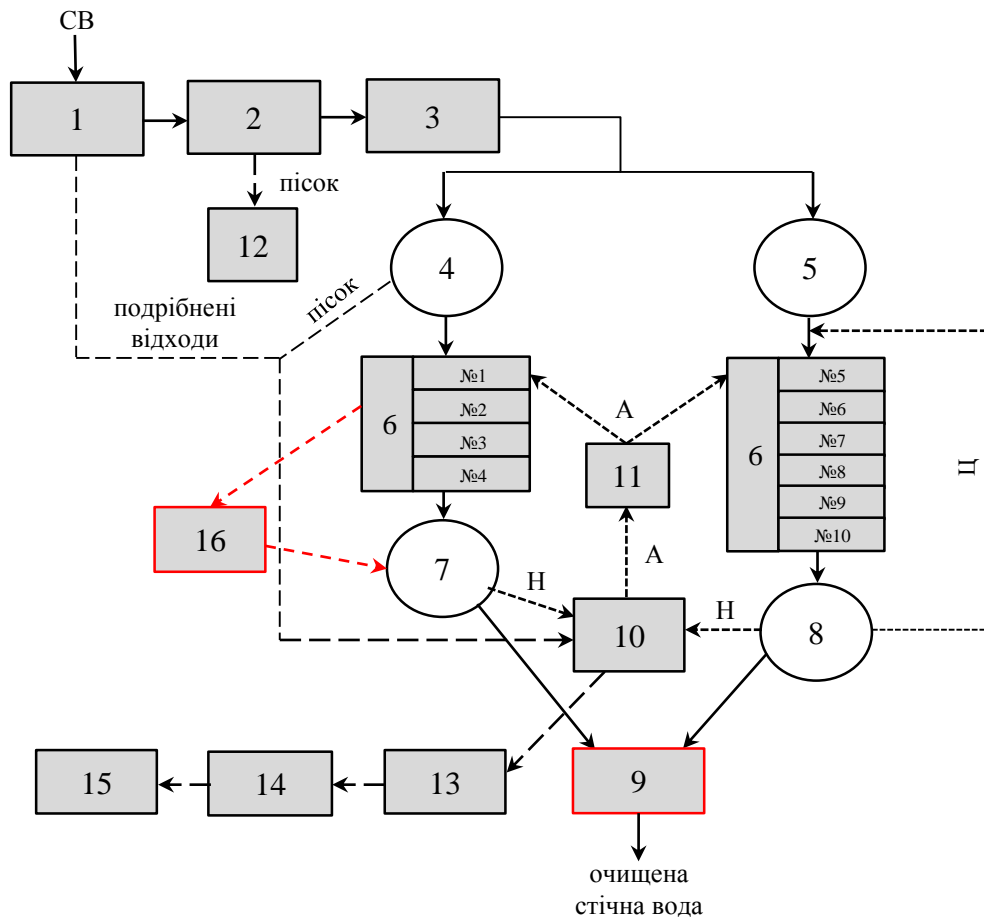


Рисунок 3.3 – Схема озонування стічних вод

Паралельно цьому процесу вода надходить до одного з відділень реактору, де проходить її окиснення і передається в наступну частину. Реактор як правило складається з декількох резервуарів. В них під дією тиску надходить вода. Там в окислену воду надходить кисень, насичений озоном. Вода проходить через фільтр, затримуючи нерозчинні молекули, а озон що не вступив у дію перетворюється знову на кисень.

Схема очищення стічних побутових з врахуванням блоку інтенсифікації зображена на рисунку 3.4.

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата



СВ – стічна вода, А – активний мул, Н – надлишковий активний мул, Ц – циркуляційний активний мул, 1 – решітки, 2 – пісковловлювачі, 3 – розподільча чаша, 4 – первинні відстійники I черги, 5 – первинні відстійники II – III черги, 6 – аеротенки, 7 – вторинні відстійники I черги, 8 – вторинні відстійники II–III черги, 9 – озонаторна, 10 – мулові камери, 11 – резервуари мулонасосних станцій, 12 – піскові площадки, 13 – мулоущільнювачі, 14 – мулозгущувачі, 15 – мулові ставки; 16 – електрокоагулятор

Рисунок 3.4 – Схема очисних споруд з врахуванням блоку інтенсифікації

Джерелом отримання озону є повітря або кисень, що не потребує реагентного господарства. Озон розпадається та утворює атомарний кисень, що в свою чергу знищує бактерії, спори, віруси, окиснює органічні речовини, поліпшує органолептичні властивості води.

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
ТС 19510236				Арк
				43

Слід зауважити, що озон є отруйною речовиною та має подразнюючу дію. Знаходження озону в повітрі легко виявити за гострим запахом, властивим цьому газу. Промислові установки знезараження комплектуються приладами для вимірювання дози газу (мг/л).

Концентрація газу в приміщенні зони обслуговування персоналу не повинна перевищувати 0,0001 мг/л. Допускається короткочасне перебування людини в приміщенні з концентрацією газу в повітрі 0,001 мг/л, а концентрація газу 0,01 мг/л викликає задуху. Під час обладнання станції існує потреба у забезпеченні короткого шляху руху суміші повітря з озоном.

Установки знезараження бувають з напівавтоматичним чи автоматичним керуванням. У ручну виконується очищення електродів (потрібно робити 1 раз в рік).

Таким чином, можна сміло говорити про те, що озонування є прогресивно-технологічним методом. Інноваційність методу полягає у можливості його використання в різних сферах. Сучасний метод очищення відповідає всім вимогам якості води. На сьогоднішній день озон є найбільш безпечним та хімічно активним елементом, який дозволяє швидко та якісно очистити і продезінфікувати великі об'єми води [27].

3.2 Розрахунок обладнання механічного блоку очищення

Проведемо розрахунок первинного відстійника. Ефективність відстоювання E_{set} визначається залежно від рекомендованої подачі води з вмістом завислих речовин (не повинен перевищувати 150 мг/дм³) [28, 29].

Хід розрахунку:

1. Ефективність видалення завислих речовин у первинних відстійниках обчислюється за формулою:

$$E_{set} = \frac{C_{зр}^п - C_{зр}^к}{C_{зр}^п} \times 100 = \frac{224 - 150}{224} \times 100 = 32 \%, \quad (3.1)$$

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 19510236	Арк
						44

де $C_{зр}^п = 224 \text{ мг/дм}^3$ – початкова концентрація завислих речовин на вході в споруду;

$C_{зр}^к = 150 \text{ мг/дм}^3$ – концентрація завислих речовин на виході зі споруди.

2. Тривалість відстоювання стічних вод, при якій забезпечується необхідний ефект прояснення стічних вод, визначається за таблицею 3.1.

Тривалість відстоювання стічних вод, при якій забезпечується необхідний ефект прояснення стічних вод становить: $t_{set} = 517 \text{ с}$.

