

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**Івано-Франківський національний технічний
університет нафти і газу**

Кафедра екології

М.М. Орфанова

**НОРМУВАННЯ АНТРОПОГЕННОГО
НАВАНТАЖЕННЯ НА ПРИРОДНЕ
СЕРЕДОВИЩЕ**

ПРАКТИКУМ

Івано-Франківськ
2021

Рецензент:

Семчук Я. М. доктор технічних наук, професор, професор кафедри технологій захисту навколишнього середовища та охорони праці Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу

**Рекомендовано методичною радою університету
(протокол № _____ від «___» _____ 2021 р.)**

Орфанова М.М. Нормування антропогенного навантаження на природне середовище: Практикум. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2021. – 23 с.

Практикум містить основні практичні знання з нормування забруднюючих компонентів у природних об'єктах. Розроблений відповідно до навчального плану та робочої програми навчальної дисципліни «Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище». Призначений для підготовки бакалаврів за освітньо-професійною програмою «Екологія» спеціальності 101 «Екологія» і бакалаврів за освітньо-професійною програмою «Технології захисту навколишнього середовища» спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища».

Може бути використаний студентами денної та заочної форм навчання.

ЗМІСТ

Практична робота № 1	4
Розрахунок розмірів санітарно-захисної зони підприємства з врахуванням рози вітрів	
Практична робота № 2	7
Розрахунок ефекту сумації при нормуванні забруднень навколишнього середовища	
Практична робота № 3 (комплексна)	10
Методика оцінювання якості води	
Практична робота № 4	19
Дослідження електромагнітного поля у населеному пункті	
Перелік рекомендованих джерел	23

Практична робота 1

РОЗРАХУНОК РОЗМІРІВ САНІТАРНО-ЗАХИСНОЇ ЗОНИ ПІДПРИЄМСТВА З ВРАХУВАННЯМ РОЗИ ВІТРІВ

Мета: навчитись проводити розрахунки для визначення розмірів санітарно-захисної зони (СЗЗ) та уточнювати їх розмір з урахуванням рози вітрів.

Теоретична частина

Санітарно-захисні зони (СЗЗ) відповідно до вимог ДСП 173-96 створюються навколо об'єктів, які є джерелами виділення шкідливих речовин, запахів, підвищених рівнів шуму, вібрації, ультразвукових і електромагнітних хвиль, електронних полів, іонізуючих випромінювань тощо, з метою відокремлення таких об'єктів від територій житлової забудови. У межах СЗЗ забороняється будівництво житлових об'єктів, об'єктів соціальної інфраструктури та інших об'єктів, пов'язаних з постійним перебуванням людей. Правовий режим земель СЗЗ визначається законодавством України.

Санітарно-захисні зони - території з обмеженим режимом використання, де забороняється будівництво житлових об'єктів, об'єктів соціальної інфраструктури та інших об'єктів, пов'язаних з постійним перебуванням людей, що встановлюються навколо шкідливих об'єктів з метою захисту населення та територій від їх впливу.

Положення про зони санітарної охорони передбачені, зокрема, у ст. 24 Закону України «Про охорону атмосферного повітря».

Розмір та особливості правового режиму СЗЗ визначаються окремо в кожному випадку в залежності від виду об'єкта, навколо якого передбачається виділення такої зони, виду та інтенсивності його діяльності тощо.

Основою для встановлення СЗЗ є санітарна класифікація підприємств, виробництв та об'єктів, що наведена у додатку № 4 до Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів (наказ МОЗ України № 173 від 19.06.96).

Відповідно з санітарною класифікацією підприємств, виробництв і об'єктів підприємства за шкідливістю поділяються на 5 класів, відповідно до яких встановлюються СЗЗ від 50 до 3000 м:

Клас підприємства	I А	I Б	II	III	IV	V
Розмір, м	3000	1000	500	300	100	50

Розміри та режим санітарно-захисних зон визначаються також нормативними документами у галузі будівництва: ДБН Б.2.4-1-94 «Планування і забудова сільських поселень», ДБН 360-92 «Планування і забудова міських і сільських поселень», ДБН Б.2.4-3-95 «Планування і забудова сільських поселень. Генеральні плани сільськогосподарських підприємств», ДБН Б.2.4-4-97 «Планування і забудова сільських поселень. Планування та забудова малих сільськогосподарських підприємств та селянських (фермерських) господарств».

