

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра екології та охорони довкілля
Факультет природоохоронний

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

на тему: «НОРМУВАННЯ СКИДІВ ЗАБРУДНЮВАЛЬНИХ РЕЧОВИН
ЗІ СТІЧНИМИ ВОДАМИ ПІДПРИЄМСТВ (НА ПРИКЛАДІ КОМБІНАТУ
«ЧЕРВОНИЙ РИБАЛКА»)»

Виконав ст. гр. Е - 51
Кошель Віталій Іванович

(підпис студента)

Керівник, к.т.н., доцент кафедри
екології та охорони довкілля
Юрасов Сергій Миколайович

Консультант _____

Рецензент к.геогр.н., доц. _____
Сапко Ольга Юріївна _____

Одеса-2017

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-консультаційний центр за заочною формою навчання

Кафедра *екології та охорони довкілля*

Рівень вищої освіти *спеціаліст*

Спеціальність *101 "Екологія"*

(шифр і назва)

Спеціалізація *"Охорона навколишнього середовища"*

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

екології та охорони довкілля

Сафранов Т.А.

"13" березня 2017 року

ЗАВДАННЯ

на дипломне проектування

Кошelio Віталію Івановичу

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

1. Тема проекту *«Нормування скидів забруднювальних речовин зі стічними водами підприємств (на прикладі комбінату «Червоний рибалка»)»*

керівник проекту *Юрасов Сергій Миколайович, к.т.н., доцент*

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від *«16» січня 2017 р.*

№ 3-С

2. Строк подання студентом проекту *01 червня 2017 року*

3. Вихідні дані до проекту *Дані лабораторії СЕС, дані досліджень Чорноморндрі проекту, нормативна та технічна література*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці)

Загальна характеристика об'єкта дослідження. Загальні умови розрахунку ГДС забруднювальних речовин зі стічними водами. Фонові концентрації речовин у Дністровському лимані. Оцінка якості води у Дністровському лимані. Розрахунок гранично допустимого скиду забруднювальних речовин у Дністровський лиман. Біотестування якості води стічних вод очисних споруд

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

1. Нумерування концентрацій речовини в осередках розрахункової сітки

2. Графік для розрахунку кратності розводження зворотної води, яка відповідає 50% вмерлих тест-об'єктів

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
	<i>немає</i>		

7. Дата видачі завдання 13 березня 2017 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	<i>Характеристика об'єкта дослідження (зведення про водопостачання і водовідведення, характеристика водного об'єкта)</i>	13.03.17- 20.03.17	80	4 (добре)
2	<i>Оцінка якості вод Дністровського лиману</i>			
	Рубіжна атестація	03.04.17- 08.04.17	80	4 (добре)
3	<i>Розрахунок гранично допустимого скиду забруднювальних речовин (теорія, розрахунок та аналіз)</i>	09.04.17- 20.04.17	80	4 (добре)
4	<i>Біотестування стічних вод</i>	21.04.17- 02.05.17	80	4 (добре)
	Рубіжна атестація	03.05.17- 06.05.17	80	4 (добре)
5	<i>Аналіз отриманих результатів. Підготовка висновків.</i>	07.05.17- 19.05.17	80	4 (добре)
6	<i>Остаточне оформлення роботи і графіки публічного захисту в АК</i>	20.05.17- 01.06.17	80	4 (добре)
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		80,0	

Студент _____
(підпис)

Керівник _____
(підпис)

Кошель В.І.
(прізвище, ім'я, по батькові)

Юрасов Сергій Миколайович
(прізвище, ім'я, по батькові)

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень	6
Вступ	7
1 Загальна характеристика об'єкта дослідження	8
1.1 Водовідведення рибозаводу	8
1.2 Характеристика Дністровського лиману	9
2 Загальні умови розрахунку ГДС забруднювальних речовин зі стічними водами	14
3 Фонові концентрації речовин у Дністровському лимані	16
4 Оцінка якості води у Дністровському лимані	19
4.1 Екологічна оцінка	19
4.2 Оцінка якості вод за рибогосподарськими нормами	26
5 Розрахунок гранично допустимого скиду забруднювальних речовин у Дністровський лиман	29
5.1 Загальні принципи розрахунку	29
5.2 Розрахунок гідродинамічних параметрів Дністровського лиману	33
5.3 Розрахунок кратності розводження	37
5.4 Розрахунок розводження стічних вод	46
5.5 Розрахунок гранично допустимих концентрацій забруднювальних речовин	48
5.6 Визначення затверджених гранично допустимих концентрацій забруднювальних речовин та гранично допустимого скиду	52
6 Біотестування стічних вод очисних споруд	54
7 Плата за забруднення водного середовища	60
Висновки	63
Перелік посилань	64
Додаток А	65

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

- СМТ – селище міського типу;
- БСК_{повн} – біологічне споживання кисню повне;
- БСК₅ – біологічне споживання кисню за 5 діб;
- ГДК – гранично допустима концентрація;
- ГДС – гранично допустимий скид;
- СБО – станція біологічного очищення;
- СПАР – синтетичні поверхнево активні речовини;
- ЛОШ – лімітуюча ознака шкідливості;
- ЛКр50 – середня летальна кратність розводження;
- НКрД – необхідна кратність розводження (досліду);
- НКр – необхідна кратність розводження;
- ФРТ – фактичний рівень токсичності;
- ТПРТ – тимчасово погоджений рівень токсичності;
- ГДРТ – гранично допустимий рівень токсичності.

ВСТУП

Нормування скидів забруднювальних речовин зі стічними водами у водні об'єкти є актуальною екологічною задачею, тому що стан поверхневих вод суші часто не відповідає ні санітарним, ні рибогосподарським нормам. Це є наслідком великого антропогенного навантаження на водні об'єкти.

Метою даної роботи є проведення розрахунків норм гранично допустимого скиду (ГДС) забруднювальних речовин, що потрапляють у Дністровський лиман із стічними водами очисних споруд рибозаводу «Червоний рибалка».

Для досягнення встановленої мети розв'язані наступні задачі:

зібрана інформація про водопостачання і водовідведення рибозаводу, складена характеристика очисних споруд;

складена характеристика Дністровського лиману (географічне положення і морфометрична характеристика, кліматична і гідробіологічна характеристики);

визначені початкові дані для оцінки якості води в лимані (фонові концентрації речовин у Дністровському лимані);

виконано екологічна оцінка якості води у Дністровському лимані та оцінка якості вод за рибогосподарськими нормами;

визначені гідродинамічні параметри Дністровського лиману для розрахунку розводження стічних вод;

оцінена кратність розводження стічних вод в контрольному створі;

розраховано гранично допустимий скид забруднювальних речовин у Дністровський лиман;

виконано біотестування якості води стічних вод очисних споруд;

зроблені висновки.

1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Водовідведення рибозаводу

Скид зворотних вод відбувається в штучний малий водотік у вигляді каналу. Канал йде уздовж автотраси по території республіки Молдова, а потім уздовж берегу Дністровського лиману на території України.

Канал зрошувальної системи від рибозаводу до головної насосної станції має протяжність 8,3 км. Перетин каналу має форму трапеції з шириною по дну 12,0 м, глибиною 2,6 м и укладенням откосів 1:4. Скид стічних вод у зрошуваний канал відбувається після їх очистки на біологічних очисних спорудах (БОС) рибозаводу.

Попереднє очищення від жирів і механічних домішок проводиться на вході каналізації рибопереробного цеху в жируловлювачі, а потім стічні води поступають на БОС.

Випуск стічних вод рибозаводу проводиться по колектору з труб діаметром **200 мм** в канал на глибині 0,6 м від його дна рівномірно протягом року.

Розрахунковий **річний об'єм водовідведення** на очисні споруди та скиду стічних вод із БОС у Дністровський лиман складає **47600 м³/рік**. Середньодобова подача на очисні споруди – 200 м³.

Максимальна годинна витрата стічних вод ($q_{\text{MAX CT}}$) розрахована за об'ємом подачі вод на очисні споруди: при 265 робочих днях и 24 годинній роботі насосів $q_{\text{MAX CT}}$ дорівнює $47600/265/24 = 7,48 \text{ м}^3/\text{год} = 2,08 \text{ дм}^3/\text{с}$.

Відсоток зниження показників складу стічних вод після СБО складає:

- для зважених речовин – 90-97% (концентрація після очищення не повинна перевищувати 15 мг/дм³);
- для БСК_{повн} – 90-97% (концентрація після очищення не повинна перевищувати 15 мг/дм³);
- для азоту амонійного – 80%.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад вод після очищення на СБО

№ п/п	Показник	На виході із СБО
1	Завислі речовини, мг/дм ³	15,7
2	БСК ₅ , мг/дм ³	2,88
3	pH	7,65
4	Хлориди, мг/дм ³	69,4
5	Сульфати, мг/дм ³	91,9
6	Сухий залишок, мг/дм ³	443
7	Амоній, мг/дм ³	0,49
8	Нітрити, мг/дм ³	0,08
9	Нітрати, мг/дм ³	3,21
10	Залізо, мг/дм ³	0,28
11	Фосфати, мг/дм ³	0,06

Ефективність роботи біологічних очисних споруд рибозаводу в цілому відповідає вимогам, викладеним у нормативних документах.

Швидкість струменя на випуску стічних вод складає 0,066 м/с. Це було визначено за формулою:

$$V_{\text{ст}} = 4q_{\text{max ст}}/(\pi D^2), \quad (1.1)$$

де $q_{\text{max ст}}$ - максимальна годинна витрата стічних вод, м³/год;

D - діаметр труби, м.

$$V_{\text{ст}} = 4 \cdot 2,08 / (\pi \cdot 0,2^2) = 0,066 \text{ м/с.}$$

1.2 Характеристика Дністровського лиману

Дністровський лиман – друге за величиною (після Дніпровсько-Бузького) водоймище північно-західного Причорномор'я. Він є розширеною

річковою долиною р. Дністер, витягнуту з північного заходу на південний схід. Повідомляється лиман з Чорним морем через Цареградське гирло завглибшки 8-10 м, шириною 80 м. Від моря Дністровський лиман відокремлений Кароліно-Бугазською косою (довжина - 9 км., ширина - до 0,5 км).

Довжина лиману 40,0 км при ширині від 4,0 до 12,0 км . Найменша ширина лиману 4,0 км біля м. Білгород-Дністровський. Площа водоймища складає близько 400 км², з урахуванням підтоплюваних мілководий в низов'ях річки – 508 км². Об'єм водоймища складає 0,73 км³, середня глибина - 1,5-2 м.

Клімат даного району помірно-континентальний з відносно м'якою, легковажною і вологою зимою і жарким сухим літом [4].

Середня багаторічна середньорічна температура повітря плюс 10°C. Найбільш холодний місяць лютий (~1,4°C), найбільш жаркий - липень-серпень (+22,3°C). Абсолютна амплітуда коливань температури повітря рівна 68,8°C - от абсолютного максимуму плюс 39,1°C до абсолютного мінімуму мінус 29,7°C.

Середня багаторічна річна сума опадів рівна 367 мм. Для конкретних років вона змінювалася від 300 до 576 мм в рік. Число днів з опадами протягом року коливається від 80 до 150.

Велика частина річної суми опадів випадає в літні місяці: у червні в середньому 53 мм, а в липні - 46 мм. Найменша кількість опадів доводиться на холодний період року з січня по березень; у березні в середньому випадає 28 мм.

У весняні місяці середньомісячні кількості опадів близькі до 30 мм, а восени від місяця до місяця сума опадів міняється в значних межах: так, якщо в жовтні випадає в середньому 26 мм, то в листопаді - 44, а у вересні - 34 мм.

У літній період для даного району характерні зливові опади з інтенсивністю до 2 мм/мін. Добова сума опадів може скласти 60-90 мм. Так,

наприклад, в серпні 1974 року добова сума опадів склала 94 мм.

Протягом року спостерігається (в середньому) 110 днів з дощем, велика частина яких доводиться на холодний період. Максимальна добова сума опадів склала 120 мм. Максимальна інтенсивність досягає 2 мм в мин. (тривалістю 3-5 мин.)

Сніжний покрив нестійкий, спостерігається в період з жовтня по квітень. Максимальна середньодекадна висота сніжного покриву - 15 см.

Найбільші значення відносної вологості наголошуються в холодну пору року. У грудні і січні її середньомісячні значення рівні 87-86%. Найменші її значення в липні і серпні складають 68-70%, а абсолютний мінімум відносній вологості спостерігався в червні і склав всього 22%.

Абсолютна вологість повітря має найбільші значення в теплі літні місяці - липні і серпні, коли її середньомісячні значення рівні відповідно 18,4 і 18,1 мб. Взимку величини абсолютної вологості мінімальні і в січні-лютому їх середньомісячні значення складають 5,0 і 4,8 мб.

Грози можливі протягом всього року. Найбільш часті грози літом, в окремі роки бувають 10-15 разів на місяць. Найбільша кількість днів з грозами складає 37; середня кількість - 20 в рік. Середня безперервна тривалість грози складає 1,5-2,5 години.

Часто під час грози випадає град, при вторгненні мас холодного повітря. В середньому за рік буває 1-2 дні з градом, проте, в окремі роки число днів з градом може досягати 6.

Тумани найбільш часті в холодну пору року з жовтня по квітень. В окремих випадках тривалість туманів досягає декількох діб. Протягом року в середньому спостерігається 35 днів з туманом, максимум - 51.

З листопада по березень наголошується від 6 до 20 днів із завірюхою (в середньому - 9 днів в році). Ожеледиця спостерігається в середньому 3 дні в році.