Таблиця 3.1 – Тривалість відстоювання у стандартному циліндрі, залежно від ефекту освітлення

Ефект освітлення, $E_{set}, \%$	Тривалість відстоювання у стандартному циліндрі $t_{set}, \text{ с}$	
	$C_{зр} = 200 \text{ мг/л}$	$C_{зр} = 300 \text{ мг/л}$
30	540	320
40	650	450
50	900	640

3. Гідравлічна крупність частинок, які будуть затримуватись у первинних відстійниках, становить:

$$U_o = \frac{1000 \cdot K_{set} \cdot H_{set}}{\alpha \cdot t_{set} \cdot \left(\frac{K_{set} \cdot H_{set}}{h}\right)^{n_2}} = \frac{1000 \cdot 0,45 \cdot 3}{1 \cdot 517 \cdot \left(\frac{0,45 \cdot 3}{0,5}\right)^{0,3}} = 1,94 \text{ мм/с}, \quad (3.2)$$

де $K_{set} = 0,45$ – коефіцієнт використання зони об'єму, залежить від типу відстійника, (табл. 3.2);

$H_{set} = 3 \text{ м}$ – робоча глибина відстійника, залежить від типу відстійника, (табл. 3.2);

$\alpha = 1$ – коефіцієнт, що враховує температуру стічних вод $T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, (табл. 3.3);

$t_{set} = 517 \text{ с}$ – тривалість відстоювання;

Підп. і дата	
Інв. № добул.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № поодл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 19510236

Арк
45

$h = 0,5$ м – висота циліндра;

n_2 – показник ступеня, який залежить від агломерації частинок, приймається 0,3.

Таблиця 3.2 – Розрахункові параметри первинних радіальних відстійників

Відстійник	K_{set}	H_{set} , м	v_{set} , мм/с
Радіальний	0,45	1,5–5,0	5–10

Таблиця 3.3 – Залежність коефіцієнта α від температури T

α	1	1,14	1,3
T	20	15	10

4. Визначаємо продуктивність первинного відстійника.

Приймаємо діаметр відстійника 24 м.

Для радіального типу відстійника продуктивність становить:

$$q_{set} = 2,8 \cdot K_{set} \cdot (D^2 - d^2)(U_o - v) = \quad (3.3)$$

$$= 2,8 \cdot 0,45 \cdot (24^2 - 1,6^2)(1,94 - 0) = 1409 \text{ м}^3/\text{год},$$

де $D = 24$ м – діаметр відстійника (табл. 3.4);

$d = 1,6$ м – діаметр розподільного пристрою радіального відстійника (табл. 3.4);

Таблиця 3.4 – Типові розміри первинних радіальних відстійників

Параметри	Діаметр відстійника, м			
	18	24	30	40
Типовий проект	ТП 902-2-362.83	ТП 902-2-963.83	ТП 902-2-378.83	ТП 902-2-383.83
Діаметр розподільного пристрою, м	1,4	1,6	1,8	2

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

Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
------	-----	----------	-------	------

ТС 19510236

Арк

46

$v = 0$ мм/с – турбулентна складова приймається в залежності від швидкості руху стічних вод у споруді (табл. 3.5).

Таблиця 3.5 – Розрахункові параметри первинних відстійників

v_{set}	5	10
v	0	0,05

5. Кількість первинних відстійників визначається за формулою:

$$N = \frac{Q_{max}}{q_{set}} = \frac{3125}{1409} = 2,2 \approx 3 \text{ шт.}, \quad (3.4)$$

де Q_{max} – максимальна витрата суміші стічних вод, 3125 м³/год. Приймаємо 3 первинних радіальних відстійника діаметром 24 м.

6. Розраховуємо фактичну продуктивність одного відстійника діаметром 24 м:

$$q_{\phi} = \frac{Q_{max}}{N_{\phi}} = \frac{3125}{3} = 1042 \text{ м}^3/\text{год.} \quad (3.5)$$

7. Фактична гідравлічна крупність затриманих частинок становить:

$$U_o^{\phi} = \frac{q_{\phi}}{2,8 \cdot K_{set} \cdot (D^2 - d^2)} = \frac{1042}{2,8 \cdot 0,45 \cdot (24^2 - 1,6^2)} = 1,44 \text{ мм/с.} \quad (3.6)$$

8. Фактична тривалість перебування стічних вод у первинному відстійнику становить:

$$t_{set}^{\phi} = \frac{1000 \cdot K_{set} \cdot H_{set}}{U_o^{\phi} \cdot \alpha \cdot \left(\frac{K_{set} \cdot H_{set}}{h}\right)^{n_2}} = \frac{1000 \cdot 0,45 \cdot 3}{1,44 \cdot 1 \cdot \left(\frac{0,45 \cdot 3}{0,5}\right)^{0,3}} = 696 \text{ с.} \quad (3.7)$$

Інв. № по одл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ТС 19510236				Арк
									47
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата					

Фактична ефективність прояснення стічних вод у первинному відстійнику при $C_{\text{поч}} = 224$ мг/л і $t_{\text{set}}^{\phi} = 696$ с становить: $E_{\phi} = 45$ %.

3.3 Розрахунок обладнання біологічного блоку очищення

Проведемо розрахунок високонавантажувального біофільтра (аерофільтра) для можливого застосування на КОС м. Суми відповідно до методики, що наведена у СНиП 2.04.03-85 [29, 30].

Вихідні дані: витрата стічних вод $Q = 60000$ м³/доб; БПК₅ стічних вод, що надходять $L_{\text{вх}} = 150$ мг/дм³; БПК₅ очищених стічних вод (відповідно до ГДК) $L_{\text{вих}} = 15$ мг/дм³; середньозимова температура стічних вод $T_w = 12$ °С (за даними Сумського гідрометеоцентру).

Хід розрахунку:

1. Коефіцієнт $K_{\text{бф}}$ визначаємо за формулою:

$$K_{\text{бф}} = \frac{L_{\text{вх}}}{L_{\text{вих}}} = \frac{150}{15} = 10. \quad (3.8)$$

2. Оскільки отримане значення $K_{\text{бф}}$ відрізняється від значень, наведених у таблиці 3.6 [СНиП 2.04.03-8], то для очищення стічних вод без рециркуляції слід прийняти висоту біофільтра $H_{\text{бф}}$, гідравлічне навантаження $q_{\text{бф}}$ і витрату повітря q_a .

