

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ІНЖЕНЕРНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПРАКТИКУМ

Навчальний посібник

Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра
за освітньою програмою «Нанотехнології та комп'ютерний дизайн матеріалів»
спеціальності 132 Матеріалознавство

Електронне мережне навчальне видання

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2023

Укладачі: *Ткачук, К. К.*, д.т.н., проф.
Тверда, О. Я., д.т.н., доц.
Вовк, О. О., д.т.н., проф.
Кофанов, О. Є., к.т.н., к.е.н.

Рецензент *Ткаченко Т. М.*, доктор технічних наук, професор,
завідувачка кафедри технологій захисту навколишнього середовища
та охорони праці, Київський національний університет будівництва і
архітектури

Відповідальний
редактор *Дичко А. О.*, доктор технічних наук, професор

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
(протокол № 8 від 02.06.2023 р.)
за поданням Вченої ради навчально-наукового інституту
енергозбереження та енергоменеджменту
(протокол № 12 від 29.05.2023 р.)*

У навчальному посібнику викладено основні положення щодо виконання практичних робіт з дисципліни «Екологічна безпека інженерної діяльності». Навчальний посібник містить основні теоретичні відомості, завдання до практичних робіт, порядок їх виконання, а також вихідні дані. Приділено увагу питанням ресурсоощадливих технологій та інструментам зменшення впливу на довкілля в процесі реалізації існуючих технологій виробництва. У посібнику наведено алгоритми розрахунку рівнів забруднення довкілля, екологічного податку та інформацію про окремі нормативно-правові документи у сфері захисту довкілля, систему екологічного управління (ISO 14001).

Навчальне видання призначене для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю 132 Матеріалознавство.

Обсяг 1,5 авт. арк.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
проспект Берестейський, 37, м. Київ, 03057
<https://kpi.ua>

Свідectво про внесення до Державного реєстру видавців, виготовлювачів
і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 5354 від 25.05.2017 р.

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
Практична робота № 1. Визначення впливу виробництва на довкілля.....	5
Практична робота № 2. Стратегія розвитку підприємства. Стандарт ISO 14001	13
Практична робота № 3. Розрахунок індексу забруднення атмосфери та води...	19
Практична робота № 4. Розрахунок суми екологічного податку.....	23
Практична робота № 5. Визначення санітарно-захисної зони підприємства	27
Практична робота № 6. Розрахунок нормативів гранично допустимого скидання забруднюючих речовин при водовідведенні до водотоків	31
Практична робота № 7. Визначення коефіцієнта забруднення ґрунту.....	41
Список рекомендованої літератури.....	45
Перелік посилань.....	48

ВСТУП

Навчальний посібник «Екологічна безпека інженерної діяльності. Практикум» призначений для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю 132 Матеріалознавство.

Враховуючи високий рівень впливу промисловості на природне середовище, а також євроінтеграційні прагнення України та необхідність дотримання принципів сталого розвитку економіки, навчальний посібник буде цікавим фахівцям, яким на сьогодні необхідно володіти ресурсоощадливими технологіями та інструментами зменшення впливу на довкілля в процесі реалізації існуючих технологій виробництва.

Метою посібника є забезпечити здатність здійснювати виробничу інженерно-технічну діяльність з урахуванням екологічних обмежень та вимог, закріплених у відповідній нормативно-правовій базі, впроваджувати у виробництво технології, методи та способи запобігання забрудненню навколишнього природного середовища.

Посібник містить основні теоретичні відомості, завдання, порядок виконання та вихідні дані до наступних практичних робіт: «Визначення впливу виробництва на довкілля», «Стратегія розвитку підприємства. Стандарт ISO 14001», «Розрахунок індексу забруднення атмосфери та води», «Розрахунок суми екологічного податку», «Визначення санітарно-захисної зони підприємства», «Розрахунок нормативів гранично допустимого скидання забруднюючих речовин при водовідведенні до водотоків» та «Визначення коефіцієнта забруднення ґрунту».

Практична робота № 1. Визначення впливу виробництва на довкілля

Мета роботи: навчитися визначати вплив виробництва на довкілля та надавати пропозиції щодо основних напрямків екологізації виробництва.

Інформація про підприємства

Кейс А. Кар'єр № 9 Іршанського гірничо-збагачувального комбінату розташований на Юрській ділянці-2 Межирічного родовища, на відстані 0,5 км на північ від смт. Іршанськ і простягається на південь до межі кар'єру на Юрській ділянці-1.

Розробка родовища проводиться у відкритий спосіб з подачею на фабрику первинного збагачення пісків гідротранспортом, фабрика розташована на схід від кар'єру на відстані 3,1 км. Ділянка розташована у водозбірному басейні лівої притоки р. Тростяниця – р. Рихти. Річка не перетинає родовище, а протікає безпосередньо близько біля ділянки проведення робіт. Води кар'єру № 9 використовуються для підживлення оборотної системи водопостачання.

Вся вода, яка є необхідною для технологічних потреб подається з системи оборотного водопостачання кар'єру, а кар'єрні стічні води подаються у ставок-відстійник. Всі кар'єрні води, які накопичуються у діючих гірничих виробках, а також на знижених ділянках відпрацьованого простору кар'єру, використовуються для поповнення вод оборотної системи (рис. 1).

Фабрика кар'єру № 9 збагачує рудні піски, у вигляді чорнового концентрату вони переміщуються спеціальним автотранспортом на доводчу фабрику № 1, яка розташована на промисловому майданчику в смт. Іршанськ. Для транспортування рудних пісків і їх гідрологічного розмиву вода подається до збагачувальної фабрики насосною станцією системи оборотного водопостачання із ставка-відстійника. З фабрики водою транспортуються хвости збагачення, які осідають у хвостосховищі під власною вагою, а такі води після їх відстоювання подаються знову для технологічних потреб. Таким чином,

забезпечується робота гірничо-збагачувального комбінату по замкненому циклу (рис. 2).

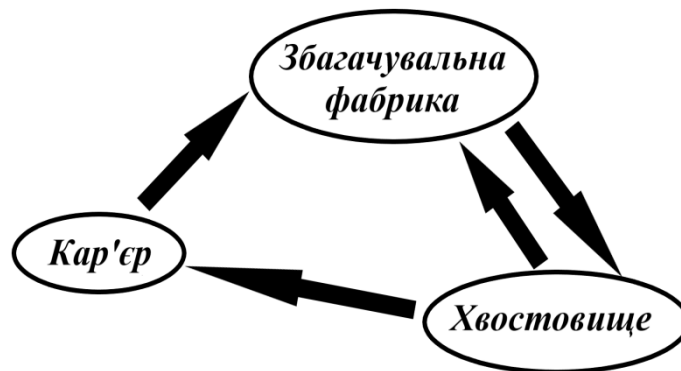


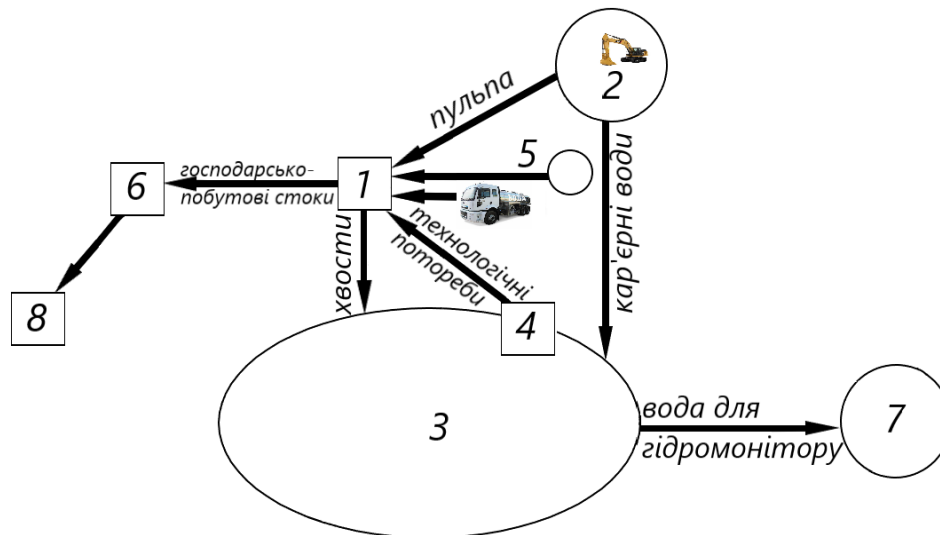
Рисунок 1 – Типова спрощена схема оборотного водопостачання гірничо-збагачувальних комплексів

Ємність хвостосховища у яке здійснюється складування хвостів збагачення складає 4 млн. м³, при цьому висота дамби складає 14 м. По мірі заповнення хвостосховища, подальше складування буде проводитися у відпрацьований простір кар'єру Межирічного родовища. Хвостосховище розміщується на відстані 2,2 км від ділянки проведення робіт збагачувальної фабрики.

Виробниче водопостачання фабрики кар'єру функціонує повністю з використанням із ставка-відстійника освітленої води по оборотній системі. У відстійник подаються підземні води, зібрані системою кар'єрного водовідливу та стічні води збагачувальної фабрики. Виробниче водопостачання кар'єру та система водопостачання збагачувальної фабрики нерозривно пов'язані та разом є складовою системи замкненого оборотного водопостачання гірничого комплексу.

Освітлена вода подається до забійних установок кар'єру, після чого – на збагачувальну фабрику по трубопроводах із застосуванням насосної станції оборотного водопостачання. Такі води, після збагачення гравітаційними методами рудних пісків, разом із хвостами направляються у хвостосховище.