Гідробіологічна характеристика.

Фітопланктон Дністровського лиману спочатку сформувався за

рахунок водоростей Чорного моря [4]. У складі альгофлори Дністровського лиману виявлено 330 видів водоростей; прісно-солонатоводні види складають 75,5%, морські і солонатовоморські – 14,2%, солонатоводні - 3,6%. Переважають діатомові водорості - 43,5%; зелені складають 30,1%; синезелені - 15,5%.

Найменше різноманітний видовий склад фітопланктону в південній частині лиману з часто змінною солоністю. У цьому районі також простежуються найнижчі кількісні показники співтовариства - не більше 1 г/м³. У середній і північній частині водоймища літні значення біомаси можуть складати до 253 г/м³ (в основному за рахунок синезелених водоростей). Максимальні концентрації фітопланктону наголошуються в прибережної смузі верхньої частини лиману.

Середньорічні значення біомаси фітопланктону Дністровського лиману останніми роками складають від 1,06 до 6,3 г/м³.

Фитобентос. У складі мікрофітобентосу лиману виявлено 219 видів водоростей. Переважають діатомові, зелені, синезелені і евгленові водорості. Середня біомаса мікрофітобентосу - 0,2-0,3 г/м².

У районі нижнього Дністра і Дністровського лиману зареєстровано 110 видів прибережно-водних і водних рослин. Заросли легко-водній рослинності в лимані займають площу близько 1400 га, зануреній рослинності – 30000 га, рослинності з плаваючим на воді листям – 600 га.

Продукція органічної речовини рослинністю складає близько 70000 т в рік, в перерахунку на об'єм 95 г/м³.

Зоопланктон. Домінуючими організмами зоопланктону в Дністровському лимані є типові прісноводні ветвістовусі [4]. Для південної частини лиману в меженний період, особливо при наганянні води з моря, характерні представники морського зоопланктону. Під час значного падіння рівня води в річці такі організми (зокрема, личинки вусоногих ракоподібних) розповсюджуються по лиману аж до гирла річки. У такі періоди біомаса зоопланктону значно знижується.

Максимальна біомаса в лимані спостерігається в осінній-річний період. Біомаса для періодів опріснення вод складає 3-10 г/м³, для періодів часткового осолонювання - не більше 0,5 г/м³. Середня біомаса зоопланктону для Дністровського лиману знаходиться на рівні 0,68 г/м³.

Зообентос. Зообентос Дністровського лиману носить характер солоноватоводної екосистеми на стику солоних і прісних вод.

У південній частині лиману морська фауна домінувала тільки на акваторії, суміжній з пересипом, і в морському каналі. На решті ділянок сформувалися в основному прісноводні і солоноватоводні біоценози. У середній і північній частинах лиману зообентос однорідніший. З його складу повністю випадають морські компоненти.

В цілому, на акваторії переважають солоноватоводні бентосні співтовариства. Літня біомаса кормового зообентосу складає 13,1-31,5 г/м².

Дністровський лиман відноситься до високопродуктивних водоймищ; продукція організмів планктону і бентосу знаходиться на достатньо стабільному рівні, що є основою його високій рибопродуктивності.

Іхтіофауна. Сучасний видовий склад іхтіофауни Дністровського лиману і пониззя річки Дністер налічує 82 види риб. Іхтіюцен в основному складають осетрові, оселедцеві, сомові, вугрові, корюшкові, атерінові, окуневі, бичкові, камбалові.

В даний час безпосередньо в лимані відмічено 51 вид риби, з яких 16 є промисловими. Основу промислу складають такі види як: оселедець, сазан, лящ, тарань, судак, товстолобики, карась - що забезпечують до 90 % всього вилову. До 80-х років значну роль в промислі грали раки, проте, за останні роки лов раків тут заборонений. Основні місця скупчення раків знаходяться в північній частині лиману, найбільш віддаленій від моря.

В цілому, видовий склад іхтіофауни басейну Дністра в XX столітті змінився не дуже значно. Проте чисельність окремих видів риб і, відповідно, величина і структура промислових уловів мінялися вельми значно.

2 ЗАГАЛЬНІ УМОВИ РОЗРАХУНКУ ГДС ЗАБРУДНЮВАЛЬНИХ РЕЧОВИН ЗІ СТІЧНИМИ ВОДАМИ

Розробку ГДС забруднювачів, що потрапляють у Дністровський лиман із стічними водами станції біологічного очищення рибозаводу виконано у відповідності із статтею (ст.) 33 Закону України “Про охорону навколишнього природного середовища” від 25.06.1991 року [5] та ст. 18 Закону України “Про тваринний світ” від 13.12.2001 року [6].

Під час розробки ГДС було використано “Інструкцію про порядок розробки та затвердження гранично допустимих скидів (ГДС) речовин у водні об’єкти із зворотними водами” [7], затверджену наказом Міністерства охорони навколишнього природного середовища України від 15.12.1994 року №116. Крім того використано ряд інших нормативних документів.

Умовою для визначення ГДС забруднювачів було забезпечення гарантії якості води у контрольних створах для рибогосподарського водокористування. У зв’язку з цим, згідно пункту 2.4 Інструкції, при визначенні ГДС речовин враховувалися їх ЛОШ (для всіх речовин, крім основних іонів мінералізації води). Головною вимогою було те, щоб у контрольному створі сума відношень концентрацій речовин з однаковим ЛОШ до відповідних ГДК (або до природних фонових концентрацій цих речовин, якщо вони перевищують ГДК) не перевищувала одиниці.

Крім цього, для тих речовин у яких фонові концентрації перевищують ГДК та обумовлені господарчою діяльністю, ГДС встановлювався виходячи із переносу нормативних вимог, що пред’являються до якості води водоймища на стічні води (згідно пункту 2.4 Інструкції).

Склад показників стічних вод для розрахунку ГДС визначався виходячи із діяльності водокористувача, згідно пункту 2.6 Інструкції.

При встановленні ГДС враховувалися наступні положення, викладені у пункті 2.12 Інструкції:

- розраховані ГДС речовин не повинні перевищувати показників скиду

речовин, які можуть бути досягнені при використанні типового способу очищення цієї категорії зворотних вод, навіть якщо водний об'єкт дозволяє скидати значно більші їх величини;

- розраховані ГДС не повинні перевищувати значень фактичних середніх, проектних та відповідних типовому способу очищення концентрацій речовин для даного випуску стічних вод (за винятком речовин, концентрації яких зростають у процесі очищення);
- допустимі концентрації речовин в зворотних водах не повинні призначатися меншими їх нормативних значень для водоприймача (за винятком випадків, коли фактичні концентрації речовин в зворотних водах менші нормативних для водоприймача, а також коли враховуються ЛОШ речовин).

При встановленні ГДС забруднювачів, що потрапляють у Дністровський лиман із стічними водами станції біологічного очищення села Набережне не враховувався басейновий принцип розрахунку, оскільки не виконуються вимоги його застосування (згідно з пунктами 2.15, 2.17 Інструкції).

3 ФОНОВІ КОНЦЕНТРАЦІЇ РЕЧОВИН У ДНІСТРОВСЬКОМУ ЛИМАНІ

Основні компоненти водного балансу Дністровського лиману - води р.Дністер, морські води, що поступають через Цареградське гирло, атмосферні опади і випаровування з поверхні лиману.

Основними чинниками формування хімічного складу води Дністровського лиману є стік Дністра і морські води, які взаємодіють між собою в процесах нагання зганяння. На збільшення притоки морських вод впливає періодично заглиблюваний судноплавний канал.

Солоність лиману в південній його частині може мінятися від 0,5 до 15‰ за декілька годин, що пов'язане із зміною вітру і течії (з моря в лиман або навпаки). У середній частині солоність також змінюється в достатньо широких межах - 0,4-14,8‰. Відносно стабільна солоність тільки у вершині лиману - від 0,48 до 1,23‰.

Зміст розчиненого у воді кисню на акваторії Дністровського лиману коливається в межах 5,7-13,9 мг/л. Сезонна динаміка цього показника виражена слабо: навесні концентрація кисню складає в середньому 11,2 мг/л, літом - 7,5 мг/л, восени - 9,5 мг/л, і взимку - 9,5 мг/л.

Величина рН схильна до значних коливань як по районам лиману, так і в сезонному аспекті. Цей показник складає від 7,7 до 9,0. Найбільш низькі величини рН простежуються в північному (найбільш забрудненому) районі лиману.

Мінералізацію води в лимані по ступені солоності можна розділити на три основні райони: південний, центральний і північний. У водно-сольовому балансі південного району (до умовної лінії Білгород-Дністровський - Овідіюполь) значну роль грає морська вода. Солоність і склад вод північного району визначається в основному впливом річкового стоку. У центральному районі, що займає проміжне положення, відбувається змішування вод морського і прісноводного походження. Межі цих районів умовні і динамічні -

їх положення значною мірою залежить від метеорологічних умов. Мінералізація вод в лимані варіює в межах 0,03-9,0 г/л, а в каналі і западинах при інтенсивних наганняннях - до 12,0 г/л.

Особливістю відкритого мілководного Дністровського лиману є виразно-виражена горизонтальна неоднорідність поля щільності, обумовлена специфічними умовами змішання різних водних мас, - річкових, лиманових і морських під впливом вітрових коливань рівня, стоку і водообміну з морем.

Із збільшенням мінералізації води її іонний склад змінюється: від гідрокарбонатно-кальцієвого до сульфатно-магнієвого класу.

Розрахунок фонових концентрацій хімічних речовин виконаний відповідно до методики [8].

За фонову концентрацію речовини береться статистично обґрунтована верхня довірча межа можливих середніх значень концентрацій цієї речовини, розрахована за наслідками гідрохімічних спостережень для найбільш несприятливих гідрологічних умов або найбільш несприятливої відносно якості води пори року. Верхня довірча межа визначається в різних випадках по-різному, залежно від того чи є кореляція між концентрацією розглянутої речовини і витратою чи ні. Таким чином:

$$C_{\phi} = C_{\phi'} + S_{\phi'} \quad (3.1)$$

де $C_{\phi'}$ - середня концентрація речовини, яка за наявності регресійного зв'язку розраховується по рівнянню регресії, за відсутності регресійного зв'язку - це середнє арифметичне із спостережуваних значень:

$$S_{\phi'} = t_{95} \frac{\sum_{i=1}^k (C_i - C_{\phi'})^2}{k(k-m)}, \quad (3.2)$$

де t_{95} - коефіцієнт Стьюдента для довірчої вірогідності 0,95 при вибірці об'єму k .

Для практичного рішення задач з розрахунків норм ГДС для очисних споруд рибозаводу в якості фонових концентрацій речовин у Дністровському лимані було використано багаторічні дані по якісному складу вод лиману.

Попередній аналіз наведених у таблиці 3.1 даних показує, що концентрації більшості лімітуємих речовин у воді лиману не перевищують величини їх ГДК для рибогосподарських водоймищ.

Виняток складають показники амоній та залізо, які перевищують відповідні нормативи для рибогосподарських водоймищ. Як правило, зміст заліза у воді лиману перевищує величину його ГДК для рибогосподарських водоймищ, що несумлінно є результатом антропогенного навантаження.

Таблиця 3.1 – Характеристика якісного складу вод Дністровського лиману (середньорічні величини)

№ п/п	Показник	Норматив	Фонові значення
1	Завислі речовини, мг/дм ³	Фон+0,75	19,6
2	БСК ₅ , мг/дм ³	3,0	2,71
3	pH	6,5-8,5	7,96
4	Хлориди, мг/дм ³	300	41,6
5	Сульфати, мг/дм ³	100	84,5
6	Сухий залишок, мг/дм ³	1500	466
7	Амоній, мг/дм ³	0,5	0,51
8	Нітрити, мг/дм ³	0,08	0,08
9	Нітрати, мг/дм ³	40,0	3,13
10	Залізо, мг/дм ³	0,1	0,29
11	Фосфати, мг/дм ³	0,1	0,07

4 ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ У ДНІСТРОВСЬКОМУ ЛИМАНІ

4.1 Екологічна оцінка

Загальні положення. Екологічна оцінка дається при здійсненні екологічного моніторингу для оцінки стану водних об'єктів, при розробці ОВНС, при оцінці ефективності природоохоронних заходів, при виробленні природоохоронної політики [9]. Вона дозволяє помітити тенденції змін якості поверхневих вод суші та естуаріїв України (як загалом, так і за окремими показниками), які спричиняються природними процесами і внаслідок прямої чи опосередкованої антропогенної дії.

Екологічна оцінка якості поверхневих вод суші та естуаріїв повинна обов'язково включати всі три блоки показників:

- сольового складу;
- трофо–сапробіологічні (еколого–санітарні);
- специфічні токсичної і радіаційної дії.

Вихідні дані аналізуються по кожному блоку окремо. Результати подаються у вигляді єдиної екологічної оцінки, котра складається із заключних висновків по трьох блоках.

Екологічна оцінка якості води може бути орієнтовною і ґрунтовною.

Орієнтовна екологічна оцінка виконується на основі разових вимірів окремих показників якості води, котрі найточніше характеризують екологічний стан водного об'єкта (чи його ділянки) і відповідно цьому станові якість води. Ці разові значення окремих показників якості води зіставляються з відповідними критеріями якості води, представленими в таблицях системи екологічної класифікації. На підставі такого зіставлення визначаються категорії і класи якості води за окремими показниками, взятими для разового виміру. Об'єднання результатів разових вимірів для узагальненої оцінки якості води не допускається. Клас і категорія води у

цілому встановлюється за показником з найбільшим номером категорії.