Межі санітарно-захисної зони встановлюються від джерел хімічного, біологічного і /або фізичного впливу, або від межі промислового майданчика до її зовнішньої межі в заданому напрямі. Межа санітарно-захисної зони підприємства на графічних матеріалах за межами промислового майданчика позначається спеціальними інформаційними знаками. Розміри і межі санітарно-захисної зони підприємства визначаються в проекті СЗЗ.

Санітарний розрив - відстань від джерел хімічного, біологічного і фізичного впливу (забруднення), що зменшує ці впливи до значень гігієнічних нормативів і величин прийняттого ризику для здоров'я населення.

Джерела впливу (забруднення) на середовище існування і здоров'я людини (забруднення атмосферного повітря і несприятлива дія фізичних чинників) – об'єкти, для яких рівні створюваного забруднення за межами промислового майданчика перевищують 0,1 ГДК (ОБРВ) і ПДР.

Нормативний розмір санітарно-захисної зони - розмір СЗЗ, встановлений для промислових об'єктів, виробництв і споруд, що є джерелами впливу на середовище існування і здоров'я людини, відповідно до санітарної класифікації підприємств, споруд та інших об'єктів.

Розмір санітарно-захисної зони L визначається за формулою:

$$L = L_0 \cdot \frac{P}{P_0}, \quad (1.1)$$

L_0 - розмір санітарно-захисної зони підприємства відповідно ДСанПіН 2.2.1. СанПіН 2.2.1/2.1.1.567-96 і ДСП 173-96 «ДСП 173-96. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів».

P – середньорічна повторюваність напрямків вітрів румба, %;

P_0 – повторюваність напрямків вітру одного румба при круговій розі вітрів (при восьмирумбовій розі вітрів $P_0 = 100/8 = 12,5$ %).

Розміри СЗЗ для промислових підприємств та інших об'єктів, що є джерелами забруднення, слід встановлювати відповідно до діючих санітарних норм їх розміщення за „Методикой расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий” ОНД-86, розрахунками рівнів шуму та електромагнітних випромінювань з урахуванням реальної санітарної ситуації (фонового забруднення, особливостей рельєфу, метеоумов, рози вітрів тощо), а також даних лабораторних досліджень щодо аналогічних діючих підприємств та об'єктів.

При наявності несприятливих аерологічних умов (часті штилі, тумани) для розсіювання виробничих викидів в атмосфері при відсутності ефективних способів їх очищення та ряду інших факторів *розміри СЗЗ можуть бути збільшені, але не більше як в 3 рази*, при відповідних техніко-економічних і гігієнічних обґрунтуваннях.

Розміри СЗЗ можуть бути зменшені, коли в результаті розрахунків та лабораторних досліджень, проведених для району розташування підприємства або іншого виробничого об'єкта, буде встановлено, що на межі житлової забудови та прирівняних до неї об'єктів концентрації шкідливих речовин у атмосферному

повітрі, рівні шуму, вібрації, ультразвуку, електромагнітних та іонізуючих випромінювань, статичної електрики не перевищуватимуть гігієнічні нормативи.

Практична частина

1. Встановити клас нафтогазового підприємства за шкідливістю.
2. Визначити розмір СЗЗ нафтогазового підприємства за класом шкідливості.
3. Розрахувати розмір СЗЗ нафтогазового підприємств з уточненням рози вітрів.
4. Результати розрахунків занести у таблицю

Сторони рози вітрів	Пн	ПнСх	Сх	ПнЗх	Пд	ПдСх	Зх	ПдЗх
Середньорічна роза вітрів, Р %								
Результати розрахунку								

5. Зробити висновок.

Контрольні питання для самоперевірки

1. Дайте визначення санітарно-захисної зони?
2. Як встановлюється нормативний розмір санітарно-захисної зони?
3. При яких умовах розміри СЗЗ можуть бути зменшені?
4. Що називається санітарним розривом?
5. Назвіть умови встановлення меж санітарно-захисної зони?