Системою передбачений резервуар ємністю 10 тис. м³, призначений для аварійних стоків, у ньому збираються переливи і аварійні стоки фабрики, після чого подаються у хвостосховище і не чинять негативного впливу на ґрунтові та поверхневі води ділянки проведення робіт.



1 – фабрика чорного концентрату; 2 – кар'єр № 9; 3 – рекультивовані ставок-відстійники фабрики кар'єру № 9; 4 – насосна станція; 5 – артезіанська свердловина; 6 – локальні очисні споруди; 7 – кар'єр № 8; 8 – очисні споруди в смт. Іршанськ

Рисунок 2 – Схема водопостачання та водовідведення доводчої фабрики кар'єру № 9

Господарсько-побутове водопостачання збагачувальної фабрики здійснюється тимчасовим водозабором з артезіанської свердловини, яка розташована на відстані 50 м від збагачувальної фабрики.

Джерела водопостачання комплексу:

- поверхневі води з водосховища в руслі р. Ірша, зворотної системи водопостачання кар'єру № 9 для підживлення фабрики чорного концентрату кар'єру № 8;
- підземні води – тимчасовий забір води з артезіанських свердловин;

– освітлені води, які залучені в оборотну систему водопостачання та подаються з ставків-відстійників.

У дозволі на спеціальне водокористування під час роботи Іршанського гірничо-збагачувального комбінату задекларовано скид зворотних вод:

– випуск № 1 (аварійний випуск) — скид з хвостосховища № 4 у р. Лемня, розташований на відстані 500 м на південь від с. Лісовщина Коростенського району (табл. 1);

– випуск № 2 (аварійний випуск) — скид з хвостосховища № 1 у р. Ірша, розташований на відстані 40 м від мосту через р. Ірша у с. Старики Коростенського району (табл. 2).

Таблиця 1 – Затверджений граничнодопустимий скид і склад стічних вод випуску № 1

<i>Показники скиду зворотних вод</i>	<i>Фактична концентрація, мг/л</i>	<i>Фактичні скиди, г/год</i>	<i>Затверджені допустимі концентрації, мг/л</i>	<i>Затверджені ГДС, г/год</i>	<i>Скиди перераховані, т/рік</i>
1	2	3	4	5	6
<i>Завислі речовини</i>	19,6	5488,0	5,25	1470	3,675
<i>Мінералізація</i>	1296,0	362880,0	1000	280000	700,0
<i>Хлориди</i>	35,5	9940,0	200	56000	140,0
<i>Сульфати</i>	1056,0	295680,0	100	28000	70,0
<i>БСК₅</i>	7,2	2016,0	3,2	896	2,24
<i>Нітроген амонійний</i>	2,04	571,2	0,61	170,8	0,427
<i>Нітрити</i>	0,01	2,8	0,08	22,4	0,056
<i>Нітрати</i>	1,98	554,4	20	5600	14,0
<i>ХСК</i>	71,8	20104,0	34	9520	23,8
<i>Фосфати (по PO_4^{3-})</i>	0,16	44,8	0,32	89,6	0,224
<i>Нафтопродукти</i>	—	—	0,05	14	0,035
<i>Ферум заг.</i>	24,4	6832,0	0,71	198,8	0,497
<i>Алюміній</i>	5,2	1456,0	0,17	47,6	0,119
<i>Манган</i>	7,0	1960,0	0,1	28	0,07

Таблиця 2 – Затверджений ГДС і склад стічних вод випуску № 2

Показники скиду зворотних вод	Фактична концентрація, мг/л	Фактичні скиди, г/год.	Затверджені ГДК, мг/л	Затверджені ГДС, г/год	Скиди перераховані, т/рік
Завислі речовини	18,4	8,096	5,25	2,31	0,020
Мінералізація	1985,0	873,4	1000	440,0	3,87
Хлориди	78,0	34,32	200	88,0	0,774
Сульфати	1618,0	711,92	100	44,0	0,387
БСК ₅	9,76	4,294	3,2	1,41	0,012
Нітроген амонійний	4,13	1,817	0,61	0,268	0,002
Нітрити	0,138	0,061	0,08	0,035	0,0003
Нітрати	1,62	0,713	20	8,8	0,077
ХСК	88,8	39,072	34	14,96	0,132
Фосфати (по PO_4^{3-})	2,02	0,889	0,32	0,141	0,001
Нафтопродукти	—	—	0,05	0,022	0,0002
Ферум заг.	20,3	8,932	0,71	0,312	0,003
Алюміній	3,3	1,452	0,17	0,075	0,001
Манган	7,3	3,212	0,1	0,044	0,0004

Якісні характеристики стану вод обох річок наведено в табл. 3.

Таблиця 3 – Результати аналізів води у створах р. Лемня та р. Ірша

Місце відбору проб	Відстань відносно створу вище скидів фабрики № 3, км	Ферум (0,01)*	Манган (0,01)*	Алюміній (0,04)*	рН (6,5-8,5)	Лужність	Сухий залишок (1000)*	ХСК (30)*	БПК ₅ (3)*	Нітроген амонійний (0,39)*	Завислі речовини
		мг/л	мг/л	мг/л				мг O_2 /л	мг O_2 /л	мг/л	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
р. Лемня											
Вище скидів фабрики №3	0	0,79	0,6	0,3	6,5	1,8	364	4,6	3,9	0,61	4
Нижче скидів фабрики №3	1	1,29	1,5	1,2	4,76	0,4	606	164,8	28	0,67	0
Гирло	13,5	1,2	1,3	1	5,69	0,6	522	60,9	7,9	0,86	3,4

Продовження таблиці 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>р. Ірша</i>											
<i>Нижче впадання в р. Лемня</i>	4	0,99	0,85	0,7	5,9	1,2	510	41,2	5,4	0,61	13,8
<i>Вище скиду фабрики №1</i>	6,7	0,65	0,76	0,5	6,75	0,8	324	31,59	4	0,84	6,6
* ГДК рибогосподарської водойми											

Кейс Б. Підприємство «Kronospan UA» – один із найбільших в Україні виробників плитних матеріалів на основі деревини – ламінованої та шліфованої плити ДСП, інших плит та постформінгу. Основний технологічний процес включає в себе механічну переробку деревини: розпилювання колод на дошки, окорку колод, дроблення кускових відходів і вироблення з них відсортованої тріски і стружки для виробництва деревостружкових плит; гідротермічна обробка (сушіння), склеювання. Джерела викидів забруднювальних речовин в атмосферу та обсяги забруднень наведено у табл. 4–5.

Таблиця 4 – Основні джерела забруднюючих речовин

Процес	Забруднююча речовина
Деревообробне виробництво	
Механічна обробка деревини (різання, розпил, дробіння)	Дрібнодисперсний деревний пил
Виробництво меблів	
Механічна обробка плитних матеріалів (розкрій, свердління, фрезерування)	Неорганічний пил із вмістом діоксиду Силіцію до 70 %; зважені частинки
Процеси сушіння, нанесення лакофарбових матеріалів	Пари ацетону, формальдегід, бутилацетат
Виробництво ДСП, ДВП та клеєної фанери	
Просочування стружки смолами, гаряче пресування, сушіння виробів	Формальдегід, феноли, пари амоніаку
Механічна обробка (шліфування готових плит та розкрій)	Неорганічний пил, дрібнодисперсний деревний пил

Таблиця 5 – Викиди забруднюючих речовин у атмосферне повітря

Назва речовини	ГДК, мг/м ³	Клас небезпечності	Фактичні викиди, мг/м ³
Діоксид Нітрогену	0,04	2	0,1
Оксид Карбону	3	4	10
Інгібітор деревно-смоляної прямої гонки (контроль по фенолу)	0,006	3	0,006
Сажа	0,05	3	0,07
Розчинник меблевий (АМР-3) (контроль по толуолу)	0,09	3	0,1
Вінілацетат	0,15	3	0,14
Формальдегід	0,003	2	0,0035
Неорганічний пил	0,1	3	0,3
Розчинник деревно-спиртовий марки А (контроль по ацетону)	0,12	4	0,13
Бутилацетат	0,1	4	0,1
Амоніак	0,04	4	0,03

Деревні відходи підприємства належать до IV класу небезпеки, тому зберігаються відкрито на промисловому майданчику у вигляді конусоподібної купи. Промисловий майданчик для тимчасового зберігання відходів розташовується на території підприємства з підвітряного боку, покритий неруйнівним та непроникним для токсичних речовин матеріалом. У місцях зберігання промислових відходів передбачені стаціонарні та пересувні вантажно-розвантажувальні механізми. Допустима кількість відходів на території промислового майданчика визначається підприємством за узгодженням з місцевими органами екобезпеки. Але на даний момент кількість відходів перевищує допустиму норму. Промисловий майданчик перевантажений і тому відходи у вигляді деревних залишків зберігаються на вільній заасфальтованій території підприємства. Обсяг деревних відходів складає 20549,00 т/рік.

Завдання до роботи

Визначити вплив виробництва на довкілля, зокрема:

- зазначити, який тип забруднення має місце;
- яких наслідків дії виробництва на навколишнє середовище слід очікувати;
- окреслити основні напрямки екологізації виробництва.

Завдання рекомендовано виконувати в процесі обговорення, а результати обговорення занести в таблицю відповідної форми (табл. 6).