Процедура виконання **грунтовної екологічної оцінки** якості поверхневих вод складається з чотирьох послідовних етапів, а саме:

- a) **етап групування** і обробки вихідних даних;
- b) **етап визначення класів і категорій** якості води за окремими показниками;
- c) **етап узагальнення оцінок якості** води за окремими показниками (вираженими в класах і категоріях) по окремих блоках з визначенням інтегральних значень класів і категорій якості води;
- d) **етап визначення об'єднаної оцінки** якості води (з визначенням класів і категорій) для певного водного об'єкта в цілому чи окремих ділянок за певний період спостережень.

a) Вихідні дані за окремими показниками **грунуються** у просторі і часі в певному, чіткому порядку: окремо для різних пунктів спостережень, або ж вкупі (з різних пунктів спостережень) для певних ділянок водного об'єкта, або ж для водного об'єкта в цілому за певний відрізок часу (місяць, сезон, рік, кілька років підряд тощо).

Вихідні дані з якості води за окремими показниками грунуються в межах трьох блоків. Згруповані по блоках щодо кожного наявного показника якості води, вихідні дані (вибірки) піддаються певній обробці: обчислюються середньоарифметичні значення, визначаються мінімальні та максимальні (найгірші) значення, котрі всі разом характеризують мінливість величин кожного з показників якості води в реальних умовах виконання і аналізу результатів спостережень.

Серед вихідних даних трапляються поодинокі дані, котрі своїми екстремальними значеннями виходять за межі окресленого діапазону мінливості величин цієї вибірки, досить далеко від максимальних (найгірших) значень.

Екстремальні значення окремих показників якості води підлягають спеціальному аналізу: з'ясуванню природних чи антропогенних причин, які

могли викликати їх появу. Після такого аналізу приймаються рішення про використання чи вилучення екстремальних значень певних показників якості води.

b) Етап визначення класів та категорій якості води для окремих показників полягає у виконанні таких дій:

- середньоарифметичні (середні) значення для кожного показника окремо зіставляються з відповідними критеріями якості води, представленими в таблицях системи її екологічної класифікації;
- найгірші значення якості води (максимальні чи мінімальні) серед цих показників кожного блоку також зіставляються з відповідними критеріями якості води;
- на основі проведеного зіставлення середньоарифметичних та найгірших значень для кожного показника окремо визначаються категорії якості води за середнім і найгіршим значеннями (найбільшим за номером) для кожного показника окремо;
- зіставлення середніх і найгірших значень з критеріями спеціалізованих класифікацій та визначення класів і категорій якості води за окремими показниками теж (як і на першому етапі) виконується в межах відповідних блоків.

с) Етап узагальнення оцінок якості води за окремими показниками з визначенням інтегральних значень класів і категорій якості води виконується лише на основі аналізу показників в межах відповідних блоків. Це **узагальнення полягає у визначенні середніх і найгірших значень для трьох блокових індексів** якості води, а саме: для індексу забруднення компонентами сольового складу (I_1), для трофо–сапробіологічного (еколого–санітарного) індексу (I_2), для індексу специфічних показників токсичної і радіаційної дій (I_3). Таким чином, повинно бути визначено шість значень блокових індексів, а саме: $I_{1\text{СЕР}}$ та $I_{1\text{МАХ}}$; $I_{2\text{СЕР}}$ та $I_{2\text{МАХ}}$; $I_{3\text{СЕР}}$ та $I_{3\text{МАХ}}$. Маючи значення блокових індексів якості води, легко визначити їх приналежність до

певного класу та категорії якості води за допомогою системи екологічної класифікації.

Середні значення для трьох блокових індексів якості води **визначаються шляхом обчислення середнього номера категорії** за всіма показниками даного блоку; при цьому категорія 1 має номер 1, категорія 2 – номер 2 і т.д.

Середні значення блокових індексів можуть бути дробовими числами. Це дозволяє диференціювати оцінку якості води, зробити її більш точною і гнучкою. Для визначення субкатегорій якості води, відповідних середнім значенням блокових індексів, треба весь діапазон десятинних значень номерів (поміж цілими числами) розбити на окремі частини і позначити їх таким чином:

Середні значення субкатегорій якості вод	Позначення відповідних блокових індексів
1,0 – 1,2	1
1,3 – 1,4	1 (2)
1,5 – 1,6	1 – 2
1,7 – 1,8	2 (1)
1,9 – 2,2	2
2,3 – 2,4	2 (3)

і т.д. для категорії 3 – 7.

Найгірші значення для трьох блокових індексів якості води **визначаються за відносно найгіршим показником** (з найбільшим номером категорії) серед всіх показників даного блоку.

d) Етап визначення об'єднаної оцінки якості води для певного водного об'єкта в цілому або для окремих його ділянок **полягає в обчисленні інтегрального або екологічного індексу I_E** . Використання

екологічного індексу якості води доцільно в тих випадках, коли зручніше користуватися однозначною оцінкою: для планування і опрацювання водоохоронної діяльності, здійснення екологічного і еколого–економічного районування, екологічного картографування тощо. Значення екологічного індексу якості води визначається за формулою (4.1):

$$I_E = \{I_1 + I_2 + I_3\} / 3, \quad (4.1)$$

де I_1 – індекс забруднення компонентами сольового складу;
 I_2 – індекс трофо–сапробіологічних показників;
 I_3 – індекс специфічних показників токсичної і радіаційної дії.

Екологічний індекс якості води, **як і блокові індекси**, обчислюється для **середніх і для найгірших значень** категорій окремо. Він може бути дробовим числом.

Визначення субкатегорій якості води на підставі екологічного індексу здійснюється так само, як для блокових індексів.

Сольовий склад поверхневих вод суші та естуаріїв оцінюється за сумою іонів та окремими інгредієнтами. При групуванні даних у просторі і часі оцінка дається за середніми і максимальними (найгіршими) значеннями показників. **Клас** води визначається за переважаючими аніонами (Cl^- ; SO_4^{2-} ; HCO_3^-), **група** – за переважаючими катіонами (Ca^{2+} ; Mg^{2+} ; $\text{Na}^+ + \text{K}^+$), **тип** води визначається за співвідношеннями між іонами (в еквівалентах):

- I** – $\text{HCO}_3^- > (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$;
- II** – $\text{HCO}_3^- < (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) < (\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-})$;
- III** – $(\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}) < (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$ або $\text{Cl}^- > \text{Na}^+$;
- IV** – $\text{HCO}_3^- = 0$.

Один грам-еквівалент Cl^- складає 35,45 г; SO_4^{2-} – 48,03 г; HCO_3^- – 61,02 г; Ca^{2+} – 20,04 г; Mg^{2+} – 12,15 г; Na^+ – 22,99 г; K^+ – 39,10 г.

Для позначення видів природних вод вживаються символи, наприклад: гідрокарбонатний клас, група кальцію, тип другий – $\text{C}_{\text{II}}^{\text{Ca}}$;

хлорідно–кальцієві води другого типу – $\text{Cl}^{\text{Ca}}_{\text{II}}$.

Прісні гіпо– і олігогалинні та солонуваті β–мезогалинні води оцінюються також за критеріями їх забруднення компонентами сольового складу, а саме за значеннями суми іонів, хлоридів і сульфатів.

Екологічна оцінка якості поверхневих вод та естуаріїв за **трофо–сапро–біологічними (еколого–санітарними)** критеріями виконується на підставі середніх та найгірших значень кожного з гідрофізичних, гідрохімічних, бактеріологічних показників, а також індексів сапробності. Для цього блоку бажана узагальнена оцінка, оскільки більшість показників є взаємопов'язаними і в кінцевому підсумку вони відповідають певному ступеню трофності та зоні сапробності вод. Загальна кількість показників цього блоку для забезпечення обґрунтованих висновків не повинна бути меншою, ніж 10. Інтегрування показників при узагальненій оцінці пов'язане з втратою інформації. Тому поряд з узагальненою оцінкою обов'язково мають наводитись значення категорій для всіх тих показників, які перевищують узагальнені (середні) значення.

Екологічна оцінка якості поверхневих вод та естуаріїв за **специфічними показниками токсичної і радіаційної дії** виконується за кожним показником окремо. Для даних, згрупованих у часі й просторі, оцінка дається за середнім та найгіршим значеннями кожного з показників.

Екологічна оцінка є неодмінною умовою екологічного нормування якості поверхневих вод, його попереднім етапом. Тому при виконанні екологічної оцінки треба передбачити зіставлення одержаних результатів зі значеннями екологічних нормативів, встановленими для даного водного об'єкта. Це необхідно для аналізу відповідності (чи невідповідності) якості вод значенням усіх тих показників, котрі встановлені у результаті екологічного нормування якості вод для конкретного водного об'єкта.

Результати екологічної оцінки якості поверхневих вод суші та естуаріїв подаються у вигляді таблиць, графіків і карт. Найбільш наочним засобом подання результатів екологічної оцінки якості води є картографічний.

Результати розрахунку. Результати виконаної попередньої екологічної оцінки якості вод Дністровського лиману в районі скиду стічних вод приведені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Екологічна характеристика якості води у Дністровському лимані

Показник	Значення	Категорія	Клас	Індекс
Показники сольового складу				
Загальна мінералізація, мг/дм ³	466	1	I	2.33
Хлориди, мг/дм ³	41,6	3	II	
Сульфати, мг/дм ³	84,5	3	II	
Трофо-сапробіологічні (еколого-санітарні) показники				
Завислі речовини, мг/дм ³	19,6	3	II	4.42
pH	7,96	2	II	
NH ₄ ⁺ , мг/дм ³ (N)	0,51	5	III	
NO ₂ ⁻ , мг/дм ³ (N)	0,08	6	IV	
NO ₃ ⁻ , мг/дм ³ (N)	3,13	7	V	
PO ₄ ³⁻ , мг/дм ³ (P)	0,07	4	III	
БСК ₅ , мг/дм ³ (O ₂)	2,71	4	III	
Специфічні речовини токсичної дії				
Залізо, мкг/л	0,29	1	I	1
Узагальнена оцінка		2.58		

В таблиці 4.1 концентрації таких показників, як азот амонійний (NH₄⁺), нітриди (NO₂⁻), нітрати (NO₃⁻), фосфати (PO₄³⁻) надано у перерахунку на азот та фосфор відповідно:

0,51 мг (NH₄⁺) містять $(14/18) \cdot 0,51 = 0,37$ мг N;

0,08 мг (NO₂⁻) містять $(14/46) \cdot 0,08 = 0,024$ мг N;

3,13 мг (NO_3^-) містять $(14/62) \cdot 3,13 = 0,71$ мг N;

0,07 мг (PO_4^{3-}) містять $(31/95) \cdot 0,07 = 0,023$ мг P.

Попередня екологічна оцінка якості вод лиману показала, що по мінералізації – прісні води, а по категорії якості води – гіпогалінні.

За станом забруднення вода в лимані відноситься до категорії 3 “досить чиста”.

4.2 Оцінка якості вод за рибогосподарськими нормами

Загальні положення. До рибогосподарського належить використання водних об’єктів для проживання, розмноження та міграції риб і інших організмів [10].

Рибогосподарські водні об’єкти можуть бути трьох категорій:

до вищої категорії належать місця розташування нерестовищ, масового нагулу та зимувальних ям особливо цінних видів риб та інших водних організмів, а також водні об’єкти для штучного розведення риб і інших водних організмів;

до першої категорії належать водні об’єкти, що використовуються для збереження та відтворення цінних видів риб, які мають високу чутливість до вмісту кисню;

до другої категорії належать водні об’єкти, які використовуються для інших рибогосподарських цілей.

Норми якості води водних об’єктів включають: загальні вимоги до складу і властивостей водного середовища, а також перелік ГДК речовин у воді водних об’єктів, які використовуються у рибогосподарських цілях.

У переліку рибогосподарських ГДК речовини поділені на п’ять груп за ЛОШ: у три перші групи об’єднані речовини за такими ж ЛОШ, що і у переліку гігієнічних ГДК; четверту групу складають речовини з токсикологічною ЛОШ; п’яту – з рибогосподарською ЛОШ.

Оцінка якості води виконується методом зіставлення значень показників якості води (виміряних або розрахованих) з нормативами.

Якщо показники не мають ефекту спільної дії, то їх значення (кожного окремо) мають бути не більше за норматив:

$$C_i \leq ГДК_i. \quad (4.2)$$

Якщо показники якості води мають ефект спільної дії, то вони об'єднуються у групи і для кожної з груп показник Ψ має бути не більше 1:

$$\Psi = \sum_{i=1}^n (C_i / ГДК_i) \leq 1, \quad (4.3)$$

де n – кількість речовин у групі ЛОШ;

C_i – концентрація i -ої речовини.

У відповідності з рибогосподарськими нормами ефект спільної дії мають усі речовини з однаковою ЛОШ. Показники, які нормовані без ЛОШ, не мають ефекту спільної дії.

Результати розрахунку. Результати розрахунку наведені у таблиці 4.2.

Аналіз результатів показує, що якість водного середовища у Дністровському лимані не відповідає рибогосподарським нормам по вмісту речовин з токсикологічною (перевищення ГДК в 5,6 разів) і санітарно-токсикологічною ЛОШ (перевищення ГДК в 1,1 разів).