Практична робота 2

Розрахунок ефекту сумачії при нормуванні забруднень навколишнього середовища

Мета: засвоїти методики розрахунку концентрації забруднюючих речовин у повітряному середовищі при їх комбінованій дії по типу сумачії.

1 Основні теоретичні положення

За ступенем дії на організм людини шкідливі речовини поділяються на 4 класи:

- 1-й клас – речовини надзвичайно шкідливі;
- 2-й клас – речовини високо шкідливі;
- 3-й клас – речовини помірно шкідливі;
- 4-й клас – речовини мало шкідливі.

У сучасних умовах розвитку суспільства створюються умови надходження в навколишнє середовище і організм людини одночасно декількох речовин. У зв'язку з цим з'явилося таке поняття як комбінована дія хімічних речовин. Існують три основних типи комбінованої дії хімічних речовин:

- синергізм, коли одна речовина посилює дію іншої;
- антагонізм, коли одна речовина послаблює дію іншої;
- сумачія, або адитивна дія, коли дія речовин в комбінації сумується.

Що шкідливіша речовина, то складніше здійснити захист середовища і то нижчий його ГДК.

Накопичені токсикологічними дослідженнями дані свідчать про те, що в більшості випадків промислові викиди і скиди шкідливих речовин в комбінації діють за типом сумачії, тобто дія їх додається. Це важливо враховувати при оцінці якості повітряного та водного середовища.

У випадку присутності в атмосферному повітрі або у водному середовищі декількох забруднюючих речовин, які мають здатність до сумарної дії їх сумарно допустима концентрація повинна відповідати умові:

$$\frac{C_1}{ГДК_1} + \frac{C_2}{ГДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ГДК_n} \leq 1,$$

де: $C_1, C_2, \dots, C_n$ - фактичні концентрації речовин при одночасному відборі проб в одній місцевості (мг/м³ або мг/дм³), $ГДК_1, ГДК_2, \dots, ГДК_n$ - гранично допустимі концентрації цих речовин (мг/м³ або мг/дм³).

Для кожної речовини в повітрі встановлюються два нормативи концентрації: **максимальна разова і середньодобова.**

Максимально разова концентрація - це найвище значення забруднюючих речовин у повітрі, отримане завдяки аналізу багаторазово відібраних проб. Поняття $ГДК_{мр}$ використовується при встановленні науково-технічних нормативів гранично допустимих викидів забруднюючих речовин. Максимальна разова ГДК встановлюється для відвернення рефлекторних реакцій у людини через подразнення органів дихання за короткочасного впливу (до 20 хв.) атмосферних забруднень. Оскільки концентрація забруднень в атмосферному повітрі не є постійною в часі та змінюється залежно від метеорологічних умов, рельєфу місцевості, характеру викиду,

разові проби повітря слід відбирати кілька разів на добу впродовж 20-30 хв. В результаті розсіювання шкідливих домішок у повітрі на межі санітарно-захисної зони підприємства концентрація шкідливої речовини в будь-який момент часу не повинна перевищувати ГДК_{мр}.

Середньодобова концентрація - це середньоарифметичне значення разових концентрацій у пробах атмосферного повітря впродовж 24 годин безперервно або з рівними інтервалами між відборами.

Середньодобова ГДК (ГДК_{сд}) встановлюється для запобігання негативного впливу на людський організм протягом цілодобового використання повітря. ГДК_{сд} розрахована на всі групи населення і на невизначено довготривалий період впливу, а отже, як наслідок, є найжорсткішим санітарно-гігієнічним нормативом, який встановлює концентрацію шкідливої речовини у повітряному середовищі. Саме величина ГДК_{сд} може служити за "еталон" для оцінки стану повітряного середовища в селітебній зоні.

ГДК деяких найбільш поширених шкідливих речовин в атмосферному повітрі населених пунктів наведено в таблиці 1. Як видно, нижня межа токсичності шкідливих речовин, тобто їх ГДК, дуже відрізняються.