Таблиця 6 – Результати виконання практичної роботи

Підприємство	
Типи забруднень, що мають місце на підприємстві	
Очікувані наслідки дії виробництва на навколишнє середовище	
Основні напрямки екологізації виробництва	

Практична робота № 2. Стратегія розвитку підприємства. Стандарт ISO 14001

Мета роботи: навчитися аналізувати діяльність підприємства, його вплив на довкілля та складати стратегії розвитку підприємства за допомогою SWOT-аналізу; отримати знання про систему сертифікації якості ISO.

Теоретичні дані

SWOT-аналіз. Одним з етапів розроблення та впровадження системи екологічного управління згідно з ISO 14001:2015 є визначення та аналіз середовища (контексту) підприємства.

Визначення середовища (контексту) підприємства означає, що підприємства повинні оцінити свою унікальну ситуацію й визначити, який вплив довкілля справляє на їх бізнес.

Для цього необхідно розглянути внутрішні й зовнішні чинники, які можуть вплинути на підхід підприємства до розроблення та досягнення ним своїх цілей, у тому числі на систему екологічного управління. Це передбачає, зокрема, прийняття до уваги таких факторів: мінливість клімату, адаптація до змін у навколишньому середовищі та наявність ресурсів.

Поняття «середовище» також означає, що підприємства повинні розглянути й інші питання, не обов'язково пов'язані з вузьконаправленою стурбованістю станом довкілля, але які можуть мати згубні наслідки для бізнесу, такі як конкурентне середовище, у якому вони працюють, технології й навіть культурні чинники. Зосередження уваги на внутрішній та зовнішній ситуації може допомогти підприємствам скористатися наявними можливостями, які можуть принести вигоду як підприємству, так і довкіл्लю.

Проте не на кожному підприємстві хтось робить його загальний контекст. Систематизація всієї цієї інформації може бути дуже цінною і продемонструвати, де зараз знаходиться підприємство. Кращий спосіб зібрати цю інформацію – провести «мозкову атаку».

Стандарт ISO 14001:2015 не говорить про те, як підприємства повинні збирати й аналізувати дані про свій контекст. Існує багато способів, як це зробити, включаючи залучення зовнішніх експертів (консультантів, фахівців, маркетингові компанії). Одним з найпоширеніших методів, які оцінюють у комплексі внутрішні й зовнішні чинники, що впливають на розвиток підприємства, можна назвати SWOT-аналіз.

SWOT-аналіз дозволяє в комплексі оцінити зовнішні і внутрішні чинники, що впливають на систему управління, проєкт, діяльність підприємства. З 60-х рр. і до сьогодні SWOT-аналіз широко використовується організаціями будь-якої сфери діяльності при стратегічному плануванні.

Незважаючи на деякі недоліки цього методу, він може успішно застосовуватися підприємствами як аналітичний інструмент або основа для розроблення власної методології визначення контексту.

Метод полягає у визначенні внутрішніх і зовнішніх факторів, що впливають на діяльність підприємства, і розподіл їх за категоріями: Strengths (сильні сторони), Weaknesses (слабкі сторони), Opportunities (можливості) і Threats (загрози). Згідно з концепцією SWOT-аналізу можливості (O) і загрози (T) належать до факторів зовнішнього середовища, сильні (S) і слабкі (W) сторони – до чинників внутрішнього середовища аналізованого об'єкта (таблиця 1), хоча на практиці і ті, і інші можуть бути як зовнішніми, так і внутрішніми.

Під час SWOT-аналізу аналізуються зовнішні і внутрішні чинники, які можуть впливати на систему екологічного управління та її результати, та робиться структурований опис ситуації, щодо якої необхідно прийняти будь-яке рішення.

До факторів, які можуть підлягати аналізу, належать:

- екологічні умови, пов'язані з кліматом, якістю повітря, води, землекористуванням, наявним забрудненням, доступністю природних ресурсів і біологічною різноманітністю, які можуть або впливати на наміри підприємства, або бути під впливом його екологічних аспектів;

- зовнішні культурні, соціальні, політичні, законодавчі, фінансові, економічні, технологічні, природні фактори, а також фактори, пов'язані з конкуренцією;
- внутрішні характеристики або умови організації, такі як її діяльність, продукція або послуги, стратегічний напрямок розвитку, культура і потенціал (люди, знання, процеси тощо).

Таблиця 1 – Базова матриця SWOT-аналізу

Фактори	Позитивні	Негативні
Внутрішні	Сильні сторони	Слабкі сторони:
	S_1	W_1
	S_2	W_2
	$\vdots$	$\vdots$
Зовнішні	S_n	W_m
	Можливості	Загрози
	O_1	T_1
	O_2	T_2
	$\vdots$	$\vdots$
	O_k	T_l

Після застосування ряду експертних методів SWOT-аналіз діяльності підприємства завершується побудовою матриці парних стратегій (таблиця 2), що допомагає зробити правильні висновки для створення стратегії розвитку підприємства.

Таблиця 2 – Матриця парних стратегій

Сильні сторони – Можливості $S_j O_i$	Сильні сторони – Загрози $S_j T_i$
Слабкі сторони – Можливості $W_j O_i$	Слабкі сторони – Загрози $W_j T_i$

Типи стратегій:

SO («сильні сторони – можливості») – стратегії, що будуються на сильних сторонах системи з метою отримання переваг з нових можливостей;

ST («сильні сторони – загрози») – стратегії, що будуються на сильних сторонах системи з метою протистояння загрозам, які з'являються;

WO («слабкі сторони – можливості») – стратегії, пов'язані зі спробами мінімізувати слабкі сторони системи з метою отримання переваг з можливостей, що з'явилися;

WT («слабкі сторони – загрози») – стратегії, пов'язані зі спробами мінімізувати як слабкі сторони системи, так і зовнішні загрози, що з'явилися.

Стандарти ISO 14000. Система сертифікації якості ISO проводиться на відповідність міжнародним стандартам, встановленим Міжнародною Організацією по Стандартизації (ISO, International Organization for Standardization). Організація ISO не проводить сертифікацію, а тільки розробляє стандарти відповідності. Функція сертифікації переходить на національні акредитовані установи, які займаються впровадженням стандартів на підприємстві, видають сертифікати та проводять наглядовий аудит. Організацією ISO розроблено велику кількість стандартів у різних сферах діяльності, однак в українських тендерних реаліях найчастіше використовуються ISO 9001, 14000, 18001.

Нова редакція ISO 14001, прийнята у вересні 2015 року, відповідає вимогам ISO щодо стандартів на системи управління. Ці вимоги стосуються загальної структури стандарту, однозначності викладу основного тексту, а також загальних термінів з основними визначеннями, щоб полегшити користувачам запровадження кількох стандартів ISO на системи управління. Це забезпечило більшу інтеграцію системи екологічного управління з бізнес-процесами, уніфікувавши структуру стандарту з іншими системами управління (якість, безпека, енергоефективність тощо).

Цей міжнародний стандарт було впроваджено до національної системи стандартизації шляхом тотожного перекладу у грудні 2015 року. ДСТУ ISO 14001:2015 Системи екологічного управління. Вимоги та настанови щодо застосовування (ISO 14001:2015, IDT) почав діяти в Україні з 01.07.2016 року. При цьому встановлений перехідний період до 15.09.2018 року, коли одночасно продовжує також діяти попередня редакція національного стандарту.

У стандарті відсутні вимоги, характерні для інших систем управління, зокрема систем управління якістю, систем управління охороною здоров'я та безпекою праці, систем енергетичного управління та систем управління фінансами. Проте стандарт дає змогу організації використовувати єдиний підхід і ризик-орієнтоване мислення, щоб поєднати систему екологічного управління з вимогами систем управління іншими аспектами діяльності.

Відповідно до завдань системи екологічного управління, мета цього стандарту – надати організаціям загальну схему діяльності для захисту довкілля та реагування на зміни стану довкілля в рівноважному поєднанні із соціально-економічними потребами. Він установлює вимоги, виконання яких дає змогу організації досягти запланованих результатів.

Системний підхід до екологічного управління може забезпечити найвище керівництво інформацією, яка буде корисною для досягнення довгострокового успіху та набуття можливостей, що сприятимуть сталому розвитку, завдяки:

- збереженню стану довкілля, запобіганню або зменшенню несприятливих впливів на нього;
- зменшенню потенційного несприятливого впливу та умов довкілля на організацію, її працівників та мешканців населених пунктів, де вона розташована;
- сприянню організації у виконанні обов'язкових для дотримання відповідності вимог;
- підвищенню екологічної дієвості;
- контролю (або впливу на них) способів розроблення продукції та послуг організації, їх виготовлення, розподілення, споживання та видалення з

урахуванням аспектів передбачуваного життєвого циклу, що сприятиме запобіганню впливу на довкілля від непередбачуваного переходу з однієї стадії життєвого циклу в іншу протягом усього життєвого циклу;

- досягненню фінансових переваг і переваг у функціонуванні, що можуть бути наслідком запровадження екологічно обґрунтованих альтернативних підходів, які зміцнюють позиції організації на ринку;
- обміну екологічною інформацією із зацікавленими сторонами.

Завдання до роботи

1. Відповідно до наведених факторів аналізу побудувати базову матрицю SWOT-аналізу для довільного промислового підприємства (з урахуванням екологічних складових), діяльність якого пов'язана з забрудненням довкілля. Надати пропозиції щодо парних стратегій розвитку підприємства.

2. Розробити алгоритм дій для отримання підприємством сертифікату ISO 14001. Визначити переваги від отримання сертифікату.