Таблиця 4.2 - Оцінка якості води для рибогосподарського водокористування

ЛОШ	Показник	Значення	ГДК _i	$\frac{C_i}{ГДК_i}$	Примітка
—	Завислі речовини, мг/дм ³	19,6	Фон+0,75	-	
-	Загальна мінералізація	466	-	-	
—	БСК ₅ , мг/дм ³	2,71	3,0	-	
—	рН	7,96	6,5-8,5	-	
Токсикологічна	Амоній, мг/дм ³	0,51	0,50	1,02	Ні
	Нітрити, мг/дм ³	0,08	0,08	1,00	
	Залізо	0,29	0,10	2,90	
	Фосфати	0,07	0,10	0,70	
	Σ			5,62	
Санітарно-токсикол.	Нітрати, мг/дм ³	3,13	40,0	0,08	Ні
	Сульфати, мг/дм ³	84,5	100	0,84	
	Хлориди, мг/дм ³	41,6	300	0,14	
	Σ			1,06	

5 РОЗРАХУНОК ГРАНИЧНО ДОПУСТИМОГО СКИДУ ЗАБРУДНЮВАЛЬНИХ РЕЧОВИН У ДНІСТРОВСЬКИЙ ЛИМАН

5.1 Загальні принципи розрахунку

Згідно Інструкції [7] величину ГДС речовин для всіх категорій водокористування необхідно визначати як добуток максимальної годинної витрати (q) вод на допустиму концентрацію забруднювальної речовини ($C_{\text{ГДС}}$):

$$\text{ГДС} = q * C_{\text{ГДС}}, \quad (5.1)$$

Зазвичай величина максимальної годинної витрати визначається виходячи із режиму водовідведення та вибирається як найбільша у році. Ця величина зазвичай пов'язана із технологією виробництва та не змінюється при оптимізації скидів у водні об'єкти. У переважній більшості випадків нормується величина концентрації забруднювальної речовини, що відводиться. Тому нормування – це визначення $C_{\text{ГДС}}$, що забезпечує нормативну якість води у контрольному створі.

В умовах водовідведення зворотних вод, що впливають на стан рибогосподарських водотоків, норми якості поверхневих вод або їх природний склад та властивості повинні витримуватися протягом всієї ділянки водокористування, починаючи із контрольного створу, але не далше ніж 500 метрів від місця скиду стічних вод.

Інша важлива вимога, як відзначалося вище, - це те, що для всіх нормуємих речовин при рибогосподарському водокористуванні ГДС встановлюється так, щоб для усіх речовин з однаковою ознакою шкідливості (ЛОШ), що містяться у воді водного об'єкту, сума відношень концентрації кожної речовини до відповідних ГДК не перевищувала одиниці [7].

У випадку, коли у якоїсь речовини фонові концентрації перевищує

ГДК, згідно пункту 2.4 Інструкції, ГДС встановлюється виходячи із віднесення нормативних вимог до складу та властивостей води водних об'єктів до самих стічних вод.

Склад стічних вод очисних споруд села рибозаводу необхідних для розрахунку ГДС, визначався виходячи із характеру діяльності водокористувача (згідно пункту 2.6 Інструкції).

Перелік розглядуваних речовин для стічних вод, що потрапляють у Дністровський лиман із очисних споруд рибозаводу наведено у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Хімічний склад стічних вод, що потрапляють у Дністровський лиман із очисних споруд рибозаводу

№ п/п	Показник	Значення	Норматив	Значення норматив
1	Завислі речовини, мг/дм ³	15,7	Фон+0,75	-
2	БСК ₅ , мг/дм ³	2,88	3,0	0,96
3	pH	7,65	6,5-8,5	0,90
4	Хлориди, мг/дм ³	69,4	300	0,23
5	Сульфати, мг/дм ³	91,9	100	0,91
6	Сухий залишок, мг/дм ³	443	1500	0,30
7	Амоній, мг/дм ³	0,49	0,50	0,98
8	Нітрити, мг/дм ³	0,08	0,08	1,00
9	Нітрати, мг/дм ³	3,21	40,0	0,080
10	Залізо, мг/дм³	0,28	0,10	2,8
11	Фосфати, мг/дм ³	0,06	0,10	0,6

Аналіз наведених у таблиці даних показує, що концентрації лімітуючих речовин в стічних водах очисних споруд рибозаводу не перевищує величини їх ГДК для рибогосподарських водоймищ крім заліза. Його вміст перевищує норматив в 2,8 рази.

Всі розрахунки величин допустимих концентрацій та ГДС речовин, що

потрапляють у Дністровський лиман із зворотними водами СБО рибозаводу виконано для найнесприятливішого періоду року – літніх місяців. В цей період спостерігається мінімальна водність лиману за рахунок зниженого стоку річки Дністер та підвищеного випарювання з поверхні лиману (що призводить до підвищення концентрації забруднювальних речовин у лимані).

Важливою обставиною при розрахунках ГДС забруднювальних речовин у лиман, на різницю від річок, є необхідність врахування розпаду неконсервативних речовин на лімітуючій відстані скиду зворотних вод в лиман. Це пояснюється невеликою швидкістю течії в лимані.

Для розрахунків величин допустимих концентрацій забруднювальних речовин ($C_{ГДС}$) всі речовини, що відводяться у Дністровський лиман було розділено на консервативні і неконсервативні.

Для групи речовин, що є неконсервативними, згідно Інструкції [6], допустима концентрація визначається за формулою (5.2):

$$C_{ГДСi} = n * ((\mu_i C_{ГДKi} - C_{0i}) e^{kit} - C_{Ei} + C_{0i}) + C_{Ei}, \quad (5.2)$$

де n – кратність загального розводження стічних вод у контрольному створі водотоку;

μ_i – коефіцієнт використовується при розрахунку ГДС для групи (n_C штук) речовин з однаковою ЛОШ, μ_i змінюється від 0 до 1, сума μ_i для групи речовин повинна дорівнювати 1, може бути прийнятим $\mu_i = 1/n_C$;

$C_{ГДKi}$ – гранично допустима концентрація, $г/м^3$;

C_{0i} – розрахункова природна фонова концентрація забруднювальних речовин у водотоку, $г/м^3$;

C_{Ei} – розрахункова фонова концентрація, $г/м^3$;

t – час руху води від місця випуску до розрахункового створу, діб;

k – коефіцієнт неконсервативності, 1/добу.

Значення t визначається за формулою (5.3):

$$t = l / (86,4 * V_{cp}), \quad (5.3)$$

де l – відстань від місця випуску до розрахункового створу, км;

V_{cp} – середня швидкість течії, м/с.

Значення коефіцієнта k знаходиться за формулою (5.4):

$$k = a * k_t * k_{st}, \quad (5.4)$$

де a – поправка на швидкість течії;

k_t – поправка на температуру води;

k_{st} – статичний коефіцієнт неконсервативності.

Значення коефіцієнта k_{st} наведені у таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Значення статичного коефіцієнту неконсервативності k_{st}

№ п/п	Р е ч о в и н а	Значення k_{st} , 1/добу при температурі 20 ⁰ С
1	БСК _{повн}	0,23
2	Азот амонійний	0,069
3	Нітрити	0,19
4	Нітрати	0,112
5	Нафтопродукти	0,044
6	СПАР	0,46 – 0,9
7	Феноли	0,32 – 0,6
8	ХПК	0,3

Для визначення параметру “а” було використано формулу із Інструкції [7], згідно якої:

$$a = 5 - 4e^{-(7+80V)V}, \quad (5.5)$$

де V – швидкість течії, м/с².

Поправка на температуру води визначається із залежності (1.2.7) [1]:

$$k_t = 0,0451 \cdot T + 0,101, \quad (5.6)$$

де T – температура води, °С.

Інша розрахункова формула речовин не враховує їх перетворення (трансформацію) під час переміщення до контрольного створу. Для цієї групи речовин, що є консервативною, допустима концентрація скиду визначалася за формулою (5.7):

$$C_{ГДСі} = n \cdot (\mu_i C_{ГДКі} - C_{Еі}) + C_{Еі}, \quad (5.7)$$

5.2 Розрахунок гідродинамічних параметрів Дністровського лиману

Для розрахунку розводження стічних вод у водоймищах необхідні дані про витрату та склад стічних вод, швидкість витікання стічної рідини із оголовків стічних споруд, діаметри оголовків, глибини у районі скиду, гранулометричний склад донних відкладень, вітрове хвилювання, швидкість течії, коефіцієнти турбулентної дифузії. При відсутності відповідних вимірювань параметри хвиль, швидкості течії та коефіцієнти турбулентної дифузії визначаються розрахунковим шляхом.

Оскільки у водоймах найбільш впливовою є вітрова течія, то необхідною складовою розрахунку є визначення її швидкості. Для приблизних розрахунків переносу і дифузії забруднювальних речовин можливо використовувати формулу (5.8), запропоновану А.В.Караушевим [11]:

$$V_{\text{ср}} = \frac{1}{2} \sqrt{g H \Delta \rho}, \quad (5.8)$$

де k – коефіцієнт, що залежить від коефіцієнта Шезі C та визначається за таблицею 2.10 [11];

W_2 – швидкість вітру на висоті 2 м над водною поверхнею, м/с;

h – середня для розглядаємої ділянки висота хвилі 1 % забезпеченості у даній системі хвиль, м.

Коефіцієнт Шезі C визначається за формулою Маннінга (5.9.):

$$C = \frac{R^{1/6}}{n_{\text{ш}}}, \quad (5.9)$$

де R – гідравлічний радіус потоку, він дорівнює глибині водойми H , м;

$n_{\text{ш}}$ – коефіцієнт шерохватості дна, визначається за таблицею А.Ф.Скрибнера (таблиця 3.10 [12]).

Таким чином:

$$C = 2^{1/6} / 0,03 = 37,4 \text{ м}^{1/2}/\text{с}, \quad \text{для } C = 37 \text{ м}^{1/2}/\text{с} \quad k = 0,0032.$$

Таблиця 5.3 – Визначення значення k в залежності від коефіцієнта Шезі C

C	10	20	30	40	50	60	70	80	90	1000
k	0,0010	0,0018	0,0027	0,0034	0,0042	0,0050	0,0055	0,0060	0,0064	0,0068

Оскільки у розрахунках треба враховувати найнесприятливіші умови розповсюдження забруднювальних речовин у водному середовищу, то визначається мінімальна швидкість течії, що відповідає мінімальній швидкості вітру на розглядаємої ділянці 95 % забезпеченості. $W_2 = 1,2$ м/с:

$$V_{\text{CP}} = 0,0032 * 1,2 * (3 + 10 * 1,2)^{0,5} = 0,015 \text{ м/с}.$$

Важливішою якісною характеристикою турбулентності є коефіцієнт

турбулентної дифузії D , який залежить від гідродинамічних характеристик елементів потоку. Коефіцієнт турбулентної дифузії значно змінюється у часі та просторі і пов'язаний з розміром віхів, що здійснюють перенос забруднювальних речовин. Цей фактор особливо треба враховувати при оцінюванні дифузійних процесів в озерах та водосховищах. При малих розмірах віхів (менше характерної глибини водойми на розглядаємій ділянці) турбулентність наближується до ізотропної. При збільшенні розміру віхів турбулентність в озерах та крапних водосховищах стає все більше анізотропною, та в області крупних масштабів турбулентних віхів горизонтальна складова коефіцієнта турбулентної дифузії значно перевищує вертикальну.

Вертикальна складова коефіцієнта турбулентної дифузії при слабкому вітровому хвилюванні або коефіцієнт турбулентної дифузії в ізотропній турбулентності розраховується по тій же залежності, що й для річок (5.10):

$$D = \frac{gHV_{CP}}{MC}, \quad (5.10)$$

де V_{CP} – середня швидкість течії на ділянці розповсюдження забруднювальних речовин, м/с;

g – прискорення вільного падіння, м²/с²;

H – середня глибина водойми на цій ділянці, м;

M – параметр, що залежить від коефіцієнта Шезі. Розраховується за формулою (5.11)

$$M = \begin{cases} 0,7C + 6, & \text{при } 10 < C < 60, \\ 48, & \text{при } C > 60. \end{cases} \quad (5.11)$$

При хвилюванні турбулізація водних мас зростає, але це не враховується формулою (5.10). Підвищена турбулізація в цьому випадку обумовлена як взаємодією закономірних коливальних рухів водних мас із

шороховатим дном, так і взаємним впливом руху віхревих індивідуумів турбулентного потоку та орбітальних переміщень рідини, що обумовлені хвилюванням. Можливо вважати, що інтенсивність турбулентності, яка кількісно характеризується коефіцієнтом турбулентної дифузії, визначається сумарним ефектом переносної течії та знакозмінного хвильового руху водних мас.

Формула для розрахунку коефіцієнта турбулентної дифузії для вказаного випадку має вигляд:

$$D = \frac{(c \cdot h \cdot d_e)^2}{b \cdot H}, \quad (5.12)$$

де c – фазова швидкість хвиль, м/с;

h – середня для розглядаємої ділянки висота хвилі 1% забезпеченості в даній системі хвиль, м;

d_e – діаметр, що обмежує на графіку гранулометричного складу ґрунту 10% найбільш крупних часток, мм;

b – емпіричний коефіцієнт, що орієнтовно приймається рівним 700, його значення отримано за даними натуральних досліджень в зоні руйнування хвилі й прилеглої області. При віддаленні від хвильопробойної зони $b \approx 350$.

Формула 5.11 застосовується для зони з глибинами $H \leq 60 \dots 80$ м.