Таблиця 3.6 – Визначення показників за коефіцієнтом $K_{\text{бф}}$

q_a , м ³ /м ³	$H_{\text{бф}}$, м	Коефіцієнт $K_{\text{бф}}$ при T_w , $H_{\text{бф}}$, $q_{\text{бф}}$		
		$T_w = 12$ °С		
		$q_{\text{бф}} = 10$	$q_{\text{бф}} = 20$	$q_{\text{бф}} = 30$
12	2	5,31	3,98	3,44
	3	9,9	6,35	5,14
	4	18,4	10,4	7,69

Підп. і дата	Інв. № до обл.	Взаєм. інв. №	Підп. і дата	Інв. № по одл.
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510236

Арк

48

Для середньозимової температури стічної води $T_w = 12^\circ\text{C}$ за найближчим більшим значенням $K_{\text{бф}}$ (беремо найближче більше табличне значення): гідравлічне навантаження $q_{\text{бф}} = 20 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{доб})$; витрату повітря $q_a = 12 \text{ м}^3/\text{м}^3$; робоча висота $H_{\text{бф}} = 4 \text{ м}$.

3. Необхідна площа біофільтра (без рециркуляції):

$$F_{\text{бф}} = \frac{Q}{q_{\text{бф}}} = \frac{60000 \text{ м}^3/\text{доб}}{20 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{доб})} = 3000 \text{ м}^2. \quad (3.9)$$

4. Об'єм фільтруючого навантаження:

$$V_{\text{бф}} = H_{\text{бф}} \cdot F_{\text{бф}} = 4 \cdot 3000 \text{ м}^2 = 12000 \text{ м}^3. \quad (3.10)$$

Приймаємо типові біофільтри круглої форми у кількості $n = 4$ шт.

5. Діаметр біофільтрів:

$$D = \sqrt{\frac{2 \cdot F_{\text{бф}}}{n \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3000 \text{ м}^2}{4 \cdot 3,14}} = 21,8 \text{ м}. \quad (3.11)$$

6. Для подачі повітря у приміщенні між біофільтрами потрібна вентиляційна камера з вентиляторами. Витрата повітря складає:

$$Q_{\text{пов}} = q_a \cdot Q = 12 \text{ м}^3/\text{м}^3 \cdot 60000 \text{ м}^3/\text{доб} = 720000 \text{ м}^3/\text{доб}. \quad (3.12)$$

Для подачі повітря обираємо вентилятори низького тиску типу ЕВР–5. Встановлюємо 3 робочих і 1 резервний вентилятори ЕВР–5 продуктивністю до $10000 \text{ м}^3/\text{год}$ (так як отримали витрату повітря $30000 \text{ м}^3/\text{год}$), напір 15–80 мм, потужність двигуна 2,8–7 кВт.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ТС 19510236	Арк
						49
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

3.4 Розрахунок обладнання блоку інтенсифікації очищення

Проведемо розрахунок основних параметрів розпилювальних елементів озонатора [29, 31]. Беремо прилад ОП-121 (номінальна продуктивність за озоном $q_{oz} = 1,6$ кг/год).

Вихідні дані: концентрація озону в озоно-повітряній суміші $C = 14$ г/м³; інтенсивність розпилювання $w = 25$ м³/(м²·год); необхідний вміст озону $d_{oz} = 10$ г/м³; тривалість обробки $T = 20$ хв; витрата стічних вод $Q = 60000$ м³/добу = 2500 м³/год.

Хід розрахунку:

1. Необхідна загальна площа розпилювальних елементів реакційної камери барботажного типу, визначається за формулою:

$$f_{\text{заг}} = \frac{Q \cdot d_{oz}}{C \cdot w} = \frac{2500 \text{ м}^3/\text{год} \cdot 6,4 \text{ г/м}^3}{14 \text{ г/м}^3 \cdot 25 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})} = 45,71 \text{ м}^2, \quad (3.13)$$

де Q – витрата стічних вод, м³/год;

d_{oz} – необхідний питомий вміст озону, г/м³ (для озонаторного пристрою ОП-121, його номінальна продуктивність за озоном 1,6 кг/год, витрата стічних вод 2500 м³/год, $d_{oz} = 6,4$ г/м³);

C – концентрація озону в озоно-повітряній суміші, г/м³;

w – інтенсивність розпилювання на одиницю площі пористих розпилювачів, м³/(м²·год).

2. Площа одного розпилювального елемента знаходиться за формулою:

$$f_e = 2\pi RL = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,05 \cdot 5 = 1,57 \text{ м}^2 \approx 2 \text{ м}^2, \quad (3.14)$$

де R – зовнішній радіус керамічної труби ($R = 0,05$ м);

L – довжина розпилювального елемента ($L = 5$ м).

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

Вип.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
------	------	----------	-------	------

ТС 19510236

Арк
50

3. Обчислюємо кількість розпилювальних елементів із такого співвідношення:

$$n = \frac{f_{\text{заг}}}{f_e} = \frac{45,71 \text{ м}^2}{2 \text{ м}^2} = 22,86 \approx 23. \quad (3.14)$$

4. Загальний об'єм камери:

$$W = k_{\text{пр}} \cdot Q \cdot T = 1,1 \cdot 2500 \cdot 0,33 = 907,5 \text{ м}^3, \quad (3.15)$$

де $k_{\text{пр}}$ – коефіцієнт збільшення об'єму води за рахунок продувки, 1,1;

T – тривалість обробки, год. (20 хв. = 0,33 год).

5. Висоту шару води над розпилювачами приймаємо рівною 5 м, довжина прямокутної камери дорівнює довжині розпилюючого елемента ($L=5$ м). Таким чином, ширина камери озонування складає:

$$B = \frac{W}{L \cdot H} = \frac{907,5}{5 \cdot 5} = 36,3 \text{ м}. \quad (3.16)$$

8. Питома витрата озону:

$$D_{\text{оз}} = \frac{d_{\text{оз}} \cdot Q}{1000} = \frac{6,4 \cdot 2500}{1000} = 16 \text{ кг/год}. \quad (3.17)$$

9. Кількість озонаторів знаходимо за формулою:

$$m = \frac{k \cdot D_{\text{оз}}}{q_{\text{оз}}} = \frac{1 \cdot 16}{6} = 2,7 \approx 3, \quad (3.18)$$

де k – коефіцієнт запасу, приймаємо 1;

$q_{\text{оз}}$ – пропускна здатність озонатора.

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

Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
------	-----	----------	-------	------

Отже, для знезараження стічних вод КП «Міськводоканал» знадобиться 3 озонатора.

Загалом було проведено розрахунок для очисних споруд потужністю 60000 м³/добу:

– блоку механічного очищення – фактична ефективність прояснення стічних вод у первинному радіальному відстійнику становить за розрахунком 45 %;

– блоку біологічного очищення – визначено параметри біофільтра;

– блоку інтенсифікації (знезараження) – для знезараження стічних вод КП «Міськводоканал» знадобиться 3 озонатори.