Практична робота № 3. Розрахунок індексу забруднення атмосфери та води

Мета роботи: навчитися розраховувати комплексний індекс забруднення атмосферного повітря та індекс забруднення води.

Теоретичні дані

Розрахунок індексу забруднення атмосфери. Для оцінювання стану повітряного середовища в цілому запропоновано низку комплексних показників забруднення атмосфери. Найпоширенішим є індекс забруднення атмосфери (ІЗА). Усі нормовані речовини поділені на класи небезпечності.

Таблиця 1 – Класи небезпечності речовин

Клас небезпечності	Ступінь небезпечності	K_i
I	Надзвичайно небезпечні	1,7
II	Високонебезпечні	1,3
III	Помірnoneбезпечні	1,0
IV	Малонебезпечні	0,9

Комплексний індекс забруднення атмосферного повітря (КІЗА) – це кількісна характеристика рівня забрудненості атмосфери, що створюється n -речовинами, присутніми в атмосферному повітрі. Його розраховують за формулою:

$$KIZA = \sum_{i=1}^n \left(\frac{C_i}{ГДК_i} \right)^{K_i}, \quad (1)$$

де C_i – середня концентрація в повітрі i -ої речовини; $ГДК_{сді}$ – гранично допустима концентрація середньодобова для i -ої речовини; k_i – безрозмірна константа приведення ступеня шкідливості i -ої речовини до шкідливості діоксиду Сульфуру, яка залежить від того, до якого класу небезпечності належить забруднююча речовина.

ГДК та класи небезпечності забруднюючих речовин встановлюються згідно з гігієнічними регламентами гранично допустимих концентрацій хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0156-20#Text>.

Таблиця 2 – Стан забруднення атмосферного повітря

Значення ІЗА	Стан забруднення атмосферного повітря
< 5	Низький рівень забруднення
$5 < \text{ІЗА} < 7$	Підвищений рівень забруднення
$7 < \text{ІЗА} < 14$	Високий рівень забруднення
> 14	Дуже високий рівень забруднення

Розрахунок індексу забруднення води. Діючі методики комплексної оцінки якості вод засновані на використанні наступних комплексних показників: індексу забруднення води (ІЗВ), модифікованого (ІЗВ), комплексного індексу забруднення (КІЗ), коефіцієнта забрудненості χ , комплексного показника екологічного стану (КПЕС) і узагальненого екологічного індексу (ІЕ). Зокрема, ІЗВ розраховується за шістьма показниками (NH_4^+ , NO_2^- , нафтопродукти, феноли, розчинений O_2 , БСК₅) згідно з формулою:

$$\text{ІЗВ} = \frac{1}{6} \sum \frac{C_i}{\text{ГДК}_i}, \quad (2)$$

де C_i – середнє арифметичне значення показника якості води; ГДК_i – гранично допустима концентрація.

Оцінка якості води виконується за наступними класами: I – дуже чиста ($\text{ІЗВ} \leq 0,3$); II – чиста ($0,3 < \text{ІЗВ} \leq 1$); III – помірно забруднена ($1 < \text{ІЗВ} \leq 2,5$); IV – забруднена ($2,5 < \text{ІЗВ} \leq 4$); V – брудна ($4 < \text{ІЗВ} \leq 6$); VI – дуже брудна ($6 < \text{ІЗВ} \leq 10$); VII – надзвичайно брудна ($\text{ІЗВ} > 10$).

Таблиця 3 – ГДК показників екологічного стану

Показник	Розчинений кисень, мг/л	БСК ₅ , мг О ₂ /л	Амоній-іон, мг/л	Нітрити, мг/л	Нафто-продукти, мг/л	Феноли, мг/л
ГДК	6	3	0,5	0,08	0,05	0,001

Завдання до роботи

1. В атмосферне повітря внаслідок роботи промислового підприємства потрапляють діоксид Сульфуру, оксид Карбону, діоксид Нітрогену та фенол. Середньорічні концентрації речовин у атмосферному повітрі наведено у табл. 4. Розрахувати індекс забруднення атмосфери та зробити відповідні висновки.

2. Розрахувати індекс забруднення води (ІЗВ) в річці Яблунівка за наведеними в табл. 5 показниками. Зробити відповідні висновки.

Вихідні дані

Таблиця 4 – Середньорічні концентрації речовин у атмосферному повітрі

Варіант	Середньорічна концентрація діоксиду Сульфуру, мг/м ³	Середньорічна концентрація оксиду Карбону, мг/м ³	Середньорічна концентрація діоксиду Нітрогену, мг/м ³	Середньорічна концентрація фенолу, мг/м ³
1	0,06	2,5	0,045	0,003
2	0,05	2	0,05	0,002
3	0,055	3	0,055	0,001
4	0,06	2,2	0,04	0,0015
5	0,065	2,4	0,06	0,0025
6	0,07	2,6	0,065	0,0035
7	0,08	2,8	0,07	0,004
8	0,085	3,2	0,068	0,0031
9	0,09	3,4	0,066	0,0033
10	0,095	3,6	0,062	0,0035
11	0,1	3,8	0,061	0,0037
12	0,07	4	0,059	0,0039
13	0,08	4,1	0,058	0,004
14	0,085	4,3	0,057	0,0038
15	0,06	4,5	0,056	0,0036
16	0,05	4,7	0,055	0,0034
17	0,055	3,1	0,054	0,0032
18	0,06	3,2	0,053	0,003
19	0,065	3,3	0,052	0,0028
20	0,07	3,4	0,051	0,0026

Продовження таблиці 4

Варіант	Середньорічна концентрація діоксиду Сульфуру, мг/м ³	Середньорічна концентрація оксиду Карбону, мг/м ³	Середньорічна концентрація діоксиду Нітрогену, мг/м ³	Середньорічна концентрація фенолу, мг/м ³
21	0,08	3,5	0,05	0,0024
22	0,085	3,6	0,049	0,0022
23	0,09	3,7	0,048	0,002
24	0,095	3,8	0,046	0,0018
25	0,1	3,85	0,044	0,0016

Таблиця 5 – Показники забруднення води

Варіант	Розчинений кисень, мг/л	БСК ₅ , мг О ₂ /л	Амоній- іон, мг/л	Нітрити, мг/л	Нафто- продукти, мг/л	Феноли, мг/л
1	10,9	3,7	0,5	0,077	0,032	0,0001
2	10,5	3,6	0,51	0,08	0,052	0,0002
3	10	3,5	0,52	0,07	0,05	0,0003
4	9,5	3,4	0,53	0,071	0,051	0,0004
5	9	3,3	0,54	0,072	0,053	0,0005
6	8,5	3,2	0,55	0,073	0,035	0,0006
7	8	3,1	0,56	0,074	0,036	0,0007
8	7,5	3	0,57	0,075	0,058	0,0008
9	7	2,9	0,58	0,076	0,057	0,0009
10	6,5	2,8	0,59	0,077	0,038	0,001
11	6	2,7	0,6	0,078	0,04	0,0011
12	5,5	2,8	0,61	0,079	0,042	0,0012
13	5	2,9	0,62	0,081	0,044	0,0013
14	4,5	3	0,63	0,082	0,046	0,0014
15	4	3,1	0,64	0,083	0,048	0,0015
16	4,5	3,2	0,65	0,084	0,05	0,0016
17	5	3,3	0,66	0,085	0,052	0,0017
18	5,5	3,4	0,67	0,086	0,054	0,0018
19	6	3,5	0,68	0,088	0,055	0,0019
20	6,5	3,6	0,69	0,089	0,056	0,002
21	7	3,7	0,7	0,09	0,057	0,0021
22	7,5	3,8	0,69	0,091	0,058	0,0022
23	8	3,9	0,68	0,092	0,059	0,0023
24	8,5	4	0,67	0,093	0,06	0,0024
25	9	4,1	0,66	0,094	0,061	0,001

Практична робота № 4. Розрахунок суми екологічного податку

Мета роботи: навчитися розраховувати суму екологічного податку, що повинно сплатити підприємство за результатами своєї діяльності.

Теоретичні дані

Платниками податку є суб'єкти господарювання, юридичні особи, що не провадять господарську (підприємницьку) діяльність, бюджетні установи, громадські та інші підприємства, установи та організації, постійні представництва нерезидентів, включаючи тих, які виконують агентські (представницькі) функції стосовно таких нерезидентів або їх засновників, під час провадження діяльності яких на території України і в межах її континентального шельфу та виключної (морської) економічної зони здійснюються:

- викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами забруднення;
- скиди забруднюючих речовин безпосередньо у водні об'єкти;
- розміщення відходів (крім розміщення окремих видів (класів) відходів як вторинної сировини, що розміщуються на власних територіях (об'єктах) суб'єктів господарювання);
- утворення радіоактивних відходів (включаючи вже накопичені);
- тимчасове зберігання радіоактивних відходів їх виробниками понад установлений особливими умовами ліцензії строк.

Об'єктом та базою оподаткування є:

- обсяги та види забруднюючих речовин, які викидаються в атмосферне повітря стаціонарними джерелами;
- обсяги та види забруднюючих речовин, які скидаються безпосередньо у водні об'єкти;
- обсяги та види (класи) розміщених відходів, крім обсягів та видів (класів) відходів як вторинної сировини, що розміщуються на власних територіях (об'єктах) суб'єктів господарювання;

- обсяги та категорія радіоактивних відходів, що утворюються внаслідок діяльності суб'єктів господарювання та/або тимчасово зберігаються їх виробниками понад установлений особливими умовами ліцензії строк;
- обсяги електричної енергії, виробленої експлуатуючими організаціями ядерних установок (атомних електростанцій).