Таблиця 1 - ГДК деяких шкідливих речовин у повітрі населених пунктів, мг/м³

Речовина	ГДК _{сд}	ГДК _{мр}
Тверді речовини (пил)	0,15	0,2
Двоокис сірки	0,05	0,5
Двоокис азоту	0,04	0,085
Окис азоту	0,06	0,4
Окис вуглецю	3,0	5.0
Аміак	0,04	0,2
Хлористий водень	0,2	0.2
Свинець	0,0003	0,03
Сірководень	0,005	0,03
Бенз(а)пірен	0.000001	-
Фенол	0,003	0,01
Формальдегід	0,003	0,035

Приклади виконання розрахунків

Задача. Визначити допустиму концентрацію оксиду вуглецю у повітрі житлової зони за умов сумарної дії його з оксидом сірки та сірководнем, зробити відповідні

ВИСНОВКИ.

Дані для розрахунків: концентрація оксиду сірки в повітрі житлової зони становить 0.015 мг/м^3 , концентрація сірководню -0.002 мг/м^3 .

ГДК_{сд} для SO₂, H₂S та CO наведені в табл. 1.

Розв'язок: На підставі вище наведеної формули допустима концентрація оксиду вуглецю в атмосферному повітрі набуде наступного вигляду:

$$C_{CO} = \left[1 - \left(\frac{C_{SO_2}}{ГДК_{сд_{SO_2}}} + \frac{C_{H_2S}}{ГДК_{сд_{H_2S}}} \right) \right] * ГДК_{сд_{CO}},$$

Визначаємо допустиму концентрацію оксиду вуглецю у повітрі житлової зони :

$$C_{CO} = \left[1 - \frac{0,015}{0,05} + \frac{0,002}{0,05} \right] * 3 = 0,9 \text{ мг/м}^3$$

Висновок. З проведених розрахунків видно, що з врахуванням сумарної дії декількох шкідливих компонентів повітря, концентрація оксиду вуглецю не повинна перевищувати $0,9 \text{ мг/м}^3$, що значно нижче за його ГДК_{сд}.

Практична частина

Визначити допустиму концентрацію оксиду вуглецю у повітрі житлової зони за умов сумарної дії його з шкідливими речовинами.

Контрольні питання для самоперевірки

1. З якою метою розраховується ефект сумачії при нормуванні забруднень навколишнього середовища?
2. Якщо було визначено, що сумарна допустима концентрація забруднюючих речовин становить "1", то що це означає?
3. Чому для кожної речовини встановлюється максимально разова і середньодобова концентрація забруднюючих речовин?
4. Чому проби повітря необхідно відбирати декілька раз на добу при визначенні середньотижневої концентрації речовин?
5. З якою метою визначається максимально разова і середньодобова концентрація забруднюючих речовин?
6. Що таке ефект сумачії?
7. Де використовують значення ГДК забруднюючих речовин?

Практична робота 3 (комплексна)

Методика оцінювання якості води

Мета: засвоїти практичне використання методів оцінювання якості води.

Основні теоретичні положення

1. Метод інтегрального оцінювання якості води

У гідрохімічній практиці використовують метод інтегрального оцінювання якості води за сукупністю забруднюючих речовин у ній та частотою їх виявлення.

У цьому методі для кожного інгредієнта на підставі фактичних концентрацій (C_i) розраховують бали кратності (K_i) перевищення гранично – допустимої концентрації забруднюючих речовин для водойм рибогосподарського призначення $ГДК_{БР}$ та повторюваність випадків перевищення $ГДК_i$ $\parallel$ $H_{ГДК_i}$ $\parallel$, а також оцінний бал B_i

$$K_i = \frac{C_i}{ГДК_i}; \quad H_i = \frac{H_{ГДК}}{N_i}; \quad B_i = K_i H_i;$$

де K_i , H_i , B_i – лімітуючі показники забрудненості (ЛПЗ).

Комбінаторний індекс забрудненості розраховують як суму загальних оцінних концентрацій у воді i -го інгредієнта (C_i);

$ГДК_i$ – гранично допустима концентрація i -го інгредієнта для водойм рибогосподарського призначення;

$H_{ГДК}$ – кількість випадків перевищення $ГДК$ за i -м інгредієнтом;

N_i – загальна кількість вимірювань i -го інгредієнта.