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 19510236
					Арк
					52

РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Оцінка вартості витрат на проведення природоохоронних заходів

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

$$B = K + C = 1260000 \text{ грн}, \quad (4.1)$$

де К – капітальні витрати на проведення природоохоронного заходу, які складають приблизно 1260000 грн (витрати на придбання за одиницю обладнання \approx 420000 грн; всього – 3 одиниці);

С – поточні річні (не враховуємо).

4.2 Оцінка річного еколого-економічного ефекту від проведення природоохоронних заходів

Еколого-економічний ефект (далі – ЕЕЕ) від проведення природоохоронних заходів (Е) розраховується за формулою [32]:

$$E = E_{\pi} + E_3, \quad (4.2)$$

де E_{π} – ЕЕЕ за рахунок економії на сплаті економічного податку, грн;

E_3 – ЕЕЕ за рахунок зменшення еколого-економічного збитку, грн.

Суму податку, що справляється за скиди ЗР у водні об'єкти (E_{π}), знаходимо за формулою:

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

Підп. і дата	Інв. № дубл.	Взаєм. інв. №	Підп. і дата	Інв. № подл.	Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	TC 19510236	Арк
											53

де M_{li} – обсяг скиду i -тої ЗР, в тонах (т);

H_{pi} – ставки податку в поточному році за тонну i -того виду ЗР, у гривнях з копійками;

$K_{oc} = 1$ – коефіцієнт, що застосовується у разі скидання ЗР у річку.

Розрахунок та вихідні дані наведені у додатку Г.

Сума податку за розрахунками становить: $E_n = 81633,60$ грн.

Розрахуємо розмір відшкодування збитків (E_3), заподіяних річці Псел внаслідок скидів ЗР зі зворотними водами з перевищенням нормативу ГДС, грн, за формулою:

$$E_3 = K_{кат} \cdot K_P \cdot k_3 (M_{i1} + M_{i2} + M_{i3}) \cdot \gamma_i, \quad (4.4)$$

де $K_{кат}$ – коефіцієнт, що враховує категорію водного об'єкта, який визначається згідно з додатком Г;

K_P – регіональний коефіцієнт дефіцитності водних ресурсів поверхневих вод, який визначається згідно з додатком Г;

$k_3 = 1,5$ – коефіцієнт ураженості водної екосистеми згідно з додатком Г;

m – кількість забруднюючих речовин у зворотних водах;

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

γ_i – питомий економічний збиток від забруднення водних ресурсів, віднесений до 1 тонни умовної ЗР (табл. 4.1), грн/т, визначають за формулою:

$$\gamma_i = \gamma \cdot A_i, \quad (4.5)$$

де γ – проіндексований питомий економічний збиток від забруднення водних ресурсів у поточному році, грн/т, що визначають за формулою:

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і дата	TC 19510236	Арк
						54
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

$$\gamma = \gamma_{\Pi} \cdot \frac{I}{100} \quad (4.6)$$

де γ_{Π} – проіндексований питомий економічний збиток від забруднення водних ресурсів за попередній рік, грн/т;

I – індекс інфляції, середньорічний темп зростання за попередній рік, %;

A_i – безрозмірний показник відносної небезпечності i -тої ЗР (табл. 4.1).

Так як за показниками нітриту, фосфати та БСК₅ було зафіксовано перевищення допустимих концентрацій, тому розрахунок виконується відповідно до цих даних (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для розрахунку

Найменування	Маса M_i , т	ГДК $_i$, мг/м ³	A_i	γ , грн/т	γ_i , грн/т
Нітриту	2,719	1	10,000	798,41	7984,10
Фосфати	3,031	5,7	1,754	798,41	1400,72
БСК ₅	2,847	15	0,667	798,41	532,27

Безрозмірний показник відносної небезпечності i -тої ЗР, визначають за формулою:

$$A_i = 1/\text{ГДК}_i, \quad (4.7)$$

де ГДК $_i$ – безрозмірна величина, чисельно рівна ГДК $_i$ забруднюючої речовини у воді водного об'єкта відповідної категорії.

Сума відшкодування збитків становить: $E_3 = 253214,02$ грн.

ЕЕЕ від проведення природоохоронних заходів, становить:

$$E = 81633,60 + 253214,02 = 334847,62 \text{ грн.} \quad (4.8)$$

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

Вип.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
------	------	----------	-------	------

ТС 19510236

Арк

55

Оцінка терміну окупності витрат на проведення природоохоронного заходу здійснюється за формулою [32]:

$$T = B/E = 1260000/334848 = 3,7 \approx 4 \text{ роки.} \quad (4.9)$$

З вищевказаних розрахунків витрати на проведення природоохоронних заходів та еколого-економічного ефекту від проведення природоохоронних заходів, було визначено, що термін окупності витрат на озонуюче обладнання складає приблизно 4 роки.

Оскільки термін окупності є невеликим, то доцільним є використання даного обладнання для озонування стічних вод як альтернативного методу знезараження.

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	TC 19510236	Арк
						56
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів, що виникають під час експлуатації очисних споруд

Повітря робочої зони. Відповідно до ДСН 3.3.63042-99 виконують: роботу категорії легкої важкості Іб – працівники лабораторії, роботу категорії середньої важкості Іб – працівники, роботи в цеху належать до категорії Іа [33].

Для зниження впливу шкідливих виробничих факторів потрібно застосовувати наступні заходи:

– все обладнання та робочі місця повинні бути оснащені системами витяжної вентиляції, що забезпечує вміст ЗР у повітрі робочої зони нижче ГДК.

– хлораторні, що розташовані у блоках очисних споруд ізолюють від інших приміщень. В них передбачена аварійна вентиляція.

Виробничий шум та вібрація. Основний законодавчий документ з охорони праці стосовно вібрації ДСН 3.3.6.039-99 [34].

Для того щоб понизити показники вібрації, що може впливати на робоче місце, застосовують амортизуючі сидіння, а також вібропоглинаючі настили.

Для індивідуального захисту робітників, застосовують рукавиці та спеціальне взуття. Під час роботи з ручними машинами, загальний час роботи при контакті з вібрацією повинен бути меншим за 2/3 робочої зміни.

Для боротьби з шумом на об'єктах проводяться:

– ліквідація джерел шуму або послаблення в процесі конструювання та можливої реконструкції обладнання;

– використання засобів індивідуального захисту;

– профілактичні заходи медичного характеру;

– раціональне планування цехів і приміщень.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 19510236

Арк

57

Виробниче освітлення. При роботі на очисних спорудах недостатнє освітлення як наслідок призводить до погіршення продуктивності праці, а дуже яскраве світло може спричинити головний біль. Ці фактори можуть викликати порушення гостроти зору і навіть тимчасове засліплення.

Усі агрегати та механізми у приміщеннях насосних станцій повинні достатньо забезпечуватися природним і штучним освітленням. Також крім робочого освітлення передбачають застосування аварійного освітлення електричними ліхтарями [35].