Суми податку, який справляється за викиди в атмосферне повітря забруднюючих речовин стаціонарними джерелами забруднення (Π_{BC}):

$$\Pi_{BC} = \sum_{i=1}^n M_i \times H_{\Pi i}$$

де M_i – фактичний обсяг викиду i -тої забруднюючої речовини в тоннах (т);

$H_{\Pi i}$ – ставки податку в поточному році за тонну i -тої забруднюючої речовини у гривнях з копійками.

Суми податку, який справляється за скиди забруднюючих речовин у водні об'єкти (Π_C):

$$\Pi_C = \sum_{i=1}^n M_{Li} \times H_{\Pi i} \times K_{OC}$$

де M_{Li} – обсяг скиду i -тої забруднюючої речовини в тоннах (т);

$H_{\Pi i}$ – ставки податку в поточному році за тонну i -того виду забруднюючої речовини у гривнях з копійками;

K_{OC} – коефіцієнт, що дорівнює 1,5 і застосовується у разі скидання забруднюючих речовин у ставки і озера (в іншому випадку коефіцієнт дорівнює 1).

Суми податку, який справляється за розміщення відходів (P_{PB}):

$$P_{PB} = \sum_{i=1}^n H_{Pi} \times M_{Li} \times K_T \times K_O$$

де H_{Pi} – ставки податку в поточному році за тонну i -того виду відходів у гривнях з копійками;

M_{Li} – обсяг відходів i -того виду в тоннах (т);

K_T – коригуючий коефіцієнт, який враховує розташування місця розміщення відходів (табл. 1);

K_O – коригуючий коефіцієнт, що дорівнює 3 і застосовується у разі розміщення відходів на звалищах, які не забезпечують повного виключення забруднення атмосферного повітря або водних об'єктів. В іншому випадку коефіцієнт дорівнює 1.

Таблиця 1 – Коефіцієнт до ставок податку, який встановлюється залежно від місця (зони) розміщення відходів у навколишньому природному середовищі

Місце (зона) розміщення відходів	Коефіцієнт
В межах населеного пункту або на відстані менш як 3 км від таких меж	3
На відстані від 3 км і більше від меж населеного пункту	1

Ставки податку та відповідні коефіцієнти зазначені у Податковому кодексі України (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17#Text>).

Завдання до роботи

1. В процесі виплавки металу у м. Кривий Ріг металургійним підприємством здійснюються викиди в атмосферне повітря та скиди у водні об'єкти. Зокрема, в атмосферу у першому кварталі року викинуто **ді**оксиду Нітрогену, масою X_1 т, оксид Карбону, потужністю викиду – X_2 г/с. Разом із стічними водами в озеро підприємство "направило" нітриту, масою X_3 т, та

хлориди – X_4 т. Режим роботи підприємства 16 годин на добу, в першому кварталі – 90 робочих діб. Розрахувати суму екологічного податку, яку підприємство повинно сплатити за перший квартал року.

2. У результаті діяльності підприємства машинобудівної галузі утворюються відходи, які вивозяться на звалище у місті Дніпро. Звалище забезпечує повне виключення забруднення атмосферного повітря або водних об'єктів. У другому кварталі підприємство утворило Y_1 т відходів другого класу небезпеки; Y_2 т помірно небезпечних відходів; Y_3 т малонебезпечних відходів. Розрахувати суму екологічного податку, яку підприємство повинно сплатити за другий квартал року.

3. Зазначити можливі шляхи зменшення суми сплати екологічного податку підприємством.

Вихідні дані

Таблиця 2 – Варіанти до завдання

№ варіанту	X_1	X_2	X_3	X_4	Y_1	Y_2	Y_3
1	10	0,1	5	1,3	30	400	50
2	11	0,06	2	0,8	10	350	30
3	12	0,1	3	0,9	15	360	40
4	13	0,06	6	1,0	20	370	60
5	14	0,1	7	1,1	25	380	70
6	15	0,06	5	1,2	35	390	50
7	16	0,1	2	1,4	40	410	30
8	17	0,06	3	1,5	45	420	40
9	18	0,1	6	1,6	50	430	60
10	19	0,06	7	1,7	55	440	70
11	20	0,1	5	1,3	30	370	50
12	21	0,06	2	0,8	10	380	30
13	22	0,1	3	0,9	15	390	40
14	23	0,06	6	1,0	20	410	60
15	24	0,1	7	1,1	25	420	70
16	25	0,06	5	1,2	35	400	50
17	26	0,1	2	1,4	40	350	30
18	27	0,06	3	1,5	45	360	40
19	28	0,1	6	1,6	50	370	60
20	29	0,06	7	1,7	55	380	70
21	30	0,1	5	1,3	25	390	50
22	31	0,06	2	0,8	35	410	30
23	32	0,1	3	0,9	40	420	40
24	33	0,06	6	1,0	45	430	60
25	34	0,1	7	1,1	50	440	70

Практична робота № 5. Визначення санітарно-захисної зони підприємства

Мета роботи: навчитися встановлювати санітарний клас підприємств, виробництв та споруд і розміри санітарно-захисних зон для них.

Теоретичні дані

Промислові, сільськогосподарські та інші об'єкти, що є джерелами забруднення навколишнього середовища хімічними, фізичними та біологічними факторами, при неможливості створення безвідходних технологій повинні відокремлюватись від житлової забудови санітарно-захисними зонами.

Санітарно-захисну зону слід встановлювати від джерел шкідливості до межі житлової забудови, ділянок громадських установ, будинків і споруд, в тому числі дитячих, навчальних, лікувально-профілактичних установ, закладів соціального забезпечення, спортивних споруд та ін., а також територій парків, садів, скверів та інших об'єктів зеленого будівництва загального користування, ділянок оздоровчих та фізкультурно-спортивних установ, місць відпочинку, садівницьких товариств та інших, прирівняних до них об'єктів, в тому числі:

- для підприємств з технологічними процесами, які є джерелами забруднення атмосферного повітря шкідливими, із неприємним запахом хімічними речовинами та біологічними факторами, безпосередньо від джерел забруднення атмосфери організованими викидами (через труби, шахти) або неорганізованими викидами (через ліхтарі будівель, димлячі і паруючі поверхні технологічних установок та інших споруд тощо), а також від місць розвантаження сировини, промпродуктів або відкритих складів;

- для підприємств з технологічними процесами, які є джерелами шуму, ультразвуку, вібрації, статичної електрики, електромагнітних та іонізуючих випромінювань та інших шкідливих факторів – від будівель, споруд та майданчиків, де встановлено обладнання (агрегати, механізми), що створює ці шкідливості;

- для теплових електростанцій, промислових та опалювальних котелень - від димарів та місць зберігання і підготовки палива, джерел шуму;
- для санітарно-технічних споруд та установок комунального призначення, а також сільськогосподарських підприємств та об'єктів – від межі об'єкта.

На зовнішній межі санітарно-захисної зони, зверненої до житлової забудови, концентрації та рівні шкідливих факторів не повинні перевищувати їх гігієнічні нормативи (ГДК, ГДР), на межі курортно-рекреаційної зони – 0,8 від значення нормативу.

Територія санітарно-захисної зони не повинна розглядатись як резерв нового будівництва, реконструкції, капітального ремонту об'єктів підприємства та розширення сільбищної території.

Розміри санітарно-захисних зон для промислових підприємств та інших об'єктів, що є джерелами виробничих шкідливостей, слід встановлювати відповідно до діючих санітарних норм їх розміщення при підтвердженні достатності розмірів цих зон за ОНД-86 або іншою офіційно затвердженою методикою, розрахунками рівнів шуму та електромагнітних випромінювань з урахуванням реальної санітарної ситуації (фонового забруднення, особливостей рельєфу, метеоумов, рози вітрів та ін.), а також даних лабораторних досліджень щодо аналогічних діючих підприємств та об'єктів.

У тих випадках, коли розрахунками не підтверджується розмір нормативної санітарно-захисної зони або неможлива її організація в конкретних умовах, необхідно приймати рішення про зміну технології виробництва, що передбачає зниження викидів шкідливих речовин в атмосферу, його перепрофілювання або закриття.

Основою для встановлення санітарно-захисних зон є санітарна класифікація підприємств, виробництв та об'єктів, наведена у Державних санітарних правилах планування та забудови населених пунктів (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0379-96#Text>).

ГДК та класи небезпечності забруднюючих речовин встановлюються згідно з гігієнічними регламентами гранично допустимих концентрацій хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0156-20#Text>.

Завдання до роботи

Визначити розмір санітарно-захисної зони підприємства на основі вхідних даних, наведених у табл. 1. Підтвердити розмір санітарно-захисної зони розрахунками. У випадку, якщо розмір санітарно-захисної зони не підтверджується розрахунками, зазначити рішення, які можуть бути прийняті, зокрема обґрунтувати заходи щодо зменшення викидів у навколишнє середовище на підприємстві.