Інгредієнти, для яких величина загального оцінного бала більша або дорівнює одиниці, виокремлюються як ЛПЗ. Комбінаторний індекс забрудненості води визначають за формулою

$$I_k = \sum_{i=1}^n B_i$$

За величиною комбінаторного індексу забрудненості встановлюють клас забрудненості води.

1.2. Метод оцінювання сумарного ефекту якості води

Точно оцінити комплексну дію шкідливих речовин у воді водойм не можливо, тому застосовують метод оцінювання сумарного ефекту впливу на санітарний стан водойми кількох шкідливих речовин за умовою:

$$\frac{C_1}{ГДК_1} + \frac{C_2}{ГДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ГДК_n} \leq 1$$

де C_1, C_2, C_3 – концентрація шкідливих речовин у воді водойм, мг/дм³;

$ГДК_1, ГДК_2, ГДК_n$ – гранично допустимі концентрації, мг/дм³.

Якість води та порівняння сучасного стану водного об'єкта зі встановленими в минулі роки характеристиками оцінюють, використовуючи індекс забрудненості води (ІЗВ) за гідрохімічними показниками. Цей індекс є формальною характеристикою і розраховується усередненням як мінімум п'яти індивідуальних

показників якості води водного об'єкта. Обов'язковими для врахування є: концентрація розчиненого у воді кисню, показник кислотності рН, величина біологічного споживання кисню (БСК).

1.3. Комплексне оцінювання рівня забрудненості води за заданою лімітуючою ознакою шкідливості

Для визначення ступеня забрудненості води використовують чотири критерії шкідливості, за кожним з яких сформовано певну групу речовин і специфічних показників якості води:

критерій санітарного режиму (W_c) враховує розчинений кисень, БСК₅, ХСК і специфічні забруднення, що нормуються за впливом на санітарний режим;

— критерій органолептичних властивостей (W_f) враховує запах, завислі речовини, ХСК і специфічні забруднення, що нормуються за органолептичною ознакою шкідливості;

— епідеміологічний критерій (W_e) враховує небезпеку мікробного забруднення;

— критерій небезпеки санітарно-токсикологічного забруднення (W_{st}) враховує ХСК і специфічні забруднення, що нормуються за санітарно-токсикологічною ознакою.

Одній ті самі показники можуть входити водночас до кількох груп шкідливості. Комплексну оцінку вираховують окремо для кожної лімітуючої ознаки шкідливості (ЛОШ) за формулами

$$W = 1 + \frac{\sum_{i=1}^n (\delta_i - 1)}{n}, \quad \delta_i = \frac{C_i}{N_i}$$

де W – комплексна оцінка рівня забруднення води за даною ЛОШ; n – кількість показників, що використовуються для розрахунків; N_i – нормативне значення одиничного показника (найчастіше $N_i = ГДК_i$); ρ – кратність перевищення фактичної концентрації i -го інгредієнта у воді (C_i) до нормативного значення одиничного показника.

Якщо $\rho < 1$, тобто концентрація менше нормативної, то приймається $\rho_i = 1$. За відповідними формулами розраховують вміст розчиненого кисню і завислих речовин. Розчинений кисень нормується за нижнім рівнем значення, тобто його вміст має бути меншим за 4 мг/дм³, тому при < 4 мг/дм³ для нього прийнято:

$$\delta_i = 1 + \frac{(N_i + C_i)}{N_i}$$

Оскільки самі по собі розраховані показники ні про що не говорять, до формул пропонується традиційна класифікаційна таблиця діапазонів значень комплексних оцінок W (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Ступінь забруднення водою залежно від значень комплексних показників W

Рівень забруднення	Критерій забруднення за величинами комплексних оцінок			
	Органолептичний (W_{ϕ})	Санітарний режим (W_c)	Санітарно-токсикологічний ($W_{ст}$)	Епідеміологічний (W_e)
Допустимий	1	1	1	1
Помірний	1,0-1,5	1,0-3,0	1,0-3,0	1,0 - 10,0
Високий	1,5-2,0	3,0 - 6,0	3,0-10,0	10,0 - 100,0
Найвищий	>2,0	>6,0	> 10,0	> 100,0