Електробезпека. Електричне обладнання працює від трьохфазної електричної мережі. Напруга в мережі складає 220–380 В, при потужності потужність 380 кВт.

Потужність витрачається на електродвигуни насосів, вентилятори та повітродувки. Електроприймачі станції очищення побутових стічних вод належать до споживачів першої категорії по безперебійності електропостачання. Електротехнічне обладнання аеротенків потребує резервне електроживлення, для забезпечення постійної роботи вентиляторів.

Заходи попередження ураження робітників електричним струмом:

- для забезпечення електробезпеки обов'язково застосовують захисне заземлення корпусу обладнання;
- при обслуговуванні електричних установок використовують діелектричні рукавички, інструменти з ізольованими рукоятками, діелектричне взуття та ізолюючі підставки;
- ізолюють струмоведучі частини та огорожу обладнання [36].

Пожежна безпека. Пожежний захист об'єктів та споруд здійснюється відповідно до вимог Закону України «Про пожежну безпеку» та ДБН 360-92. Пожежні крани повинні бути справними та доступними для застосування у разі пожежі. Об'єкти водопостачання та каналізації обов'язково забезпечуються пожежними щитами та стендами, укомплектовуються відповідним пожежним інвентарем [37].

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата
Вип.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

У приміщенні насосної станції повинна розміщуватися загальна схема протипожежного водопостачання, також поряд схема обв'язки насосів.

У приміщеннях резервуарів та решіток, в приміщеннях де знаходяться хлораторні установки збороняється використовувати відкритий вогонь та палити. Збороняється паління біля відкритого колодязя, застосування вогню у колодязі чи над відкритим люком.

При експлуатації будівель складського і виробничого призначення в усіх приміщеннях повинні дотримуватись вимог Правил пожежної безпеки в Україні.

Безпека обслуговування обладнання. Лише працівники, що мають відповідну кваліфікацію та пройшли навчання та перевірку знань з питань охорони праці, можуть проводити експлуатацію двигунів.

Роботи, що пов'язані із розвантаженням сипучих реагентів та приготуванням розчинів повинні обов'язково виконуватися у засобах індивідуального захисту. Робочі проходи біля піскоуловлювачів огорожують, що дозволяє зручно та безпечно перекривати шибери і очищати камери від піску. Очищення решіток здійснюють лише граблями. У випадку, коли під час механічного очищення решіток відходи залишилися на граблях, тоді їх кидають у спеціально призначену тару.

Піскоуловлювачі при нагромадженні значної кількості осаду очищують вручну бригадою не менше трьох чоловік.

Хлораторні та амонізаційні установки обслуговуються лише кваліфікованими працівниками, які повинні знати поводження із захисними засобами, методами усунення витоків хлору і аміаку.

Відходи до вивезення на полігон потрібно зберігати у контейнерах з кришками та щодня посипати хлорним вапном, користуючись при цьому засобами індивідуального захисту. Контейнери перевіряються на справний стан не рідше 1 разу на рік.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510236

Арк

59

Відбір проб стічних вод з відкритих споруд потрібно проводити з робочих площадок, які мають огороження. Оберткові частини приводів, мулові скребки відстійників – обов’язково повинні мати захисні огороження. Забороняється ручне очищення: ходового шляху візків, мулових скребків, мулососів відстійників. Споруди мулових майданчиків мають бути огорожені та мати зручні підходи, що забезпечить безпечну роботу оператора.

Охорона вод охоплює комплекс заходів, що націлені на попередження та усунення наслідків забруднення, засмічення, а також виснаження вод. На основі комплексного системного підходу проаналізовано комплекс стандартів у галузі охорони вод. Цілями цього комплексу є забезпечення водокористувачів водою необхідної якості та достатньої кількості, раціональне використання водних ресурсів, збереження водних об’єктів та екосистем [36, 38].

5.2 Дії співробітників під час виникнення розливу хлору

Працівники, що обслуговують хлорне господарство та працюють на хлораторних установках, обов’язково повинні знати «Правила охорони праці при виробництві, зберіганні, транспортуванні та застосуванні хлору».

Для локалізації можливих аварійних ситуацій на закритих складах хлору, наповнювальних станціях, у випарювальних та хлораторних приміщеннях повинна передбачатися аварійна вентиляція та система поглинання хлору, що вмикається автоматично під час спрацювання сигналу газоаналізатора [39].

Абгази зрідження та переміщення рідкого хлору, газу продувок хлорних систем мають спрямовуватися на споживання або у систему очищення.

При аварії та розливі рідкий хлор випаровується, створюючи з водяними парами білий туман (1 кг рідкого хлору утворює 35 л газів).

Порядок дій в осередку ураження (під час розливу хлору) [40]:

- 1) заплющити очі та затамувати дихання;

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510236

Арк

60

- 2) огорнутись у верхній одяг та дихати крізь нього (можна змочити водою), не бігти;
- 3) намагатися визначити напрямок вітру;
- 4) рухатися з зони зараження в бік, перпендикулярно вітру;
- 5) якщо неможливо вийти, то спробувати залісти на високий предмет, оскільки хлор стелиться попід землею.

Ознаки отруєння хлором: під час вдихання парів хлору виникає ураження легень, що супроводжується набряком киснево-поглинальних альвеол, які під час кашлю можуть розірватися з виділенням мокротини з кров'ю, і як наслідок може призвести до загибелі людини у разі нестачі кисню.

Перша допомога при отруєнні хлором [39]:

- 1) одягніть протигаз і виведіть ураженого на свіже повітря;
- 2) при легкому ураженні хлором, що не викликала головного болю, нудоти, кашлю, болю в грудях або відчуття здавленості грудної клітини, потерпілий повинен бути виведений на свіже повітря і спрямований в медпункт організації або найближчу поліклініку;

3) при тяжкому отруєнні хлором потерпілого треба негайно винести із зони зараження по можливості на носилках, бажано в тепле приміщення або укрити теплим одягом; верхню частину тіла слід підняти. До потерпілого необхідно негайно викликати медичного працівника, до його приходу забороняється робити потерпілому штучне дихання, виносити на протязі і змушувати рухатися. Рекомендується напувати потерпілого теплим молоком, чаєм або кавою;

4) при гострому отруєнні озоном потерпілого необхідно винести на свіже повітря, забезпечити йому спокій і тепло (зігрівання грілками), корисна інгаляція зволоженого 75–80 % кисню;

5) у разі подразнення дихальних шляхів необхідна інгаляція (очі, ніс і рот потерпілого необхідно промити) 2 % розчину соди;

6) якщо стан хворого не покращиться, викликати швидку допомогу.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 19510236

ВИСНОВКИ

1. Відповідно до завдань проєкту було проведено оцінку впливу очисних споруд на компоненти навколишнього середовища. Розглянуто параметри скиду стічної води та з'ясовано, що фактичні гранично допустимі концентрації стічної води не завжди відповідають нормативним значенням.