Вихідні дані

Таблиця 1 – Варіанти до завдання

Варіант	Підприємство	Фактична концентрація, мг/м ³		
	Кар'єр по видобуванню залізної руди відкритим способом з використанням вибухових засобів	<i>NO₂</i>	<i>CO</i>	<i>Пил неорганічний, що містить більше 70 % діоксиду Силіцію</i>
1		0,02	1	0,05
2		0,03	1,5	0,04
3		0,04	2	0,03
4		0,05	2,5	0,01
5		0,06	3	0,05
	Виробництво сталі	<i>CO</i>	<i>Ферум(II) оксид (у перерахунку на Ферум)</i>	<i>Діоксид Мангану</i>
6		1,2	0,01	0,0005
7		1,6	0,04	0,00075
8		2	0,02	0,001
9		2,4	0,05	0,00045
10		3	0,03	0,0009

Продовження таблиці 1

	Підприємство із виробництвом по виплавці кольорових металів безпосередньо із руд і концентратів (в тому числі свинцю, олова, міді, нікелю).	<i>Плюмбум і його неорганічні сполуки (у перерахунку на Плюмбум)</i>	<i>Діоксид Стануму (у перерахунку на Станум)</i>	<i>Пил поліметалічний свинцево-цинкового виробництва (з вмістом свинцю до 1 %)</i>
11		0,0003	0	0,00009
12		0,0002	0,015	0,00005
13		0,0001	0,01	0,00003
14		0	0,02	0,00001
15		0,00035	0,001	0,0001
	Підприємство з виробництва штучних волокон	<i>NO₂</i>	<i>CS₂</i>	<i>Фенол</i>
16		0,015	0,005	0,001
17		0,025	0,004	0,002
18		0,035	0,003	0,003
19		0,045	0,002	0,0015
20		0,055	0,001	0,0025

Практична робота № 6. Розрахунок нормативів гранично допустимого скидання забруднюючих речовин при водовідведенні до водотоків

Мета роботи: навчитися розраховувати нормативи гранично допустимого скидання забруднюючих речовин при водовідведенні до водотоків.

Теоретичні дані

Загальні принципи розрахунку нормативів ГДС забруднюючих речовин. Нормативи ГДС забруднюючих речовин визначаються як добуток максимальної годинної витрати зворотних вод q , м³/годину на допустиму концентрацію в них забруднюючої речовини $C_{ГДС}$, г/м³. Під час розрахунку умов скидання зворотних вод спочатку визначаються значення $C_{ГДС}$, що забезпечують нормативну якість води в контрольних створах з урахуванням пункту 15 розділу IV Методичних рекомендацій з розроблення нормативів гранично допустимого скидання забруднюючих речовин у водні об'єкти із зворотними водами (далі – Методичні рекомендації), далі визначається норматив ГДС забруднюючої речовини за формулою:

$$ГДС = q \times C_{ГДС}. \quad (1)$$

Згідно з пунктом 17 розділу IV Методичних рекомендацій розрахунки нормативів ГДС забруднюючих речовин у водні об'єкти із зворотними водами рекомендується здійснювати за басейновим принципом з урахуванням впливу всіх джерел надходження зворотних вод на якість води в контрольних створах і оптимального розподілу асимілюючої спроможності водних об'єктів між водокористувачами (випусками зворотних вод). Визначення нормативів ГДС забруднюючих речовин для окремих випусків здійснюються з урахуванням рекомендацій, зазначених у пункті 15 розділу IV Методичних рекомендацій.

Розв'язання задачі визначення нормативів ГДС забруднюючих речовин враховує асимілюючу спроможність водного об'єкта і має базуватися на

математичній моделі, що описує процес формування якості води водного об'єкта. У випадку розрахунку нормативів ГДС забруднюючих речовин для окремого випуску зворотних вод приймається фактична (чи розрахункова) фоновая якість води і асимілююча спроможність водоприймача на ділянці до контрольного створу, а у випадку розрахунку для сукупності випусків вирішується задача розподілу асимілюючої спроможності водного об'єкта (допустимих до скидання мас речовин) між окремими випусками. Ця задача розв'язується з використанням математичних методів і алгоритмів, наведених нижче, із застосуванням комп'ютерної техніки.

Конкретний вигляд критерію оптимальності розподілу між випусками допустимих до скидання мас речовин може вибиратись, виходячи із специфіки задачі, що розв'язується. Рекомендується застосовувати критерій відносного пропорційного використання асимілюючої спроможності водного об'єкта на одиницю витрати зворотних вод.

Розрахунок нормативів ГДС забруднюючих речовин при водовідведенні до водотоків. Для окремого випуску розрахункова формула для визначення $C_{ГДС}$ без урахування неконсервативності речовини має вигляд:

$$C_{ГДС} = n(C_{ГДК} - C_{\phi}) + C_{\phi}, \quad (2)$$

де $C_{ГДК}$ – гранично допустима концентрація забруднюючої речовини у воді водотоку, г/м³;

C_{ϕ} – фактична (чи розрахункова) фоновая концентрація забруднюючої речовини у водотоці до випуску зворотних вод, г/м³;

n – кратність загального розбавлення зворотних вод у контрольному створі водотоку:

$$n = n_n \times n_0, \quad (3)$$

де n_n і n_0 – відповідно кратності початкового та основного розбавлення.

З урахуванням неконсервативності забруднюючої речовини та можливої наявності природного вмісту деяких речовин у воді водотоку, сталого у межах розрахункової ділянки, розрахункова формула має вигляд:

$$C_{ГДС} = n \times [(C_{ГДК} - C_{пф})e^{kt} - C_{ф} + C_{пф}] + C_{ф}, \quad (4)$$

де $C_{пф}$ – природна фонові концентрація забруднюючої речовини у воді водотоку, г/м³ ($C_{пф} \leq C_{ф}$), що визначається з урахуванням пунктів 4.6 і 4.7 Методичних рекомендацій (якщо наявність сталої концентрації речовини у воді обумовлена неприродними важко регульованими причинами, $C_{пф}$ може прийматися, як така стала концентрація);

k – коефіцієнт неконсервативності, 1/добу;

t – час переміщення зворотних вод від місця випуску до розрахункового створу, доба:

$$t = l / (86,4 \times v_p), \quad (5)$$

де l – відстань від місця випуску до розрахункового створу по стрижню русла річки, км;

v_p – середня швидкість течії річки, м/с.

Для показника біохімічного споживання кисню (БСК₅) величина $C_{пф}$ може бути прийнята за довідковими даними: для гірських річок – 0,6–0,8 г/м³, для рівнинних річок, що протікають по території, ґрунти якої містять мало органічних речовин – 1,7–2 г/м³; для річок болотного живлення або тих, що протікають по території, з якої змивається підвищена кількість органічних речовин – 2,3–2,5 г/м³.

Значення коефіцієнта k знаходиться за формулою:

$$k = a \times k_T \times k_C, \quad (6)$$

де a – поправка на швидкість течії:

$$a = \left\{ \begin{array}{l} 5, v_p \geq 0,2 \text{ м/с} \\ 5 - 4 \times \exp(-(7 + 80 \times v_p) \times v_p), v_p < 0,2 \text{ м/с} \end{array} \right\}, \quad (7)$$

де k_T – поправка на температуру води $T^\circ \text{ C}$, при $T \leq 20^\circ \text{ C}$:

$$k_T = 0,0451T + 0,101, \quad (8)$$

де k_c – коефіцієнт неконсервативності речовини за швидкості течії $v_p = 0,2 \text{ м/с}$ та температури 20° C , 1/доба (наведені у додатку 6 Методичних рекомендацій);

якщо для якоїсь речовини k_c невідомий, можна вважати, що $k_c = 0$;

для консервативних речовин $k_c = 0$.

Якщо природний вміст неконсервативної забруднюючої речовини у воді відсутній, використовується формула:

$$C_{ГДС} = n \times (C_{ГДК} \times e^{kt} - C_\phi) + C_\phi. \quad (9)$$

Для визначення розрахункової якості води водотоку в контрольному створі C_K при концентрації C_3 речовин у зворотних водах використовується формула:

$$C_K \frac{(C_3 - C_{пф}) \times e^{-kt}}{n} - (C_\phi - C_{пф}) \times e^{-kt} + C_{пф}. \quad (10)$$

Кратність початкового розбавлення n_n визначається для напірних зосереджених і розсіювальних випусків при абсолютних швидкостях витікання струменя з випуску v_e більших 2 м/с , але не менше, ніж у 4-кратному перевищенні v_e над швидкістю течії річки v_p . У разі, якщо хоча б одна з цих умов не виконується, кратність початкового розбавлення приймається відсутньою ($n_n = 1$). Абсолютна швидкість витікання струменя з випуску має визначатися

безпосередньо на вході зворотних вод до водного об'єкта. При цьому для затоплених випусків $v_{\text{в}}$ визначається за формулою:

$$v_{\text{в}} = 4 \times q / (\pi d_0^2 \times N_o), \quad (11)$$

де q – витрата зворотних вод, $\text{м}^3/\text{с}$;

d_o – діаметр випускного отвору, м ;

N_o – кількість випускних отворів оголовка випуску (для зосередженого випуску $N_o = 1$).

Для випусків із вільною поверхнею (лоток, канава, випуск над поверхнею води) $v_{\text{в}}$ приймається за даними фактичних вимірювань, а за d_o приймається еквівалентний діаметр випускного отвору:

$$d_o = \sqrt{4 \times q / (\pi \times v_{\text{в}})}. \quad (12)$$

Кратність початкового розбавлення розраховується таким чином:

$$\Delta v = 0,15 / (v_{\text{в}} - v_p), \quad m = v_p / v_{\text{в}}, \quad (13)$$

де 0,15 – рекомендоване значення перевищення швидкості на осі струменю зворотних вод над швидкістю течії водотоку ($\text{м}/\text{с}$), що відповідає граничному створу зони початкового розбавлення.