Приклад. Визначити ступінь забруднення води за санітарно-токсикологічним показником. Вихідні дані для розрахунку критерію, що враховує небезпеку санітарно-токсикологічного забруднення, наведено у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Вихідні дані для розрахунку критерію, що враховує небезпеку санітарно-токсикологічного забруднення

Елемент	Санітарно-токсикологічне забруднення, мг/дм ³	
	Норматив (N_i) не більше	Фактичні дані (C_i)
Алюміній залишковий	0,5	0,1
Берилій	0,0002	0,0005
Молібден	0,25	0,11
Миш'як	0,05	0,1
Нітрати	45	50
Поліакриланід залишковий	2	2,4
Свинець	0,03	0,04
Селен	0,001	0,01
Стронцій	7	2
Фтор	1,5	100

$$\begin{aligned}
 W &= 1 + \frac{\sum_{i=1}^n (\delta_i - 1)}{n} = 1 + \\
 &+ \frac{(2,5 - 1) + (2 - 1) + (1,1 - 1) + (1,2 - 1) + (1,3 - 1) + (10 - 1) + (66,6 - 1)}{7} = 8,77; \\
 \delta_i &= \frac{c_i}{N_i}; \delta_1 = \frac{0,1}{0,5} = 0,2; \delta_2 = \frac{0,0005}{0,0002} = 2,5; \delta_3 = \frac{0,11}{0,25} = 0,44; \delta_4 = \frac{0,1}{0,05}; \\
 \delta_5 &= \frac{50}{45} = 1,1; \delta_6 = \frac{2,4}{2} = 1,2; \delta_7 = \frac{0,04}{0,03} = 1,3; \delta_8 = \frac{0,01}{0,001} = 10; \delta_9 = \frac{2}{7} = 0,3; \\
 \delta_{10} &= \frac{100}{1,5} = 66,6.
 \end{aligned}$$

Розв'язання. Ступінь забруднення води за санітарно-токсикологічним показником визначається за формулами:

Висновок. Ступінь забрудненості є занадто високим і потребує спеціальних заходів очищення

1.4. Оцінювання стану водних об'єктів за гідрохімічними показниками

При визначенні вмісту шкідливих речовин у воді господарсько-питного, культурно-побутового, рибогосподарського водокористування необхідно враховувати клас небезпеки нормованих речовин. Крім класу небезпеки речовин необхідно враховувати також і лімітувальний показник шкідливості (ЛПШ).

Числові значення ГДК, клас небезпеки речовини і група шкідливості (ЛПШ) для різних елементів для водойм відповідного призначення містяться в різного роду довідниках з якості води. Основне розрахункове рівняння має вигляд:

$$\sum \frac{C_i}{ГДК_i} \leq 1$$

де C_i – концентрація i -ї забруднюючої речовини з даної групи шкідливості; ГДК – гранично допустима концентрація даної речовини для певного типу використання водойми.

Якщо умова виконується, то якість води задовольняє вимоги водойми відповідного призначення. Визначивши значення $C_i/ГДК$ для різних речовин, можна визначити елемент, що вносить найбільший вклад у ситуацію, що складається, а, отже, і приймати відповідні природоохоронні заходи.

Серед показників, що використовують тільки гідрохімічні спостереження, найбільш простим і досить репрезентативним є індекс забруднення вод (ІЗВ), що обчислюють за шести інгредієнтами: киснем, органічними речовинами, обумовленими за біохімічним споживанням кисню за 5 діб (БСК₅) і речовинами з найбільшим перевищенням ГДК:

$$ІЗВ = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 \frac{C_i}{ГДК_i}$$

де C_i і $ГДК$ – концентрація і гранично припустима концентрація кожного з 6 інгредієнтів.

Також застосовується і інтегральний “показник хімічного забруднення” (ПХЗ-10), що дорівнює сумі відношень концентрацій 10 основних токсичних забруднюючих речовин до відповідних ГДК. Цей показник обчислюється окремо для забруднюючих речовин 1-2 класів і 3-4 класів небезпеки.