Фазова швидкість хвиль знаходиться за формулами (5.13), (5.14):

для глибокої води ($H \geq 0,5L$)

$$c = \sqrt{\frac{gL}{2\pi}}, \quad (5.13)$$

де L – довжина хвилі, м;

для неглибокої води ($H < 0,5L$)

$$c = \sqrt{g(H + h)}$$

(5.14)

Таким чином, за формулою (5.13)

$$D = \sqrt{\frac{934 \cdot 24}{231 \cdot 4}}$$

Для розрахунку горизонтальної складової коефіцієнта турбулентної дифузії крупного водоймища використовується формула (5.15):

$$D = 0,0027 \cdot H^{1/3} \quad (5.15)$$

Формула (5.15) застосовується для ділянок глибиною від 10 до 100 м.

Важливим фактом у розрахунках є необхідність врахування вітрового коливання. У зв'язку із мілководністю лиману перемішування його вод викликається основним чином, вітровою діяльністю. Мілководність лиману обумовлює й достатньо добре перемішування вод по вертикалі. Оскільки Дністровський лиман характеризується інтенсивним вітровим хвилюванням розрахунок коефіцієнта турбулентної дифузії здійснюємо за формулою (5.12) для мінімальної швидкості течії з метою врахування найнесприятливіших умов розповсюдження забруднювальних речовин у лимані.

$$D = \frac{(2,5 \cdot 1,2 + 3,14 \cdot 0,015) \cdot 0,5^{1/3}}{700 \cdot 2^{1/3}} = 0,0027 \text{ м}^2/\text{с}$$

5.3 Розрахунок кратності розводження

При розрахунках турбулентної дифузії у водоймах, що характеризуються слабкими та нестійкими за напрямком течіями, застосовується метод, заснований на виведеному А.В.Караушевим рівнянні турбулентної дифузії в циліндричних координатах для неконсервативної речовини [11]:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + V_x \frac{\partial C}{\partial x} + V_y \frac{\partial C}{\partial y} + V_z \frac{\partial C}{\partial z} = D \left(\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} \right) - u \frac{\partial C}{\partial y}, \quad (5.16)$$

$$\beta = D \frac{q}{\phi H}, \quad (5.17)$$

де β – розраховується за формулою (5.17);

r – координата (радіус), що виражає відстань від джерела забруднення, м;

t – час, с;

ϕ – кут сектора, в який потрапляють стічні води, рад;

q – витрата стічних вод, м³/с;

H – глибина водойми на ділянці потраплянні стічних вод, м.

Але ж для розглядуваного у проекті випадку випуску стічних вод застосування даного методу було б неправильним. Оскільки при невеликій швидкості витікання стічної води із випускної труби ($V_{\text{СТ}} = 0,066$ м/с) стічна вода не буде розповсюджуватись на весь умовний елементарний розрахунковий циліндр від дна водойми до поверхні водного дзеркала. Розрахунок розводження при таких початкових умовах слід виконувати чисельним методом, в основі якого лежить загальне диференційне рівняння турбулентної дифузії.

Метод, що розглядається, як і усі детальні методи, засновано на чисельному розв'язанні диференціального рівняння турбулентної дифузії, яке можна записати таким чином:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + V_x \frac{\partial C}{\partial x} + V_y \frac{\partial C}{\partial y} + V_z \frac{\partial C}{\partial z} = D \left(\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} \right) - u \frac{\partial C}{\partial y}. \quad (5.18)$$

де C – концентрація речовини;

V_x, V_y, V_z – проекції вектора середньої швидкості течії;

D – коефіцієнт турбулентної дифузії;

u – гідравлічна крупність завислих частинок.

Розглянемо випадок, коли процес розводження стаціонарний ($\partial C/\partial t=0$), гідравлічна крупність частинок речовини дорівнює нулю ($u=0$), осереднений вектор швидкості потоку горизонтальний і ось OX співпадає з його напрямком ($V_X = V_C, V_Y = V_Z = 0$), адвективний перенос речовини у напрямку осі OX набагато більше її турбулентної дифузії ($V_C C \gg -D \partial C/\partial x \rightarrow -D \partial C/\partial x = 0 \rightarrow D \partial^2 C/\partial x^2 = 0$).

З урахуванням зроблених припущень рівняння () буде мати наступний вигляд:

$$V_C \partial C/\partial x = D (\partial^2 C/\partial y^2 + \partial^2 C/\partial z^2). \quad (5.19)$$

Розглянемо деякий потік, у який скидаються стічні води. У розрахунковій області потоку (від джерела забруднення до створу, який нас цікавить) проведемо ось OX так, щоб її напрямок співпадав з вектором осередненої швидкості по току, ось OY направимо вниз перпендикулярно поверхні потоку, тоді ось OZ пройде поперек потоку.

Розіб'ємо у розрахунковій області потоку вздовж осі OX створи з кроком Δx , а також вздовж осі OY горизонти з кроком Δy і струмені вздовж осі OZ з кроком Δz , при цьому будемо вважати, що $\Delta y = \Delta z$. Нумерування створів визначимо індексом k , горизонтів – індексом n , струменів – індексом m (рис. 5.1).

Середнім значенням концентрації речовини у кожному осередку сітки, яка отримана, припишемо відповідні індекси і будемо вважати, що ці значення концентрації відносяться до центрів ваги осередків (рис. 5.1).

Запишемо рівняння (5.19) у формі кінцевих різностей:

$$V_C \Delta C/\Delta x = D (\Delta^2 C/\Delta y^2 + \Delta^2 C/\Delta z^2). \quad (5.20)$$

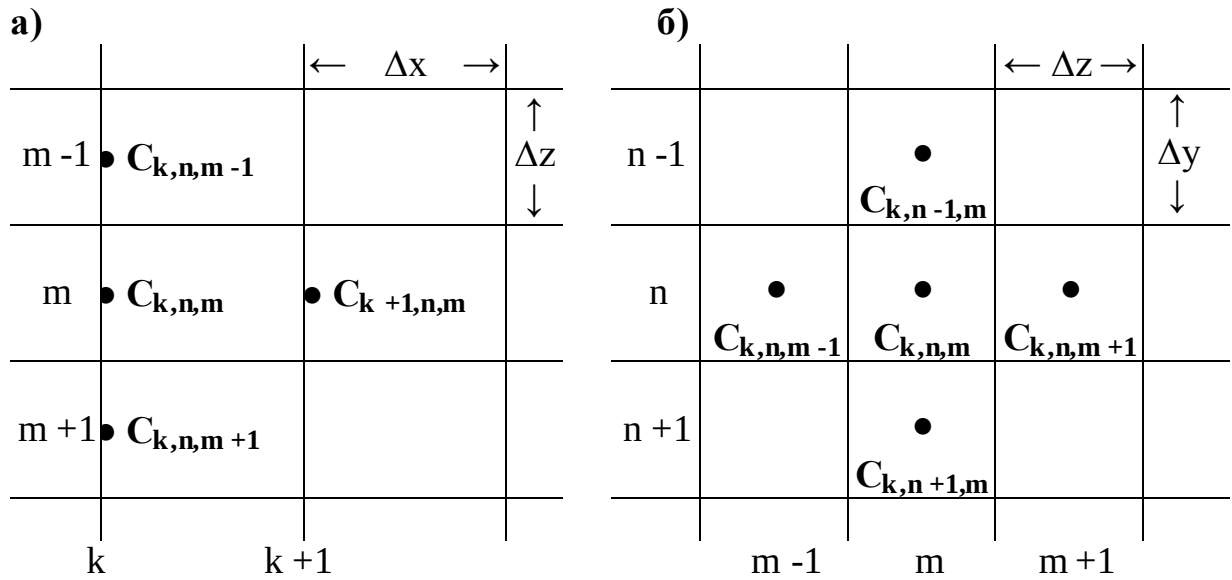


Рисунок 5.1 - Нумерування концентрацій речовини в осередках розрахункової сітки (а – вид зверху на горизонті n ; б – вид зліва у створі k)

Визначимо перші похідні в рівнянні (5.20), використовуючі прийняті позначення концентрацій речовини (рис. 5.1):

$$\Delta C / \Delta x = (C_{k+1,n,m} - C_{k,n,m}) / \Delta x, \quad (5.21)$$

$$\Delta C / \Delta y \big|_1 = (C_{k,n,m} - C_{k,n-1,m}) / \Delta y, \quad \Delta C / \Delta y \big|_2 = (C_{k,n+1,m} - C_{k,n,m}) / \Delta y,$$

$$\Delta C / \Delta z \big|_1 = (C_{k,n,m} - C_{k,n,m-1}) / \Delta z, \quad \Delta C / \Delta z \big|_2 = (C_{k,n,m+1} - C_{k,n,m}) / \Delta z.$$

Знайдемо другі похідні C по y і по z :

$$\begin{aligned} \Delta^2 C / \Delta y^2 &= (\Delta C / \Delta y \big|_2 - \Delta C / \Delta y \big|_1) / \Delta y = \\ &= (C_{k,n+1,m} + C_{k,n-1,m} - 2C_{k,n,m}) / \Delta y^2, \end{aligned} \quad (5.22)$$

$$\begin{aligned} \Delta^2 C / \Delta z^2 &= (\Delta C / \Delta z \big|_2 - \Delta C / \Delta z \big|_1) / \Delta z = \\ &= (C_{k,n,m+1} + C_{k,n,m-1} - 2C_{k,n,m}) / \Delta z^2. \end{aligned} \quad (5.23)$$

Підставимо формули (5.21), (5.22) і (5.23) у формулу (5.20), перенесемо V_C і Δx в праву частину рівняння, тоді (враховуючі, що $\Delta y = \Delta z$) одержимо:

$$C_{k+1,n,m} - C_{k,n,m} =$$

$$= a (C_{k,n+1,m} + C_{k,n-1,m} + C_{k,n,m+1} + C_{k,n,m-1} - 4C_{k,n,m}), \quad (5.24)$$

де $a = D\Delta x / (V_C \Delta z^2).$ (5.25)

Вирішуючи це рівняння відносно $C_{k+1,n,m}$ і прийнявши $a = 0,125$, у кінцевому вигляді одержимо:

$$C_{k+1,n,m} = 0,125 (C_{k,n+1,m} + C_{k,n-1,m} + C_{k,n,m+1} + C_{k,n,m-1}) +$$

$$+ 0,5 C_{k,n,m}, \quad (5.26)$$

при $\Delta y = \Delta z$ і $\Delta x = V_C \Delta z^2 / (8D).$

Останнє рівняння (розрахунок Δx) одержано зі (5.25) при $a = 0,125 = 1/8.$

Знайдемо рішення рівняння (5.20) у поверхні потоку по схемі рис. 5.2.

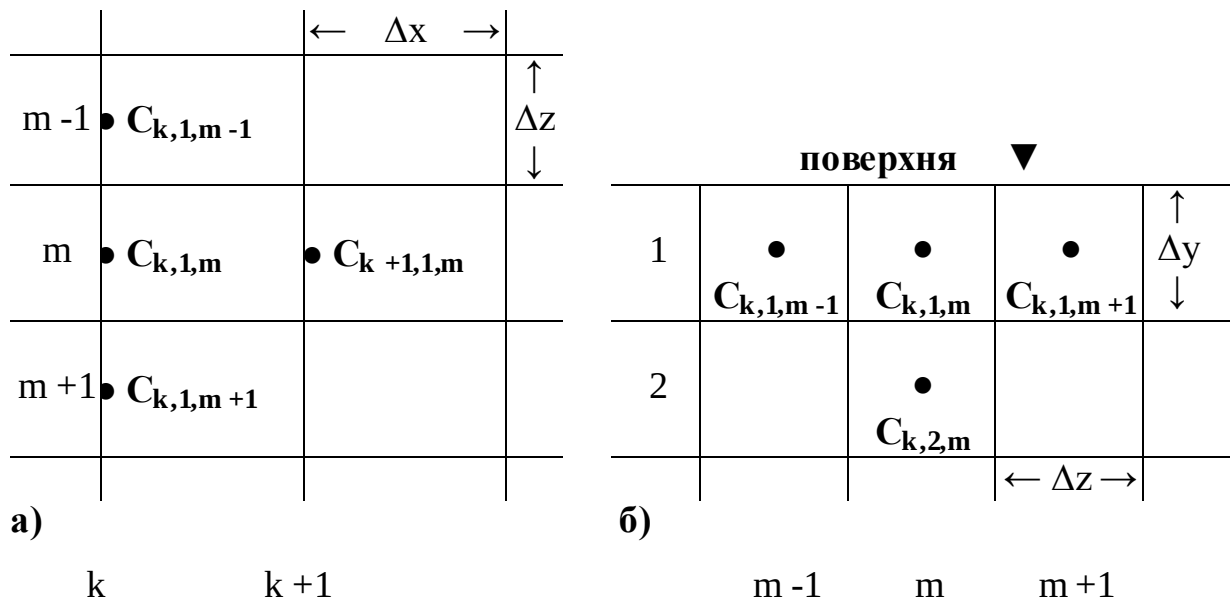


Рисунок 5.2 - Нумерування концентрацій речовини в осередках розрахункової сітки (а – вид зверху на першим горизонті; б – вид зліва у створі k)

Запишемо перші похідні в рівняння (5.20), використовуючи прийняті

позначення концентрацій речовини (рис. 5.2):

$$\Delta C / \Delta x = (C_{k+1,1,m} - C_{k,1,m}) / \Delta x, \quad (5.27)$$

$$\Delta C / \Delta y \big|_1 = 0, \quad \Delta C / \Delta y \big|_2 = (C_{k,2,m} - C_{k,1,m}) / \Delta y,$$

$$\Delta C / \Delta z \big|_1 = (C_{k,1,m} - C_{k,1,m-1}) / \Delta z, \quad \Delta C / \Delta z \big|_2 = (C_{k,1,m+1} - C_{k,1,m}) / \Delta z.$$

Знайдемо другі похідні C по y і по z :

$$\begin{aligned} \Delta^2 C / \Delta y^2 &= (\Delta C / \Delta y \big|_2 - \Delta C / \Delta y \big|_1) / \Delta y = \\ &= (C_{k,2,m} - C_{k,1,m}) / \Delta y^2, \end{aligned} \quad (5.28)$$

$$\begin{aligned} \Delta^2 C / \Delta z^2 &= (\Delta C / \Delta z \big|_2 - \Delta C / \Delta z \big|_1) / \Delta z = \\ &= (C_{k,1,m+1} + C_{k,1,m-1} - 2C_{k,1,m}) / \Delta z^2. \end{aligned} \quad (5.29)$$

Підставимо формули (5.27), (5.28) і (5.29) у формулу (5.20), перенесемо V_C і Δx в праву частину рівняння, тоді (враховуючі, що $\Delta y = \Delta z$) одержимо:

$$C_{k+1,1,m} - C_{k,1,m} = a (C_{k,2,m} + C_{k,1,m+1} + C_{k,1,m-1} - 3C_{k,1,m}), \quad (5.30)$$

звідси

$$C_{k+1,1,m} = 0,125 (C_{k,2,m} + C_{k,1,m+1} + C_{k,1,m-1}) + 0,625 C_{k,1,m}. \quad (5.31)$$

Умови використання формули (5.31) такі, як і формули (5.26).