2. Проведено критичний аналіз способів та технологій очищення стічних вод. Визначено шляхи інтенсифікації для покращення процесу очищення стічних вод. Проведено порівняльний СВОТ-аналіз двох методів знезараження: хлорування та озонування.

3. Проведено аналіз стану очисних споруд м. Суми та розглянуто технологічну схему очищення стічних вод. Встановлено, що існуючий метод знезараження стічних вод має недоліки. У зв'язку з цим було запропоновано альтернативний метод знезараження – озонування.

4. Таким чином, було надано рекомендації, щодо застосування озонування як способу знезараження. Описано процес озонування та відображено будову озонатора. Проведено розрахунок блоку інтенсифікації, у ході якого було визначено параметри озонатора та потрібна кількість устаткування, що забезпечить ефективне очищення.

5. У розділі «Економічна частина» визначено вартість витрат на проведення природоохоронних заходів та еколого-економічний ефект, після чого було визначено термін окупності технологій озонування – 4 роки.

6. У розділі «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» проведено аналіз небезпечних та шкідливих факторів, що виникають під час експлуатації очисних споруд. Також визначено, дії працівників під час виникнення розливу хлору та порядок надання першої допомоги.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510236

Арк

62

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Звіт з оцінки впливу на довкілля «Реконструкції діючих очисних споруд стічних вод по вул. Байкальського, 107 в м. Кропивницькому Кіровоградської області» Обласного комунального виробничого підприємства «Дніпрово-Кіровоград» 2019 р. URL: http://ekolog.kr-admin.gov.ua/files/ZVIT_25_07_19.pdf

2. Звіт з оцінки впливу на довкілля планової діяльності «Нове будівництво каналізації району вул. Набережної з встановленням очисних споруд глибокого очищення стічних вод продуктивність 100 м3/добу, вул. Набережна м. Устилуг, Володимирсько-Волинського району, Волинської області» 2018 р. URL: <http://www.eia.menr.gov.ua/uploads/documents/1384/reports/2404cd5ccd645db98431a2b69be46304.pdf>

3. Якість скинутих вод. КП "Міськводоканал" СМР м. Суми : веб-сайт. URL: <https://vodokanal.sumy.ua/elementor-4741-2/yakist-stichnyh-vod/>.

4. Як антисептичні засоби впливають на ефективність біологічної очистки стічних вод. КП "Міськводоканал" СМР м. Суми : веб-сайт. URL: <https://vodokanal.sumy.ua/yak-antyseptychni-zasoby-vplyvayut-na-efektyvnist-biologichnoyi-ochystky-stichnyh-vod/>.

5. Звіт з оцінки впливу на довкілля планової діяльності «Реконструкція очисних споруд продуктивністю 600 м куб./добу по вул. Вишнева в смт. Клесів Сарненського району Рівненської області» 2019 р. URL: <http://eia.menr.gov.ua/uploads/documents/4065/reports/fbaf129b68d3fee2108acefacb50ec4.pdf>

6. Звіт з оцінки впливу на довкілля планової діяльності «Реконструкція існуючих очисних споруд м. Дубно» 2018 р. URL: <http://eia.menr.gov.ua/uploads/documents/327/reports/e97d3bbdd7103e45e9570327896817c4.pdf>

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510236

Арк

63

7. Звіт з оцінки впливу на довкілля реконструкції діючих водопровідних очисних споруд магістрального районного водопроводу "Дніпро-Кіровоград" обласного комунального виробничого підприємства «ДНІПРОКІРОВОГРАД» 2019 р. URL: http://ekolog.kr-admin.gov.ua/files/ZVIT_DNIPRO_KIROVOGRAD_19_09_19.pdf

8. ДБН В.2.5-75:2013. Каналізація зовнішні мережі та споруди основні положення проектування [Чинні від 2014-01-01]. Вид. Київ : Мінрегіон України, 2013. 219 с.

9. Про Основні напрями державної політики України у галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки : постанова Верховної Ради України від 5 березня 1998 року № 188/98-ВР Київ.1998. № 38–39, 248 с

10. Шматько В.Г., Нікітін Ю.В. Екологія і організація природоохоронної діяльності: навчальний посібник. К.: Національна академія управління, 2005. 304 с.

11. Стельмахович Г. Д. Основи екології: Конспект лекцій. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2013. 94 с.

12. Саленко О.Ф., Орел В.М., Мана О.М., Корцов М.І. Фільтрація води при експлуатації гідрорізного обладнання та покращення якості фільтрації за рахунок нових методів. *Вісник ЖДТУ*. 2015. № 4. С. 60–67.

13. Святенко А.І., Дяденко Н.М., Нечипоренко-Шабуніна Т.Г. Дослідження зміни ефективності очищення стічних вод в аеротенках під впливом різних чинників. *Екологічна безпека*. 2011. № 1. С. 64–66.

14. Святенко А.І., Лебедева М.С., Андрусенко О.М. Деякі технологічні рішення щодо покращення процесу біологічного очищення стічних вод. *Екологічна безпека*. 2009. С. 53–55.

15. Pouet M.-F., Grasmick A. Urban wastewater treatment by electrocoagulation and flotation. *Water Science and Technology*. 1995. Vol. 31. No. 17. P. 275–283.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 19510236

Арк
64

16. Айрапетян Т. С. Конспект лекцій з дисципліни «Технологія очистки промислових стічних вод» для студентів 4 курсу денної та 5 курсу заочної форм навчання напряму підготовки 6.060103 – Гідротехніка (Водні ресурси), фахове спрямування «Раціональне використання і охорона водних ресурсів» / Т.С. Айрапетян. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. 73 с.

17. Syam Babu D., Anantha Singh T.S., Nidheesh P.V., Suresh Kumar M.. Industrial wastewater treatment by electrocoagulation process. *Separation Science and Technology*. 2019.

18. Tyrrell S.A., Rippey S.R., Watkins W.D. Inactivation of bacterial and viral indicators in secondary sewage effluents, using chlorine and ozone. *Water Research*. 1995.

19. Paraskeva P., Nigel J.D. Graham. Ozonation of municipal wastewater effluents. *Water Environment Research*. 2002. Vol. 74. P. 569–581.

20. Monarca S., Feretti D., Collivignarelli C., Guzzella L., Zerbini I., Bertanza G., Pedrazzani R. The influence of different disinfectants on mutagenicity and toxicity of urban wastewater. *Water Research*. 2000. Vol. 34, No. 17. P. 4261–4269.

21. Історія підприємства. Міськводоканал : веб-сайт. URL: <https://vodokanal.sumy.ua/pro-nas/istoriya-pidpryyemstva/>.