Для класифікації забруднення вод за повторюваністю показників забруднюючих інгредієнтів, виділяють 5 ситуацій:

1. П1 – характеризується повторюваністю вмісту у воді забруднюючих інгредієнтів вище 1ГДК, але менше 10ГДК.

2. П10 – повторюваність вмісту у воді забруднюючих інгредієнтів вище 10ГДК.

3. П30 – вище 30ГДК.

4. П50 – вище 50ГДК.

5. П100 – вище 100ГДК.

Відповідно до цієї класифікації виділяється 5 проблемних екологічних ситуацій чи ситуацій екологічної напруги:

1. П1 – екологічний стан норма;
2. П10 – ризик;
3. П30 – криза;
4. П50 – екологічне лихо;
5. П100 – екологічна катастрофа.

1.5. Оцінювання стану водних об'єктів за гідробіологічними показниками

Біологічний метод контролю якості вод (метод біоіндикації) оснований на якісному і кількісному вивченні населення водойми: планктону, бенто- су, іхтіофауни, макрофітів, перифітона.

Оцінювання якості чи води ступінь її забруднення за біологічними показниками здійснюється в такий спосіб:

— по організмах-індикаторах, характерним для ділянок водойм із різ- ним ступенем забруднення;

— за результатами порівняння видової розмаїтості, чисельності і біо- маси населення забруднених і чистих ділянок водойм.

В залежності від ступеня забруднення вод на різних ділянках водойми формуються специфічні співтовариства, населені організмами, що можуть існувати у певних границях толерантності екологічних факторів. Такі ор- ганізми називаються індикаторними.

Система індикаторних організмів має 4 зони забруднення і складений список виглядів-індикаторів сапробності вод.

Сапробність (від греч. *sargos* – гнилий) – комплекс фізіологічних влас- тивостей організму, що обумовлюють його здатність розвиватися у воді з тим чи іншим змістом органічної речовини, чи тим, чи іншим ступенем забруднення.

Виділяють такі зони: 1 – олігосапробна, 2 – β -мезосапробна, 3 – α - мезосапробна, 4 -полісапробна.

Полісапробна зона характеризується великим вмістом нестійких орга- нічних сполук і наявністю продуктів їх анаеробного розпаду, тобто метану і сірководню; кисень відсутній. Тут протікають в основному відбудовні процеси, що має чорне забарвлення із запахом сірководню. У цій зоні в масі розвиваються організми з гетеротрофним типом живлення. З бактерій масовий розвиток одержують сіркобактерії *Beggiatoa*. Присутні водорості *Sphoerotilus natans*. Із синьо-зелених водоростей проходить масовий розвиток *Anabaena*, *Constricta*, *Osci Uatoria Couterborni*. Із співтовариств зообентосу характерний масовий розвиток *Oligochaeta*, *Limnodrilus hoffineisteri*, *Tubifex tubifex* (трубочник). З класу комах – ряд двокрилих *Chironomus plumosus* (мотиль), *Chironomusthummi*.

β -мезосапробна зона характеризується великим вмістом синьо-зелених водоростей – *Oscillatoria splendida*, діатомових водоростей – під *Nischia sp.*, зелених водоростей – *Chlamidomonas ehrenbergi*, *Closterium sp*, *Cosmorium*, *Enteromorpha intestinalis*. Присутні інфузорії – *Ciliata*, найпростіші – *Protozoa*: *Vorticella convallaria*, *Corchesium polypinum*, *Stylonichia mytilus*, коловертки – *Rotatoria*, *Brachionus rubens*, *Rotatoria rotatoria*. Поширені двостулкові молюски –

Bivalvia, Spharium corneum, Spharium revicula, брюхоногі молюски – Gastropoda, Physa fontinalis.

α-мезосапробна зона характеризується розвитком синьо-зелених водоростей – Anabena Flos-aqual та інших видів, діатомових водоростей: Melosira, Synedra acus, Gomphonema, пірофітових водоростей – Ceratium hirudinella, зелених водоростей – Spirogira crassa, Eudorina elegans, Cladophora glomerata.