Аналогічно можна записати формули розрахунку концентрації речовини біля дна - формула (5.32) і берегів - формули (5.33) і (5.34) при умові, що боковий приплив речовини відсутній:

$$C_{k+1,N,m} = 0,125 (C_{k,N-1,m} + C_{k,N,m+1} + C_{k,N,m-1}) + 0,625 C_{k,N,m}, \quad (5.32)$$

$$C_{k+1,n,1} = 0,125 (C_{k,n+1,1} + C_{k,n-1,1} + C_{k,n,2}) + 0,625 C_{k,n,m}, \quad (5.33)$$

$$C_{k+1,n,M} = 0,125 (C_{k,n+1,M} + C_{k,n-1,M} + C_{k,n,M-1}) + 0,625 C_{k,n,m}, \quad (5.34)$$

де N і M – загальна кількість горизонтів і струменів відповідно.

Вихідні дані для розрахунку.

Для виконання розрахунку необхідні наступні вихідні дані:

Q_E – витрата води у потоці вище місця скиду стічних вод;

C_E – концентрація домішки у воді потоку вище місця скиду (фонова концентрація);

Q_{CT} – витрата стічних вод;

C_{CT} – концентрація домішки у стічних водах;

V_C – середня швидкість потоку на розрахунковій ділянці;

B_C – середня ширина потоку у місті скиду;

H_C – середня глибина потоку на розрахунковій ділянці;

D – коефіцієнт турбулентної дифузії, який розраховується по формулі:

$$D = gH_C V_C / (MC), \quad (5.35)$$

де C – коефіцієнт Шезі, визначається в залежності від типа водотоку;

M – параметр, розраховується по формулі (5.36):

$$M = \begin{cases} 0,7C + 6, & \text{при } 10 < C < 60, \\ 48, & \text{при } C \geq 60. \end{cases} \quad (5.36)$$

Необхідно також знати, у якому місці початкового створу скидаються стічні води (Z_{CT}).

Послідовність розрахунку.

1. Визначається умовна площа поперечного перетину притоку стічних вод, виходячі з припущення, що швидкість стічних вод у потоці дорівнює швидкості самого потоку:

$$\delta = Q_{CT} / V_C. \quad (5.37)$$

2. Розраховується середня ширина b (або вертикальний розмір h) поперечного перетину притоку стічних вод:

$$b = \delta / h. \quad (5.38)$$

Якщо $h = b$, то їх значення можна розрахувати за формулою:

$$b = h = \sqrt{\delta}. \quad (5.39)$$

3. Добирається $\Delta y = \Delta z$ таким чином, щоб h , b і H_C розділялися приблизно цілком (з погрішністю $\pm 5\text{--}10\%$).

4. Розраховується Δx по формулі:

$$\Delta x = V_C \Delta z^2 / (8D). \quad (5.40)$$

5. Визначається загальна кількість струй M і горизонтів N :

$$M = B_C / \Delta z \quad \text{і} \quad N = H_C / \Delta y. \quad (5.41)$$

6. Визначається кількість осередків (із загальної кількості), які займає стічна вода по ширині і глибині у початковому перетині:

$$m_B = b / \Delta z \quad \text{і} \quad n_H = h / \Delta y. \quad (5.42)$$

7. На площині початкового перетину потоку розбивається сітка з осередками Δy і Δz . В m_B і n_H кліточок, які відповідають місту розташування скиду стічних вод, записується значення концентрації речовини у стічних водах (C_{CT}). В решту осередків початкового перетину записуються значення фонові концентрації речовини (C_E).

8. Розрахунок концентрації речовини у осередках другого перетину відбувається за допомогою формул (5.26), (5.31)–(5.34).

Розраховуваші таким чином значення концентрації речовини у другому

перетині, переходять до наступного і т.д.

В усіх перетинах сума значень концентрації речовини повинна бути постійною.

9. Результати розрахунку можуть бути подані набором таблиць, кожна із яких відповідає визначеному перетину, або у вигляді графіків з ізолініями рівних значень концентрації речовини на різних горизонтах (наприклад: поверхня, 0,5Н, дно).

10. Розрахунок можна вести у перевищеннях над фоном (у приведених концентраціях):

$$C_P = C - C_E. \quad (5.43)$$

Тоді перехід до абсолютних значень концентрації речовини після розрахунку в будь-якій точці розглядуваної області виконується за формулою:

$$C = C_P + C_E. \quad (5.44)$$

Виконані пізніше модельні розрахунки з використанням тих же даних показали, що поля концентрацій консервативної речовини, що формуються, (наприклад, хлоридів) такі, що кратність основного розводження зворотних вод у лимані в десятки разів більше прийнятої у розрахунковій схемі. Таким чином, прийняті у розрахунках величини кратності основного розводження зворотних вод в лимані створюють значний запас міцності у розрахунках ГДС.

Розрахунки кратності розводження показують, що через місяць від початку скиду зворотних вод у лиман розподіл концентрацій забруднювальних речовин такий, що на лімітуючій відстані від місця скиду ці концентрації мало відрізняються від фонових концентрацій речовин.

5.4 Розрахунок розводження стічних вод

Вихідні дані:

C_E – концентрація домішки у воді потоку вище місця скиду 0;

Q_{CT} – витрата стічних вод, $2,08 \text{ дм}^3/\text{с}$;

C_{CT} – концентрація домішки у стічних водах, 100%;

V_C – середня швидкість потоку на розрахунковій ділянці $0,015 \text{ м/с}$;

B_C – середня ширина потоку у місті скиду, 12 м;

H_C – середня глибина потоку на розрахунковій ділянці, 2,6 м;

D – коефіцієнт турбулентної дифузії, $0,0027 \text{ м}^2/\text{с}$.

Випуск стічних вод відбувається на глибині 0,6 м від дна каналу.

У відповідності з формулами (5.37) – (5.42) одержуємо:

$$1) \delta = 0,00208 / 0,015 = 0,139 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$2) b_1 = h_1 = 0,139^{0,5} = 0,372 \text{ (м)};$$

$$3) \Delta y = \Delta z = 0,372 \text{ м};$$

$$4) \Delta x_1 = 0,372^2 * 0,015 / 8 / 0,0027 = 0,096 \text{ (м)};$$

$$5) M = 12 / 0,372 = 32 \text{ (до берега)};$$

$$N = 2,6 / 0,372 = 7;$$

$$6) m_B = n_H = 1.$$

Результати розрахунку наведено у табл. 5.4–5.6.

З табл. 5.6 видно, що вже на відстані 96 м концентрація речовини практично рівномірно розподілена у створі.

Таким чином, на контрольній відстані від місця скиду стічних вод відбудеться повне перемішування стічних вод. Загальний коефіцієнт розводження буде складати $12 * 2,6 * 0,015 / 0,00208 = 225$. Середня концентрація у створі буде дорівнювати $100 / 225 = 0,444\%$ від початкової. Це визначає, що у контрольному створі концентрація речовин буде відрізнятися від фонові концентрації лише приблизно на пів відсотка.

5.5 Розрахунок гранично допустимих концентрацій забруднювальних речовин

Для визначення коефіцієнту неконсервативності речовин використовувалися формули (5.4)–(5.6):

$$k_t = 0,0451 \cdot 23 + 0,101 = 1,138.$$

З метою оптимізації скидів у розрахункових формулах використовувалися найменші значення статичних коефіцієнтів неконсервативності речовин k_{st} із таблиці 5.2. Результати розрахунку зведено у таблицю 5.7.

Таблиця 5.7 – Значення коефіцієнту неконсервативності k

№ п/п	Речовина	k , 1/добу
1	БСК ₅	$k = 1,463 \cdot 1,138 \cdot 0,23 = 0,383$
2	Азот амонійний	$k = 1,463 \cdot 1,138 \cdot 0,069 = 0,115$
3	Нітрити	$k = 1,463 \cdot 1,138 \cdot 0,19 = 0,316$
4	Нітрати	$k = 1,463 \cdot 1,138 \cdot 0,112 = 0,186$
5	Нафтопродукти	$k = 1,463 \cdot 1,138 \cdot 0,044 = 0,0732$
6	СПАР	$k = 1,463 \cdot 1,138 \cdot 0,46 = 0,766$

Час руху води від місця випуску до розрахункового створу розраховується за формулою (5.3):

$$t = 250 / 0,015 / 60 / 60 / 24 = 0,193 \text{ діб.}$$

Враховуючи незначну довжину ділянки акваторії, при проходженні якої відбувається розпад неконсервативної речовини, час переміщення

речовини до контрольного створу складає 0,193 діб, величиною розпаду неконсервативної речовини можна знехтувати. Виходячи з цього всі подальші розрахунки концентрації гранично допустимого скиду велись за формулою (5.7). Результати розрахунків зведено у таблицю 5.8.

Таблиця 5.8 – Результати розрахунків гранично допустимих для скиду концентрацій $C_{ГДС}$ забруднювальних речовин

№ п/п	Показник	Значення, г/м ³			Результати розрахунків, г/м ³	
		C_E	$C_{ГДК}$	$C_{ФАКТ}$	$C_{ГД}$	$C_{ГДС} = \min(C_{ФАКТ}; C_{ГД})$
1	Завислі речовини, мг/дм ³	19,6	Фон+0,75	15,7	188	15,7
2	БСК ₅ , мг/дм ³	2,71	3,0	2,88	68,0	2,88
3	рН	7,96	6,5-8,5	7,65	–	–
4	Сухий залишок, мг/дм ³	466	–	443	–	–
Санітарно-токсикологічна група						
5	Нітрати, мг/дм ³	3,13	40,0 / 3	3,21	2299	3,21
6	Хлориди, мг/дм ³	41,6	300 / 3	69,4	13180	69,4
7	Сульфати, мг/дм ³	84,5	100 / 3	91,9	33,3	33,3
Токсикологічна група						
8	Амоній, мг/дм ³	0,51	0,50 / 4	0,49	0,125	0,125
9	Нітриди, мг/дм ³	0,08	0,08 / 4	0,08	0,020	0,020
10	Залізо, мг/дм ³	0,29	0,10 / 4	0,28	0,025	0,025
11	Фосфати, мг/дм ³	0,07	0,10 / 4	0,06	0,025	0,025

Згідно методики нормування зворотних вод, що відводяться, всі речовини, що скидаються в Дністровський лиман із стічними водами можна поділити у відповідності з їх лімітуючою ознакою шкідливості (ЛОШ).

До речовин із токсикологічною ЛОШ відносяться – амоній, нітриди, залізо та фосфати.

До речовин із санітарно – токсикологічною ЛОШ відносяться нітрати, хлориди й сульфати.

Рибогосподарської групи немає.

Розрахунок $C_{ГДС}$ виконано за формулою (5.7).

1) Завислі речовини:

$$C_{ГД} = 225 * 0,75 + 19,6 = 188,$$

$$C_{ГДС} = \min (188; 15,7) = \mathbf{15,7}.$$

2) БСК₅:

$$C_{ГД} = 225 (1 * 3,0 - 2,71) + 2,71 = 68,0,$$

$$C_{ГДС} = \min (68,0; 2,88) = \mathbf{2,88};$$

3) санітарно-токсикологічна група:

нітрати $- C_{ГД} = 225 (40/3 - 3,13) + 3,13 = 2299;$

$$C_{ГДС} = \min (2299; 3,21) = \mathbf{3,21};$$

хлориди $- C_{ГД} = 225 (300/3 - 41,6) + 41,6 = 13180,$

$$C_{ГДС} = \min (13180; 69,4) = \mathbf{69,4};$$

сульфати $- C_E > \mu C_{ГДК}, \text{ тому } C_{ГД} = \mu C_{ГДК} = 100 / 3 = 33,3,$

$$C_{ГДС} = \min (33,3; 99,1) = \mathbf{33,3};$$

4) токсикологічна група:

амоній $- C_E > \mu C_{ГДК}, \text{ тому } C_{ГД} = \mu C_{ГДК} = 0,5 / 4 = 0,125,$

$$C_{ГДС} = \min (0,125; 0,49) = \mathbf{0,125};$$

нітрити $- C_E > \mu C_{ГДК}, \text{ тому } C_{ГД} = \mu C_{ГДК} = 0,08 / 4 = 0,02,$

$$C_{ГДС} = \min (0,02; 0,08) = \mathbf{0,02};$$

залізо $- C_E > \mu C_{ГДК}, \text{ тому } C_{ГД} = \mu C_{ГДК} = 0,10 / 4 = 0,025,$

$$C_{ГДС} = \min (0,025; 2,9) = \mathbf{0,025};$$

фосфати $- C_E > \mu C_{ГДК}, \text{ тому } C_{ГД} = \mu C_{ГДК} = 0,10 / 3 = 0,025,$

$$C_{ГДС} = \min (0,025; 0,70) = \mathbf{0,025}.$$

У проекті було проведено аналіз асимілюючої спроможності лиману в районі скиду стічних вод для речовин із однаковими лімітуючими ознаками шкідливості. Результати досліджень наведено у таблиці 5.9.