22. Роботи по розробці проектно-кошторисної документації по об'єкту: «Реконструкція міських каналізаційних очисних споруд Комунального підприємства «Міськводоканал» Сумської міської ради потужністю 60 000 м3/добу з виділенням першої черги будівництва потужністю 30 000 м3/добу у м. Суми, вул. Гамалія, буд. 40». ProZorro : веб-сайт. URL: <https://prozorro.gov.ua/tender/UA-2020-01-15-003354-c>.

23. Правила приймання стічних вод до систем централізованого водовідведення міста Суми : затв. рішенням виконавчого комітету Сумської міської ради від 15.01.2019 № 4. Суми. 2018. 35 с.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510236

Арк

65

24. Іванько О.М, Бідненко Л.І. Сучасні методи знезараження стічних вод (огляд літератури). *Проблеми військової охорони здоров'я*. 2012. Вип. 33. С. 137–150.

25. Ковров О.С. Технології захисту водних ресурсів. Методичні рекомендації до виконання курсової роботи для студентів спеціальностей 101 «Екологія» та 183 «Технології захисту навколишнього середовища» [Текст]. Дніпро: Національний гірничий університет, 2018. 42 с.

26. Якунина, И.В. Методы и приборы контроля окружающей среды. Экологический мониторинг : учебное пособие / И.В. Якунина, Н.С. Попов. Тамбов : Изд-во ТГТУ, 2009. 188 с.

27. ДСТУ ISO 9297:2007 Якість води. Визначання хлоридів. Титрування нітратом срібла із застосуванням хромату як індикатору (метод Мора) (ISO 9297:1989, IDT) [На заміну ДСТУ 4079-2001; чинний від 2009-01-01]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2007.

28. Толстопалова Н.М. Літинська М.І., Обушенко Т.І. Технологія та обладнання одержання питної та технічної води. Практикум. Частина 1. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», спеціалізації «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення» Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 101 с.

29. Кулікова Д.В., Павличенко А.В. Природоохоронні та ресурсозберігаючі технології. Методичні рекомендації до виконання курсової роботи для студентів спеціальностей 101 «Екологія» та 183 «Технології захисту навколишнього середовища». Дніпро: Національний гірничий університет. 2018. 84 с.

30. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. М.: ФГУП ЦПП, 2006. 87 с.

31. Лихачев Н.И., Ларин И.И., Хаскин С.А. Канализация населенных мест и промышленных предприятий / под ред. В.Н. Самохина. М.: Стройиздат, 1981. 639 с.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510236

Арк
66

32. Ковров О.С., Бучавий Ю.В. Очистка й знезараження стічних вод. Д. : Національний гірничий університет, 2013. 51 с.

33. Методика розрахунку розмірів відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок порушення законодавства про охорону та раціональне використання водних ресурсів : наказ Мінприроди України від 20.07.2009 р. № 389. *Офіційний вісник України*. 2009. № 767/16783

34. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення [На заміну СНиП П-4-79; чинний з 2006-10-01]. Вид. офіц. Київ : Мінбуд України, 2006.

35. ДСН 3.3.6.042-99 Санитарные нормы микроклимата производственных помещений : постанова Главного государственного санитарного врача Украины от 01.12.1999 р. № 42. Київ. 1999.

36. ДСН 3.3.6. 037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку : пост. Головного Державного санітарного лікаря України від 1.12.1999 р. № 37. Київ. 1999.

37. Правила технічної експлуатації систем водопостачання та водовідведення населених пунктів України : наказ Держжитлокомунгоспу України від 05.07.1995 р. № 30. *Офіційний вісник України*. 1995. № 231/767.

38. ДБН 360-92. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень : наказ Держкоммістобудування від 17 квітня 1992 р. № 44. *Офіційний вісник України*. Київ. 1995.

39. Правила охорони праці під час експлуатації водопровідно-каналізаційних споруд на залізничному транспорті : наказ Державного комітету України з нагляду за охороною праці від 14 жовтня 2004 року № 226. *Офіційний вісник України*. Київ. 2004.

40. Правила охорони праці при виробництві, зберіганні, транспортуванні та застосуванні хлору (НПАОП 0.00-1.23-10) : наказ Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 12.03.2010 № 56. *Офіційний вісник України*. 2010. № 264/17559.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510236

Арк

67

ДОДАТКИ

Додаток А



Додаток Б

Таблиця Б.1 – СВОТ-аналіз знезараження стічних вод хлоруванням

Сильні сторони	Слабкі сторони
<ul style="list-style-type: none"> – простота методу; – висока знезаражуюча дія стосовно патогенних мікроорганізмів; – пролонгована дія. 	<ul style="list-style-type: none"> – потреба у дегазації; – звикання до впливу хлору вимагає періодичне внесення «ударних доз»; – потрібен посилений контроль при зберіганні та використанні.
Можливості	Загрози
<ul style="list-style-type: none"> – дешевизна методу; – доступність реагентів. 	<ul style="list-style-type: none"> – необхідність у транспортуванні та зберіганні великих об'ємів високотоксичного хлору, що представляє потенційну небезпеку виникнення аварійних ситуацій.

Таблиця Б.2 – СВОТ-аналіз знезараження стічних вод озонуванням

Сильні сторони	Слабкі сторони
<ul style="list-style-type: none"> – висока ефективність стосовно всіх мікроорганізмів; – видалення сторонніх смаків та запахів; – не виділяє високотоксичних елементів. 	<ul style="list-style-type: none"> – підвищені вимоги до техніки безпеки та навчання персоналу; – вимагає велику кількість електроенергії.
Можливості	Загрози
<ul style="list-style-type: none"> – застосування не лише для знезараження, а й для доокиснення органічних сполук; – може застосовуватися для промислових стічних вод. 	<ul style="list-style-type: none"> – висока вартість обладнання.

Продовження додатку Б

Таблиця Б.3 – Кількісна оцінка матриці SWOT-аналізу (хлорування)

Сильні сторони	Бал	Ранг	Сер. знач.	Слабкі сторони	Бал	Ранг	Сер. знач.
простота методу	5	5	5	потреба у дегазації	5	4	4
висока знезаражуючу дію стосовно патогенних мікроорганізмів	4	4	3,2	звикання до впливу хлору вимагає періодичного внесення «ударних доз»	4	5	4
продовжена дія	4	3	2,4				
Можливості	Бал	Ранг	Сер. знач.	Загрози	Бал	Ранг	Сер. знач.
дешевизна методу	4	5	4	необхідність у транспортуванні та зберіганні великих об'ємів високотоксичного хлору	5	5	5
доступність реагентів	5	4	4				
Загальна можливість			18,6	Загальна загроза			13
Загальна оцінка 5,6							

Продовження додатку Б

Таблиця Б.4 – Кількісна оцінка матриці SWOT-аналізу (озонування)