Далі обчислюється діаметр забрудненої плями у цьому створі d , м :

$$d = \frac{1,972 \times d_o}{\sqrt{(1-m) \times \frac{\Delta v^2}{1,92} + m \times \Delta v}}. \quad (14)$$

Якщо $d > H$, де H – глибина річки, м , тоді приймається $d = H$.

Кратність початкового розбавлення n_n при розповсюдженні струменя в однорідному супутньому потоці знаходиться за формулою:

$$n_n = \frac{0,248}{1-m} \bar{d}^2 [\sqrt{m^2 + 8,1 \times (1-m)/d^2} - m], \quad (15)$$

де $\bar{d} = d/d_0$.

Якщо $N_0 > 1$ та відстань між випускними отворами l_1 менша за d , то обчислюються $n_{n1} = n_n / \sqrt{N_0}$ і кратність початкового розбавлення n_{n2} у припущенні $d = l_1$ (за формулою (15)). За n_n приймається більша з величин n_{n1} і n_{n2} . Якщо за формулою (15) отримується $n_n < 1$, тоді слід приймати $n_n = 1$.

Якщо розрахунок нормативів ГДС забруднюючих речовин виконується тільки для граничного створу початкового розбавлення, то кратність розбавлення зворотних вод у максимально забрудненому струмені розрахункового створу приймається:

$$n = \max(0,428 \times n_n, 1), \quad (16)$$

бо кратність початкового розбавлення відповідає не максимальній, а середній концентрації речовини у граничному створі зони початкового розбавлення для суміші зворотних вод і води водного об'єкта з витратою $q^{\text{сум}} = n_n q$, що підлягає далі основному розбавленню.

При цьому відстань l_n до граничного створу зони початкового розбавлення визначається за формулою:

$$l_n = \frac{d - d_0}{0,48 \times (1 - 3,12 \times m)}. \quad (17)$$

Кратність основного розбавлення n_0 визначається за методом В. А. Фролова – Й. Д. Родзіллера. Позначимо за δ відношення початкових витрат води в незабрудненому та забрудненому струменях:

$$\delta = [Q - q(n_n - 1)] / (n_n \times q), \quad (18)$$

де Q – розрахункова мінімальна середньомісячна витрата річки у фоновому створі, розташованому вище по течії від місця випуску зворотних вод і максимально наближеному до цього місця, за гідрологічних умов у меженні сезони року 95 % забезпеченості;

якщо початкове розбавлення не враховується, то $n_n = 1$.

Для максимально забрудненого струменя, прилеглого до берега, з якого скидаються зворотні води:

$$n_0 = 1 + \gamma \times \delta, \quad (19)$$

де γ – частка витрати води, що змішується із зворотними водами у максимально забрудненому струмені водотоку в контрольному створі на відстані l від випуску до цього створу по стрижню русла, м:

$$\gamma = \frac{1 - e^{-\alpha \sqrt[3]{l}}}{1 + \delta e^{-\alpha \sqrt[3]{l}}}, \quad (20)$$

$$\alpha = \varphi \times \xi \times \sqrt[3]{\frac{D}{q \times n_n}}, \quad (21)$$

де φ – коефіцієнт звивистості русла (відношення відстані до контрольного створу по стрижню русла до відстані по прямій);

при випуску з берега $\xi = 1$;

при випуску у стрижень річки $\xi = 1,5$;

D – коефіцієнт турбулентної дифузії, м²/с (при відсутності льодоставу):

$$D = \frac{g \times v_p \times R}{37 \times n_{ш} \times C^2}, \quad (22)$$

де $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння;

R – гідравлічний радіус потоку, м (R приймається як H , де H – середня глибина річки, м);

$n_{ш}$ – коефіцієнт шорсткості ложа річки, що визначається за таблицею, наведеною у додатку 5 Методичних рекомендацій;

C – коефіцієнт Шезі, $\text{м}^{1/2}/\text{с}$:

при $R \leq 5$ м визначається за формулою М. М. Павловського:

$$C = \frac{R^y}{n_{ш}}, \quad (23)$$

де $y = 2,5\sqrt{n_{ш}} - 0,13 - 0,75\sqrt{R}(\sqrt{n_{ш}} - 0,1)$;

при $R > 5$ м визначається за формулою В. Г. Талмазі:

$$C = \frac{1}{n_{ш}} + (21 - 100 \times n_{ш}) \times \lg R. \quad (24)$$

Для періоду льодоставу величина D обчислюється за формулами (2.22 – 2.24), в яких величина R замінюється на приведений гідравлічний радіус $R_{пр}$, який приймається як $0,5H$, а $n_{ш}$ – на приведений $n_{пр}$, що враховує коефіцієнт шорсткості нижньої поверхні льоду $n_{л}$ за таблицею, наведеною у додатку 5 Методичних рекомендацій:

$$n_{пр} = n_{ш} \left[1 + \sqrt[3]{\left(\frac{n_{л}}{n_{ш}}\right)^2} \right]^{0,67}. \quad (25)$$

Для підвищення точності розрахунків замість середніх значень v_p , H , $n_{ш}$ і C рекомендується брати їх значення в зоні безпосереднього змішування зворотної води з річковою водою (наприклад, в усередненій течії на стрижні).

Для мінімально забрудненого струменю, прилеглого до берега, протилежного місцю скидання зворотних вод:

$$n = \frac{\delta + 1}{1 - \exp(-\alpha \sqrt[3]{l - \sqrt[3]{l_0}})}, \quad (26)$$

де α визначається за формулою (21); l_0 – відстань від випуску, на якій забруднений струмінь досягає протилежного берега, м:

$$l_0 = \left(\frac{l_n \times \delta}{\alpha} \right)^3, \quad (27)$$

при $l < l_0$ випуск не впливає на мінімально забруднений струмінь.

Розглянутий метод може застосовуватись, якщо:

$$0,0025 \leq q/Q \leq 0,1, \quad (28)$$

при $q/Q > 0,1$ змішування стічних і річкових вод у контрольному створі може прийматися повним, тобто $\gamma = 1$; при $q/Q < 0,0025$ для уточнення розрахунку бажано застосовувати інші методи.

Завдання до роботи

1. Розрахувати допустимі концентрації речовин в стічних водах біля пункту водокористування, при яких виключається забруднення водойми для окремого випуску без урахування неконсервативності речовини, за умови, що абсолютні швидкості витікання струменя з випуску не перевищують 2 м/с.

2. Обґрунтувати технологію очищення стічних вод для заданих умов.

Вихідні дані

Фонові концентрації речовини у водоймі, г/м³:

- бензен: $C_{\phi}^b = 0,1$;
- фенол: $C_{\phi}^{\phi} = 0$;
- толуен: $C_{\phi}^t = 0,01$.

ГДК речовин, г/м³:

- бензен: ГДК^б = 0,5;
- фенол: ГДК^ф = 0,001;
- толуен: ГДК^т = 0,5.

Таблиця 1 – Варіанти до завдання

№ варіанту	Q, м ³ /год	q, м ³ /год
1	3	0,4
2	4	0,8
3	7	1
4	9	1,2
5	8	1,4
6	10	1,6
7	12	1,8
8	9	2
9	2	0,4
10	5	0,8
11	7	1
12	10	1,2
13	11	1,4
14	10	1,6
15	12	1,8
16	15	2
17	2	0,4
18	5	0,8
19	4	1
20	8	1,2
21	9	1,4
22	12	1,6
23	16	1,8
24	15	2
25	12	2

Практична робота № 7. Визначення коефіцієнта забруднення ґрунту

Мета роботи: навчитися визначати коефіцієнт забруднення ґрунту та вибирати рециклінгову технологію або екологічно безпечні методи збору, транспортування та утилізації відходів підприємства.

Теоретичні дані

Основні джерела забруднення ґрунту:

- зрошення (зумовлює вимивання солей із глибин у верхні горизонти ґрунту і їх засолення, при неправильному поливанні – заболочення);
- осушення (призводить до зниження вологості, виникнення вітрової ерозії);
- використання пестицидів та добрив (може викликати загибель ґрунтових організмів, зміни ґрунтових процесів, накопичення небезпечних для живих організмів отрутих речовин);
- створення побутових і промислових звалищ, розростання забудов (спричинює вилучення родючих земель із сільськогосподарського вжитку, пригнічення та навіть загибель живих організмів на прилеглих територіях);
- робота наземного транспорту (зумовлює ущільнення ґрунту, отруєння ґрунтів відпрацьованими газами та сипкими матеріалами);
- стічні води і викиди в атмосферу (викликають забруднення ґрунтів хімічними речовинами, зміну їхнього складу).

Оцінити стан забруднення ґрунтів можна за допомогою коефіцієнта забруднення K , що визначається за формулою:

$$K = C_i / ГДК_i, \quad (1)$$

де C_i – концентрація i -ї речовини;

$ГДК_i$ – гранично допустима концентрація i -ї речовини.

C_i знаходиться як відношення маси забруднюючої речовини (мг) до маси ґрунту (кг):

$$C_i = m_{зр}/m_{гр} \text{ (мг/кг)} \quad (2)$$

Маса ґрунту визначається по формулі:

$$m_{гр} = \gamma \times V \text{ (кг)}, \quad (3)$$

де V – об'єм ґрунту ($V = S \times h$);

γ – щільність ґрунту,

S – площа ґрунту,

h – товщина шару ґрунту.

Маса забруднюючої речовини вираховується з врахуванням відсотку забруднюючої речовини, що осіла на ґрунт і спричинила його забруднення, та переводиться в (мг).