Таблиця 5.9 – Результати аналізу асимілюючої спроможності вод Дністровського лиману

Показники складу зворотних вод	$C_{ГДК}$, мг/дм ³	C_E , мг/дм ³	$C_E/C_{ГДК}$	$C_{ФАКТ}$, мг/дм ³	$\frac{C_{ФАКТ}}{C_{ГДК}}$	$C_{ГДС}$, мг/дм ³	$\frac{C_{ГДС}}{C_{ГДК}}$
1. Санітарно – токсикологічна ЛОШ							
Нітрати	40,0	3,13	0,078	3,21	0,080	3,21	0,080
Хлориди	300	41,6	0,139	69,4	0,231	69,4	0,231
Сульфати	100	84,5	0,845	91,9	0,919	33,3	0,333
Σ			1,06	-	1,23	-	0,644
2. Токсикологічна ЛОШ							
Амоній	0,50	0,51	1,00	0,49	0,98	0,125	0,25
Нітриди	0,08	0,08	1,00	0,08	1,00	0,02	0,25
Залізо	0,10	0,29	2,90	0,28	2,80	0,025	0,25
Фосфати	0,10	0,07	0,70	0,06	0,60	0,025	0,25
Σ			5,60	-	5,38	-	1,00

Аналіз асимілюючої спроможності лиману для речовин з однаковими ЛОШ показує, що для обох груп речовин, асимілююча спроможність лиману вичерпана, тобто сума відносних значень показників перевищує одиницю. Тому при розрахунках гранично допустимих для скиду концентрацій необхідно, щоб вміст речовин обох груп у стічних водах відповідав вимогам рибогосподарських норм.

Для речовин із токсикологічною ЛОШ при $C_{ГДС}$, що розраховані, (останній стовпчик у табл. 5.9) сума співвідношень $C_{ГДС}/C_{ГДК}$ у стічних водах дорівнює 1 (відповідає вимогам норм).

У санітарно-токсикологічній групі означена сума дорівнює 0,644 при допустимім значенні 1,00 (відповідає вимогам норм).

5.6 Визначення затверджених гранично допустимих концентрацій забруднювальних речовин та гранично допустимого скиду

Результати визначення затверджених гранично допустимих концентрацій забруднювальних речовин, що потрапляють у Дністровський лиман із стічними водами СБО рибозаводу, та розрахунку фактичного і затвердженого гранично допустимого скиду наведено у таблиці 5.10.

Таблиця 5.10 – Результати визначення затвердженого ГДС

№ п/п	Показники складу зворотних вод	Фактична концен-трація, г/м ³	Фактичний скид		С _{ГДС} , г/м ³	ГДС	
			г/год.	т/рік		г/год.	т/рік
1	Завислі речовини, мг/дм ³	15,7	117,4	0,7473	15,7	117,4	0,7473
2	БСК ₅ , мг/дм ³	2,88	21,54	0,1371	2,88	21,54	0,1371
3	pH	7,65	–	–	–	–	–
4	Сухий залишок, мг/дм ³	443	–	–	–	–	–
5	Нітрати, мг/дм ³	3,21	24,01	0,1528	3,21	24,01	0,1528
6	Хлориди, мг/дм ³	69,4	519,1	3,303	69,4	519,1	3,303
7	Сульфати, мг/дм ³	91,9	687,4	4,374	68,9	515,4	3,280
8	Амоній, мг/дм ³	0,49	3,665	0,02332	0,125	0,9350	0,00595
9	Нітри, мг/дм ³	0,08	0,5984	0,003808	0,02	0,1496	0,000952
10	Залізо, мг/дм ³	0,28	2,094	0,01333	0,025	0,1870	0,00119
11	Фосфати, мг/дм ³	0,06	0,4488	0,002856	0,025	0,1870	0,00119

Прийнято: максимальна година витрата стічної води дорівнює 7,48 м³/год; річний об'єм стічних вод – 47600 м³.

Затверджений склад стічних вод:

- плаваючі частки – відсутні;
- запах, смак – відсутні;

- кольоровість – відсутня;
- прозорість - 20 см;
- температура – фон + 5⁰С, але не більше 28⁰С влітку і не менше 8⁰С

взимку;

- водневий показник рН – 6,5 ... 8,5;
- розчинений кисень - 4 ... 6 мг О₂/дм³;
- колі-індекс - < 1000;
- коліфагі - < 100 паличок в 1 літрі;
- лактозопозитивні кишкові палички - < 5000 штук в 1 літрі;
- життєздатні яйця гельмінтів – відсутні.

6 БІОТЕСТУВАННЯ ЯКОСТІ СТІЧНИХ ВОД, ЯКІ ВІДВОДЯТЬСЯ У ВОДНІ ОБ'ЄКТИ

Біотестування є додатковим експериментальним прийомом для перевірки необхідності коректування величин ГДС по інтегральному показнику “токсичність води”, який дозволяє врахувати ряд суттєвих факторів, не врахованих при встановленні ГДС, знов утворившихся сполук, метаболітів, різні види взаємодії хімічних речовин – синергізм, антагонізм.

Необхідність коректування величин ГДС виникає у випадку, коли при біотестуванні води із контрольного створу водного об'єкта встановлено її невідповідність вимагаємому нормативу: вода у контрольному створі водного об'єкта не повинна оказувати хронічної токсичної дії на водні тест-об'єкти.

Метою тестування є визначення кратності розводження (N) стічної води, за якої у цій воді буде забезпечено 100% виживання тест-об'єктів за період часу 96 годин.

Якщо при розрахункових гідрологічних умовах кратність розводження стічних вод (n) у контрольному створі розглядуваного водного об'єкта більша або дорівнює N , то можна стверджувати, що стічні води на контрольній відстані від місця їх скиду стають нетоксичними. У протилежному випадку ($n < N$) стічні води у контрольному створі будуть мати токсичні властивості.

Ступінь токсичності стічної води оцінюється по різниці між N та n . У інструкції [7] ця різниця зазначена як необхідна кратність розводження (НКР) стічної води. Вона визначається як середнє арифметичне значення ряду спостережень і прирівнюється до фактичної токсичності (ФТ).

Характеристику ступеня токсичності стічної води наведено у табл. 6.1.

Слід зазначити, що необхідною кратністю розводження правильніше було б назвати N (якщо вода токсична, необхідне N -кратне розводження, щоб вона стала нетоксичною), а різницю ($N - n$) – фактичною токсичністю стічної води. Це більшою мірою буде відповідати фізичному значенню розглядуваних величин.

Таблиця 6.1 – Класифікація токсичності стічних вод

Клас токсичності	Характеристика стічної води	Значення необхідної кратності розводження
1	нетоксична	$(N - n) \leq 0$
2	слабо токсична	$0 < (N - n) \leq 2$
3	помірно токсична	$2 < (N - n) \leq 5$
4	середньо токсична	$5 < (N - n) \leq 10$
5	високо токсична	$10 < (N - n) \leq 25$
6	надзвичайно токсична	$(N - n) > 25$

При встановленні N користуються методикою виявлення гострої летальної токсичності, критерієм якої є загибель 50% і більше тест-об'єктів у воді, що аналізується, порівняно з контрольною водою (контролем) при тривалості тестування 96 годин.

Біотестування проб води рекомендується проводити зразу або не пізніше, як через 6 годин після їх відбирання. Якщо зазначені строки не витримуються, то воду зберігають при температурі 4°C не більше 72-х годин.

Як тест-об'єкт використовують лабораторну культуру дафній (*Daphnia magna* Straus).

Для виявлення гострої летальної токсичності стічних вод тестують нерозведені проби і їх розчини з різною кратністю розводження (K_p), для чого використовують дехлоровану питну воду. Кількість розводжень повинна бути не менше п'яти.

У три місткості заливають по 100 мл дехлорованої питної води (контроль). Аналогічно по 3 місткості заповнюють нерозведеною стічною водою та її розчинами. Після цього в усіх місткостях розташовують по 10 екземплярів дафній.

Біотестування проводять протягом 96 годин. Під час біотестування тест-об'єкти не годують. Живими вважають ті тест-об'єкти, які вільно рухаються у товщі води або спивають із дна посудини не пізніше 15 секунд

після її легкого струшування.

В кінці біотестування у кожній посудині заміряють вміст розчиненого кисню. Результати біотестування вважаються правильними, якщо в кінці експерименту вміст кисню у воді був не менше 2 мг/л, температура під час біотестування дорівнювала $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$, кількість відмерлих тест-об'єктів не перевищувала 10%. Якщо будь-яка з умов біотестування не дотримувалась - результати не враховують, а експеримент повторюють.

На підставі одержаних результатів із трьох повторів експерименту визначають середнє арифметичне кількості живих тест-об'єктів в контролі і в досліді. Потім розраховують відсоток відмерлих тест-об'єктів у досліді відносно контролю (А) за формулою (6.1):

$$A = ((X_k - X_d)/X_k) * 100\%, \quad (6.1)$$

де X_k, X_d – середнє арифметичне кількості живих тест-об'єктів у контролі та досліді відповідно, шт.

На підставі ряду значень $A_1, A_2, A_3, A_4, \dots$ та значень відповідних величин кратності розводження стічної води – $Kp_1, Kp_2, Kp_3, Kp_4, \dots$ визначається графічним методом величина кратності розводження LKp_{50} (середня летальна кратність розводження), що відповідає 50 % вмерлих тест-об'єктів. Для цього на осі абсцис відкладають десяткові логарифми величин кратностей розводження проб води, на осі ординат – кількість відмерлих тест-об'єктів у безрозмірних величинах – пробітах, які встановлюються за таблицею пробітних величин (табл. 6.2). Через отримані точки проводять пряму. Від точки на осі ординат, що відповідає 5 пробітам ($A = 50\%$), проводять лінію паралельну осі абсцис. З точки перетину цієї лінії з експериментальною прямою опускають перпендикуляр на вісь абсцис. Далі визначають логарифм точки перетину з віссю абсцис. Антилогарифм цього значення і відповідатиме шуканій величині LKp_{50} .

Таблиця 6.2 – Переведення відсотків летальних наслідків у пробіти

A, %	Десяті частки, %									
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
1	2,67	2,70	2,74	2,77	2,80	2,83	2,86	2,88	2,90	2,93
2	2,95	2,97	2,99	3,00	3,02	3,04	3,06	3,07	3,09	3,10
3	3,12	3,13	3,15	3,16	3,18	3,19	3,20	3,21	3,23	3,24
4	3,25	3,26	3,27	3,28	3,29	3,30	3,32	3,33	3,34	3,35
5	3,36	3,36	3,37	3,38	3,39	3,40	3,41	3,42	3,43	3,44
6	3,45	3,45	3,46	3,47	3,48	3,49	3,50	3,50	3,51	3,52
7	3,52	3,53	3,54	3,55	3,55	3,56	3,57	3,57	3,58	3,59
8	3,59	3,60	3,61	3,61	3,62	3,63	3,63	3,64	3,65	3,65
9	3,66	3,67	3,68	3,68	3,69	3,70	3,70	3,70	3,71	3,71
A, %	Одиниці, %									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	3,72	3,77	3,82	3,87	3,92	3,96	4,01	4,05	4,08	4,12
20	4,16	4,19	4,23	4,26	4,29	4,33	4,36	4,39	4,42	4,45
30	4,48	4,50	4,53	4,56	4,59	4,61	4,64	4,67	4,69	4,72
40	4,75	4,77	4,80	4,82	4,85	4,87	4,90	4,92	4,95	4,97
50	5,00	5,03	5,05	5,08	5,10	5,13	5,15	5,18	5,20	5,23
60	5,25	5,28	5,31	5,33	5,36	5,39	5,41	5,44	5,47	5,50
70	5,52	5,55	5,58	5,61	5,64	5,67	5,71	5,74	5,77	5,81
80	5,84	5,88	5,92	5,95	5,99	6,04	6,08	6,13	6,18	6,23
90	6,28	6,34	6,41	6,48	6,55	6,64	6,75	6,88	7,05	7,33

Кратність розводження N знаходять з урахуванням поправки:

$$N = k \text{ ЛКр}50, \quad (6.2)$$

де k – коефіцієнт, за яким забезпечується виживання тест–об’єктів на рівні 100% (тимчасово встановлене значення складає 2).

Значення необхідної кратності розводження для одного спостереження (НКРС) визначають за формулою:

$$\text{НКРС} = N - n, \quad (6.3)$$

де n – розрахункова кратність розводження у контрольному створі (значення n приймається не більше 10, це забезпечує усунення скидів стічних вод з високими показниками токсичності, незалежно від здатності водних об'єктів до розводження).