Сильні сторони	Бал	Ранг	Сер. знач.	Слабкі сторони	Бал	Ранг	Сер. знач.
висока ефективність стосовно всіх мікроорганізмів	5	5	5	підвищені вимоги до техніки безпеки та навчання персоналу	4	4	3,2
видалення сторонніх смаків та запахів	5	3	3	вимагає велику кількість електроенергії	5	5	5
не виділяє високотоксичних елементів	5	4	4				
Можливості	Бал	Ранг	Сер. знач.	Загрози	Бал	Ранг	Сер. знач.
застосування не лише для знезараження, а й для доокиснення органічних сполук	5	5	5	висока вартість обладнання	5	5	5
може застосовуватися для промислових стічних вод	5	5	5				
Загальна можливість			22	Загальна загроза			13,2
Загальна оцінка 8,8							

Додаток В

Таблиця В.1 – Класифікація домішок за фазово-дисперсним станом і орієнтовний вибір процесів і способів очищення води на її основі

Фазова характеристика	Гетерогенні системи		Гомогенні системи		
	I	II	III	IV	
Група					
Фізико-хімічна характеристика	Грубодисперсні домішки: суспензії, емульсії, планктон, патогенні мікроорганізми	Домішки колоїдного ступеня дисперсності: органічні та неорганічні речовини, віруси, бактерії	Домішки молекулярного ступеня дисперсності: гази, органічні речовини, солі, кислоти, луги, що не перейшли в іонний стан	Домішки іонного ступеня дисперсності: солі, кислоти, основи	
Поперечний розмір частинки, мкм	$>10^{-1}$	$10^{-1}-10^{-2}$	$10^{-2}-10^{-3}$	$<10^{-3}$	
Методи видалення домішок із води	Фільтрація (механічне видалення)	Ультрафільтрація	Зворотній осмос, нанофільтрація		
		Коагуляція	Десорбція газів та речовин, евапорація важколетучих речовин	Перехід іонів у малорозчинні з'єднання	
		Окиснення хлором, озonom, перманганатом			
		Адсорбція на гідроксидах і дисперсних мінералах	Адсорбція на активних вугіллях та інших матеріалах	Фіксація на твердій фазі іонів	
	Агрегація за допомогою флокулянтів (іонних та катіонних)		Асоціація молекул	Моляризація та комплексоутворення	
	Флотація	Електрофоретичні методи	Екстракція органічними розчинниками	Сепарація іонів при різному фазовому стану води	
	Електроліз синьо-зелених водоростей				
Бактерицидна дія	Віруліцидна дія	Біохімічний розпад	Використання рухливості іонів у електричному полі		

Додаток Г

розрахунок е

Файл Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование E

Calibri 11 A⁺ A⁻ Ж К Ч Шрифт Выравнивание

Буфер обмена

№	Показники	Ставка податку Нпi, грн/т	Млi1, т за рік до заходів	Млi1*Нпi	Млi2, т за рік після заходів	Млi2*Нпi
1	Нітрити	7909,77	22,648	179140,47	19,929	157633,81
2	Хлориди	46,19	2396,398	110689,62	1630,106	75294,60
3	Завислі реч.	46,19	306,6	14161,85	306,45	14154,93
4	Азот амонійний	1610,48	21,681	34916,82	21,681	34916,82
5	Нітрати	138,57	615,171	85244,25	576,13	79834,33
6	Фосфати	1287,18	127,861	164580,12	124,392	160114,89
7	Нафтопродукти	9474,05	0,11	1042,15	0,11	1042,15
8	СПАР	122347,23	0,571	69860,27	0,465	56891,46
9	Сухий залишок	429,72	17191,5	7387531,38	17191,5	7387531,38
10	БСК ₅	644,6	331,347	213586,28	328,43	211705,98
11	Сульфати	46,19	1706,667	78830,95	1706,651	78830,21
12	Залізо	21092,69	2,847	60050,89	2,847	60050,89
13	Мідь	122347,23	0,1095	13397,02	0,1095	13397,02
14	Цинк	122347,23	0,0876	10717,62	0,0876	10717,62
			Еп1 =	8423749,68	Еп2 =	8342116,08
	Еп1,2 = $\sum (Млi \times Нпi \times Кос)$					
	Кос = 1					
	Еп=Еп1-Еп2 =		81633,60			

Рисунок Г.1 – Результати розрахунку еколого-економічного ефекту за рахунок економії на сплаті економічного податку за скиди стічних вод

Продовження додатку Г

Таблиця Г.1 – Вхідні дані для розрахунку розмірів відшкодування збитків, завданим поверхневим водним об'єктам

Коефіцієнти	
Коефіцієнт, що враховує збільшення шкоди водній екосистемі при самовільному чи аварійному скиді, Кс	1,5
Коефіцієнт ураженості водної екосистеми, кз	1,5
Значення коефіцієнта $K_{кат}$, що враховує категорію водного об'єкта	
Категорія водного об'єкта	$K_{кат}$
Поверхневі водні об'єкти: господарсько-побутового використання	1,0
питного водокористування	1,4

Таблиця Г.2 – Значення регіонального коефіцієнта дефіцитності водних ресурсів поверхневих вод K_p

Області	K_p	Області	K_p
Закарпатська	1,00	Вінницька	1,17
Івано-Франківська	1,05	Черкаська	1,17
Чернівецька	1,06	Луганська	1,18
Тернопільська	1,07	Харківська	1,19
Волинська	1,10	Миколаївська	1,20
Житомирська	1,10	Київська	1,21
Львівська	1,10	Автономна Республіка Крим	1,24
Сумська	1,10	Одеська	1,26
Хмельницька	1,11	Донецька	1,26
Рівненська	1,11	Дніпропетровська	1,28
Чернігівська	1,11	Запорізька	1,28
Кіровоградська	1,13	Херсонська	1,30
Полтавська	1,15		

Продовження додатку Г

Розрахунок збитку Зв					
2	Поверхневі води	$Z_{\text{пов.в}} = K_c \times K_{\text{згт}} \times K_p \times k_z (M_{\text{фi1}} + M_{\text{фi2}} + \dots + M_{\text{фin}}) \times \gamma_i$			
4	Коефіцієнт	Показник	Значення		
5	$K_{\text{згт}}$ (пов. води)	господарсько-побутового використання	1		
6	K_p	Сумська	1,1		
8	$K_c = 1,5$				
9	$k_z = 1,5$				
10	біля міста = $K_{\text{кат}} * 1,2$				
12	Вид відходу	$Z_{\text{пов.в.1}}$	$Z_{\text{пов.в.2}}$	$Z_{\text{пов.в.}}$	
13	Січні води	253214,0187	0	253214,02	

Рисунок Г.2 – Результати розрахунку збитку водним ресурсам внаслідок порушення законодавства про охорону та раціональне використання водних ресурсів