Завдання до роботи

Завдання 1. Визначити коефіцієнт забруднення ґрунту підприємством, що викинуло в атмосферу нітрати (ГДК = 130 мг/кг), в результаті чого на деякій відстані від місця викиду на ґрунт рівномірно осіла частина маси забруднюючої речовини.

Завдання 2. На сільськогосподарському полі розсіяно азотно-калійні добрива (ГДК = 80 мг/кг). Визначити коефіцієнт забруднення ділянки ґрунту заданої площі з товщиною шару ґрунту $h=0,4$ м, враховуючи, що через поломку техніки на ґрунт потрапила надмірна кількість добрив.

Завдання 3. Зробити висновок щодо ступеня забруднення ґрунтів:

– сильнозабруднені (концентрація забруднюючих речовин значно перевищує ГДК);

– середньозабруднені (концентрація забруднюючих речовин незначно перевищення ГДК, $K < 1,4$);

– слабозабруднені (концентрація забруднюючих речовин не перевищує ГДК).

Завдання 4. Вибір рециклінгової технології та/або екологічно безпечного(х) методу(ів) збору, транспортування та утилізації відходів підприємства для зменшення екологічних ризиків та максимального використання вторинних ресурсів.

Вихідні дані

Таблиця 1 – Варіанти до завдання 1

№ варіанту	Маса забруднюючої речовини, кг	Об'єм ґрунту, м ³	Щільність ґрунту, (кг/м ³)	Відсоток забруднюючої речовини, що осіла на ґрунт і спричинила його забруднення, %
1	80	60	1600	30
2	67	70	1700	45
3	50	55	1800	4
4	98	100	1500	15
5	43	56	1600	60
6	100	80	1700	45
7	30	60	1800	8
8	90	70	1500	15
9	80	55	1600	22
10	67	100	1700	40
11	50	56	1800	30
12	98	80	1500	45
13	43	60	1600	4
14	100	70	1700	15
15	30	55	1800	60
16	90	100	1500	45
17	80	56	1600	8
18	67	80	1700	15
19	50	60	1800	22
20	75	70	1500	25

Таблиця 2 – Варіанти до завдання 2

№ по списку	Площа ґрунту, м ²	Маса забруднюючої речовини, кг	Щільність ґрунту, (кг/м ³)	Відсоток забруднюючої речовини, що осіла на ґрунт і спричинила його забруднення, %
1	200	90	1300	60
2	250	50	1400	56
3	300	80	1600	43
4	450	75	1200	22
5	380	90	1300	15
6	200	50	1400	50
7	250	80	1600	60
8	300	75	1200	56
9	450	90	1300	43
10	380	50	1400	22
11	200	80	1600	15
12	250	75	1200	50
13	300	90	1300	60
14	450	50	1400	56
15	380	80	1600	43
16	200	75	1200	22
17	250	90	1300	15
18	300	50	1400	50
19	450	80	1600	60
20	350	75	1200	30

Список рекомендованої літератури

1. Бедрій Я. І., Білінський Б.О., Швах Р. М., Козяр М. М. Промислова екологія: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Київ: Кондор, 2018. 372 с.
2. Жигуц Ю. Ю., Лазар В. Ф. Інженерна екологія: навчальний посібник для студентів технічних спеціальностей. Київ: Кондор, 2018. 168 с.
3. Галушка З.І., Лусте О.О., Грунтковський В.Ю. Стратегічний SWOT-аналіз внутрішнього та зовнішнього середовища організації. Методичні рекомендації. Чернівці: Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, 2021. 49 с.
4. Сафранов Т. А., Губанова О. Р., Лукашов Д. В. Еколого-економічні основи природокористування: навчальний посібник. Львів: Новий Світ-2000, 2018. 349 с.
5. Галушкіна Т. П., Грановська Л. М., Кисельова Р. А. Екологічний менеджмент та аудит: навчальний посібник. Херсон: Олді-Плюс, 2019. 455 с.
6. Петрук В. Г., Васильківський І. В., Іщенко В. А., Петрук Р. В., Турчик П. М. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище. Частина 1. Нормування інгредієнтного забруднення: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2013. 253 с.
7. Fesenko A., Pankova O. Concise "Environmental science for engineering professionals". Kharkiv, 2017. 175 p.
8. Мальований М. С., Леськів Г. З. Екологія та збалансоване природокористування: навчальний посібник. Херсон: Олді-Плюс, 2019. 314 с.
9. Харченко Б. І., Харченко Н. Б., Харченко О. Б., Цимбалюк В. І. Екологія: основи екології: навчальний посібник. Львів: Новий Світ-2000, 2019. 232 с.

10. Ісаєнко В. М., Бабікова К. О., Саталкін Ю. М., Романов М. С. Інженерна екологія: теорія, методологія, практика сталого розвитку: підручник. Київ: НАУ, 2019. 451 с.

11. Моніторинг довкілля: підручник / за ред. В. М. Боголюбова, Т. А. Сафранова. Херсон: Грінь Д. С., 2018. 529 с.

12. Зіновчук Н. В., Ращенко А. В. Екологічний маркетинг: навч. посіб. Житомир: видавництво ЖДУ ім. І. Франка, 2015. 190 с.

13. Балюк Г. І. Екологічне право України: навчальний посібник. Чернівці: Кондратьєв А. В., 2020. 204 с.

14. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25.06.1991 р. № 1264-XII. Дата оновлення: 10.07.2022. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12> (дата звернення: 10.05.2023).

15. Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» від 23.05.2017 р. № 2059-VIII. Дата оновлення: 31.03.2023. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19> (дата звернення: 10.05.2023).

16. Податковий кодекс України: Закон України від 02.12.2010 р. № 2755-VI. Дата оновлення: 06.05.2023. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17> (дата звернення: 10.05.2023).

17. Закон України «Про екологічний аудит» від 24.06.2004 р. № 1862-IV. Дата оновлення: 16.10.2020. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1862-15> (дата звернення: 10.05.2023).

18. Методика розрахунку розмірів відшкодування збитків, які заподіяні державі в результаті наднормативних викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря: затв. наказом Міністерства енергетики та захисту довкілля України від 28.04.2020 р. № 277. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0414-20> (дата звернення: 10.05.2023).

19. Методика розрахунку розмірів відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок порушення законодавства про охорону та раціональне використання водних ресурсів: затв. наказом Міністерства охорони навколишнього природного середовища України від 20.07.2009 р. № 389. Дата

оновлення: 18.11.2022. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0767-09> (дата звернення: 10.05.2023).

20. Методика визначення розмірів шкоди, зумовленої забрудненням і засміченням земельних ресурсів через порушення природоохоронного законодавства: затв. наказом Міністерства охорони навколишнього природного середовища від 27.10.1997 р. № 171. Дата оновлення: 12.01.2021. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0285-98> (дата звернення: 10.05.2023).

21. Порядок планування та фінансування природоохоронних заходів: затв. наказом Міністерства екології та природних ресурсів України від 12.06.2015 р. № 194. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0994-15> (дата звернення: 10.05.2023).

22. Порядок використання коштів державного бюджету на здешевлення кредитів для здійснення природоохоронних заходів: затв. постановою Кабінету Міністрів України від 18.08.2005 р. № 773. Дата оновлення: 13.12.2006. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/773-2005-%D0%BF> (дата звернення: 10.05.2023).

23. Правила охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами: затв. постановою Кабінету Міністрів України від 25.03.1999 р. № 465. Дата оновлення: 30.10.2013. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/465-99-%D0%BF/conv#Text> (дата звернення: 10.05.2023).

Перелік посилань

1. Repin M., Tverda O., Tkachuk K., Bondarenko A., Huminskyi V. Strategic approach to the development of environmental management system of industrial enterprises. Збірник наукових праць ЛОГОΣ. Multidisziplinäre Forschung: Perspektiven, Probleme und Muster. Wien, Republik Österreich 2021. Volume 2. 38-43 pp. <https://doi.org/10.36074/logos-26.11.2021.v2.11> (дата звернення: 10.05.2023).
2. Колесник В. Є., Павличенко А. В., Калініна К. Р. Екологічна класифікація якості атмосферного повітря за комплексними індексами його забруднення. Геотехнічна механіка. 2017. № 137. С. 156–169. URL: <http://dspace.nbu.gov.ua/bitstream/handle/123456789/158647/17-Kolesnik.pdf?sequence=1> (дата звернення: 10.05.2023).
3. Юрасов С. М., Кур'янова С. О., Юрасов М. С. Комплексна оцінка якості вод за різними методиками та шляхи її вдосконалення. Український гідрометеорологічний журнал. 2009. № 5. С. 42–53. URL: <http://uhmj.odeku.edu.ua/wp-content/uploads/2016/08/5-Yurasov-Kurianova.pdf> (дата звернення: 10.05.2023).
4. Податковий кодекс України: Закон України від 02.12.2010 р. № 2755-VI. Дата оновлення: 06.05.2023. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17> (дата звернення: 10.05.2023).
5. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів: затв. наказом Міністерства охорони здоров'я України від 19.06.96 р. № 173. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0379-96#Text> (дата звернення: 10.05.2023).
6. Правила охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами: затв. постановою Кабінету Міністрів України від 25.03.1999 р. № 465. Дата оновлення: 30.10.2013. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/465-99-%D0%BF/conv#Text> (дата звернення: 10.05.2023).

7. Інженерна екологія: навчальний посібник / О. Д. Муляр та ін.; за ред. О. Д. Муляра, І. М. Бендери. Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин Я. І., 2016. 308 с.