Необхідна кратність розводження (НКР) визначається як середнє арифметичне значення ряду спостережень НКРС. Отримане значення дорівнює фактичній токсичності (ФТ).

Тимчасово узгоджена токсичність (ТУТ) дорівнює ФТ, якщо $\text{ФТ} < 0$, у решті випадків – найменшому значенню ряду НКРС.

Гранично допустима токсичність (ГДТ) води дорівнює ФТ, якщо $\text{ФТ} < 0$, або дорівнює 0, якщо $\text{ФТ} > 0$.

За матеріалами досліджень складається пояснювальна записка, яка містить протокол біотестування, графік визначення ЛКр50 і розрахунки необхідних показників.

Біотестування проб води із Дністровського лиману та стічних вод очисних споруд рибозаводу було проведено у лабораторії гідробіології УкрНЦЕМ за методикою, викладеною в РД-113-02-90 у відповідності з вимогами Інструкції [7].

Результати біотестування проб води із Дністровського лиману вище місця скиду стічних вод очисних споруд наступні:

смертність (у відсотках до контролю) – 18,2;

необхідна кратність розводження – 0;

фактичний рівень токсичності – 0;

клас токсичності – 1;

рівень токсичності – нетоксична.

Біотестування існуючих стічних вод очисних споруд рибозаводу.

Результати біотестування наступні:

смертність (у відсотках до контролю) – 19,0;

необхідна кратність розводження – 0;

фактичний рівень токсичності – 0;

клас токсичності – 1;

рівень токсичності – нетоксична.

Таким чином, біотестування вод Дністровського лиману та стічних вод очисних споруд рибозаводу, що скидаються в цей лиман, не показало статистично достовірної різниці від контролю по показнику смертності (виживаємості) тест-об'єкта *Artemia salina* за 96 годин експозиції.

У відповідності із класифікацією рівней токсичності вод, пропонуємих для скидання у водні об'єкти [7], тестуємі проби (як вод, що скидаються так і вод із контрольних створів водних об'єктів) відносяться до першого класу токсичності та не потребують розводження під час скиду у водні об'єкти. У зв'язку із цим немає необхідності коректування розрахованих раніше величин ГДС.

7 ПЛАТА ЗА ЗАБРУДНЕННЯ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

Розмір збору за скиди забруднювальних речовин в поверхневі води, територіальні і внутрішні морські води згідно [8, 17] визначається за формулою:

$$P_B = \sum_{i=1}^n [(H_{\delta i} * M_{\lambda i}) + (K_n * H_{\delta i} * M_{ni})] * K_T * K_{ind}, \quad (7.1)$$

де: P_B – розмір збору, грн;

$H_{\delta i}$ – базовий норматив плати за скид 1 т i -ї забруднювальної речовини в межах ліміту, грн/т;

$M_{\lambda i}$ – маса річного скиду i -ї забруднювальної речовини в межах ліміту, т;

K_n – коефіцієнт кратності платні за понадлімітні скиди забруднювальних речовин;

M_{ni} – маса понадлімітного річного скиду i -ї забруднювальної речовини, т;

K_T – регіональний басейновий коефіцієнт, що враховує територіальні екологічні особливості і умови функціонування водного господарства, для р.Малий Кальчик $K_T = 2,0$;

K_{ind} – коефіцієнт індексації.

Базові нормативи за скид шкідливих речовин в поверхневі джерела води за одну тону наведені в таблицях 7.1 і 7.2.

У таблиці 7.3 приведений розрахунок збору за скид забруднювальних речовин з поверхневим стоком з території терміналу в морі.

Таблиця 7.1 – Базові нормативи платні за скид основних забруднювальних речовин у водні об'єкти

Забруднювальна речовина	Норматив збору, грн/т
Азот амонійний	1293,10
Органічні речовини	517,57
Завислі речовини	37,09
Нафтопродукти	7606,99
Нітрати	111,26
Нітри	6350,98
Сульфати і хлориди	37,09
Фосфати	1033,52

Таблиця 7.2 – Нормативи платні за скид забруднювальних речовин у водні об'єкти залежно від концентрації забруднювальних речовин

Концентрація забруднювальних речовин, мг/дм ³	Норматив збору, грн/т
до 0,001	135489,06
0,001 – 0,09	98236,15
0,1 – 1 (включно)	16935,94
1 – 10	1723,59
Більш 10	345,04

Таблиця 7.3 – Розрахунок плати за забруднення навколишнього середовища

№	Показник	Факт. скид, т/рік	Норм. плати, грн./т	Фактичний скид, т/рік		Плата за скид, грн./рік	
				ліміт	понад- ліміт	ліміт	понад- ліміт
1	Завислі речовини	34,23	1,5	34,23	0,00	51,35	0,00
2	Хлориди	317,7	1,5	317,7	0,00	476,59	0,00
3	Аміак по азоту	0,4715	52,5	0,4715	0,00	24,75	0,00
4	ХСК	18,45	21	18,45	0,00	387,42	0,00
5	БСКП	9,573	21	9,573	0,00	201,03	0,00
6	Нафта	0,01763	309	0,01763	0,00	5,45	0,00
7	Фосфати	2,439	42	2,439	0,00	102,45	0,00
8	Нітрати	10,62	4,5	10,62	0,00	47,78	0,00
9	Сульфати	809,7	1,5	809,7	0,00	1214,53	0,00
10	Цинк	0,1162	516	0,1162	0,00	59,97	0,00
11	Хром (6+)	0,01435	2923	0,01435	0,00	41,94	0,00
12	Марганець	0,1162	516	0,1162	0,00	59,97	0,00
13	СПАР	0,0205	516	0,0205	0,00	10,58	0,00
14	Нітрити	0,1093	258	0,1093	0,00	28,19	0,00
Σ		1204		1204	0,00	2712,00	0,00
Разом				1204		2712	
З врахуванням регіонального коефіцієнту $K_T = 2,0$						5424	

ВИСНОВКИ

1. За станом води Дністровського лиману відносяться до категорії 3 – «досить чисті». Однак якість вод лиману не відповідає вимогам рибогосподарських норм по вмісту речовин з токсикологічною і санітарно-токсикологічною ЛОШ. Норматив по цих групах перевищено у 5,6 та 1,1 рази відповідно.

2. Кратність загального розводження стічних вод у контрольному створі дорівнює 225. При такій кратності розводження перевищення значень показників над фоном буде складати приблизно 0,44% від початкових значень.

3. Фактичний скид забруднювальних речовин зі стічними водами не погіршує стан водного середовища Дністровського лиману в контрольному створі, тому що показники стічних вод і аналогічні показники вод лиману співпадають. Однак асимілююча здібність лиману по речовинам з токсикологічною і санітарно-токсикологічною ЛОШ є вичерпаною. Тому необхідно очищення стічних вод до рівня розрахованих і затверджених значень концентрації речовин, що скидаються.

3. Затверджені концентрації для речовин із токсикологічною та санітарно-токсикологічною ЛОШ у стічних водах очисних споруд мають співвідношення $C_{ГДС}/C_{ГДК}$ кращі ніж аналогічні показники фонових концентрацій в районі скиду і відповідають вимогам рибогосподарських норм.

5. В результаті біотестування встановлено, що токсичність стічних вод, що потрапляють у Дністровський лиман із СБО, відповідає вимогам рибогосподарських норм (відносяться до 1 класу токсичності) та не потребують додаткового розводження в момент скиду у лиман.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. СНиП 2.04.03-85. «Канализация. Наружные сети и сооружения».
2. КДП-204-12 Укр. 218-92. «Правила приема производственных сточных вод в системы канализации населенных пунктов».
3. «Рекомендациями по инженерному оборудованию населенных пунктов, жилых и общественных зданий». 1988.
4. Старушенко Л.И., Бушуев С.Г. Причерноморские лиманы Одесщины и их рыбохозяйственное использование. Одесса, АстроПринт, 2001.
5. Закон України “Про охорону навколишнього природного середовища” від 25.06.1991 року.
6. Закон України “Про тваринний світ” від 13.12.2001 року.
7. “Інструкція про порядок розробки та затвердження гранично допустимих скидів (ГДС) речовин у водні об’єкти із зворотними водами”, затверджена наказом Міністерства охорони навколишнього природного середовища України від 15.12.1994 року №116. – 75 с.
8. Временные методические указания по проведению расчётов фоновых концентраций химических веществ в воде водотоков – Л.: Гидрометеиздат. – 1983.
9. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. Київ, - 1998. – 28 с.
10. Збірник методичних вказівок з дисципліни “Методи оцінки якості природних вод” для студентів спеціальності “Екологія та охорона навколишнього середовища”. / Юрасов С.М. – Одеса: ОДЕКУ, 2005. - 86 с.
11. Методические основы оценки и регламентирования антропогенного влияния на качество поверхностных вод / Под ред. А.В.Караушева – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 280с.
12. Инженерная экология: Учебник / Под ред. проф. В.Т.Медведева. – М.: Гардарики, 2002. – 687 с.

Таблиця А.1 - Точка і місце відбору – Східний канал

Дата відбору	Забруднююча речовина										
	рН	БСК ₅ , мг/дм ³	Завіслі реч., мг/дм ³	Хлориди, мг/дм ³	Сульфати, мг/дм ³	Сухий зал., мг/дм ³	Амоній, мг/дм ³	Нітриди, мг/дм ³	Нитрати, мг/дм ³	Залізо, мг/дм ³	Фосфати, мг/дм ³
15.03.07	7,4	3,0	15	51,81	91,37	399	0,48	0,069	2,66	0,3	0,057
19.06.07	7,55	3,1	17	91,24	100,44	518	0,49	0,08	2,48	0,27	0,054
05.10.07	7,45	3,3	22	96,62	93,18	462	0,5	0,073	2,94	0,26	0,057
14.12.07	7,6	3,41	17	88,98	93,18	454	0,49	0,072	3,03	0,26	0,061
13.03.08	7,5	3,9	15	89,39	90,42	446	0,49	0,078	2,49	0,27	0,06
20.06.08	7,65	4,8	17	67,47	94,06	428	0,48	0,079	2,94	0,26	0,052
25.09.08	7,55	2,2	16	65,24	92,2	425	0,5	0,073	3,38	0,28	0,06
19.12.08	7,76	2,15	11,2	72,82	90,02	442	0,49	0,078	3,03	0,27	0,06
11.06.08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29.09.08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23.12.08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18.03.09	7,8	2,2	10,2	45,41	86,93	430	0,5	0,076	4,61	0,29	0,06
15.06.09	7,68	2,13	15,6	52,95	90,02	443	0,49	0,075	3,46	0,27	0,058
17.09.09	7,72	2,12	16,6	56,76	92,69	457	0,48	0,077	3,64	0,29	0,054
15.12.09	7,07	2,2	15,6	54,23	88,78	413	0,47	0,076	3,81	0,28	0,062
ГДК	6-9	3,0	Фон ⁺ 0,75	300,0	100,0	1500	0,5	0,08	40,0	0,1	0,1
Сф	7,56	2,88	15,68	69,41	91,94	443,08	0,49	0,08	3,21	0,28	0,06

Таблиця А.2 – Дністровський лиман, 500 м вище скиду

Дата відбору	Забруднювальна речовина										
	pH	БСК ₅ , мг/дм ³	Завіслі реч., мг/дм ³	Хлориди, мг/дм ³	Сульфати, мг/дм ³	Сухий залиш., мг/дм ³	Амоній, мг/дм ³	Нітриги, мг/дм ³	Нітрати, мг/дм ³	Залізо мг/дм ³	Фосфати, мг/дм ³
15.03.07	7,9	2,81	18,0	52,34	89,56	390	0,52	0,068	2,84	0,3	0,061
19.06.07	8,0	2,91	20,0	60,83	93,18	336	0,5	0,079	2,39	0,3	0,057
05.10.07	7,85	3,55	36,0	39,25	89,56	352	0,53	0,086	3,21	0,27	0,072
14.12.07	8,05	2,85	18,0	42,45	85,93	405	0,54	0,085	3,39	0,28	0,069
13.03.08	8,0	3,1	19,0	49,02	83,13	407	0,53	0,089	2,31	0,28	0,07
20.06.08	7,95	3,0	15,0	37,24	75,51	390	0,51	0,083	2,85	0,27	0,06
25.09.08	7,7	2,95	13,0	36,83	95,84	389	0,51	0,078	3,2	0,29	0,06
19.12.08	8,05	2,35	31,2	34,17	75,72	395	0,47	0,077	3,12	0,3	0,07
11.06.08	8,05	3,2	16,0	36,88	74,69	386	0,52	0,081	2,76	0,27	0,06
29.09.08	7,65	1,79	15,0	36,83	74,02	394	0,51	0,08	3,38	0,28	0,06
23.12.08	8,06	2,4	25,8	34,35	76,85	398	0,48	0,078	3,03	0,29	0,08
18.03.09	7,98	2,5	16,4	38,64	79,73	452	0,51	0,078	4,7	0,28	0,07
15.06.09	7,98	2,02	17,4	40,77	81,58	430	0,5	0,074	3,1	0,28	0,062
17.09.09	8,1	2,15	17,4	42,66	89,19	442	0,51	0,075	3,28	0,3	0,058
15.12.09	8,07	2,0	15,4	41,81	83,64	398	0,49	0,078	3,46	0,29	0,066
ГДК	6-9	3,0	Фон ⁺ 0,75	300,0	100,0	1500	0,5	0,08	40,0	0,1	0,1
Сф	7,96	2,71	19,57	41,60	84,54	466,5	0,51	0,08	3,13	0,29	0,07