Олігосапробна зона характеризується високою прозорістю водойми. Найчастіше піщане дно. Високий вміст кисню у воді. У біоті переважають стенобіотні види (мають вузький діапазон толерантності).

Система сапробності була розроблена для індикації забруднення прісних вод переважно господарсько-побутовими стоками. В перелік біоіндикаторів забруднення водних середовищ входить понад 2500 видів.

За допомогою методу Пантле-Букка можна оцінити якість води за різними екологічними групами: фіто- і зоопланктоном, зообентосом та ін. (табл. 3.3). При розрахунку індексу сапробності враховується не тільки сапробність організму-індикатора, але і його чисельність у даному співтоваристві.

Таблиця 3.3 – Шкала оцінювання якості вод за індексом сапробності Пантле-Букка

Клас якості води	Ступінь забрудненості води	Індекс сапробності за індексом Пантле-Букка	Сапробність водойм (в модифікації Сладчека)
I	Дуже чиста	<1	ксеносапробні
II	Чиста	1,0-1,5	олігосапробні
III	Помірно забруднена	1,51-2,5	β-мезосапробні
IV	забруднена	2,51-3,5	α-мезосапробні
V	брудна	3,51-4,0	полісапробні
VI	Дуже брудна	>4,0	гіперсапробні

Одним з основних недоліків сапробіологічного аналізу є те, що система індикаторних видів розроблена для середньоевропейської флори і фауни, що обмежує її застосування в незмінному вигляді в інших регіонах.

1.6 Визначення рівнів токсичного забруднення

Гідробіонти у водних екосистемах і самі екосистеми класифікуються з погляду їх реакції на токсичний вплив за шкалою таксобності (токсичності): оліготаксобні (оліготоксичні); β-мезотаксобні (β-мезотоксичні); α-мезотаксобні (α-мезотоксичні); політаксобні (політоксичні); гіпертаксобні (гіпертоксичні).

Крім вивчення видового складу і виділення індикаторних організмів для визначення рівня токсичного забруднення водних об'єктів використовуються й інші показники, і гідробіологічні, і гідрохімічні. Зокрема використовуються коефіцієнти нагромадження токсикантів у гідробіонтах:

$$K_n = C_6 / C_b,$$

де K_n – коефіцієнт нагромадження;

C_b і C_v – відповідно вміст токсиканта в одиниці маси гідробіонта і воді (для мешканців водяної товщі) чи:

$$K_n = C_b / C_v,$$

де C_d - вміст токсиканта в донних відкладеннях (для бентосних форм). Крім методів біоіндикації (тобто визначення якості води за організмами-індикаторами, їх чисельністю, біомасою і т. д.), існує також метод біотестування, що часто застосовується для визначення рівня токсичного забруднення води.

Вибір показників, використовуваних при біотестуванні, залежить від задач дослідження, чутливості біологічного тест-об'єкта до забруднення, відтворюваності відхилень від норми, приступності для візуальних чи автоматизованих приладових спостережень. Як такі показники можуть використовуватися енергетичний обмін, фотосинтез (у рослин), генетичні зміни (для організмів з коротким життєвим циклом: бактерій, найпростіших), інгібування ацетилхолінестерази тканин і органів риб і безхребетних, поведінкові реакції, порушення інтенсивності діяльності, зміна умовно-рефлекторної діяльності й ін. В основі вибору вимірюваних параметрів повинна лежати адекватність їхніх змін патологічним зрушенням на організменому чи екосистемному рівні. Оскільки при біотестуванні не ставиться мета дати вичерпну оцінку токсичного впливу речовини, то при виборі перевага віддається показникам, що мають загальнобіологічну функціональну чи інтегральну значимість.

При біотестуванні часто використовують поведінкові тести. Зміна в поведінці при дії токсичних речовин часто стає причиною загибелі тварин чи зниження їхніх репродуктивних функцій. Найбільш надійний показник це порушення інстинктів діяльності для досягнення важливих біологічних цілей (живлення, захист, розмноження).

Основні напрямки в області біотестування розвиваються на основі двох концепцій.

У першому випадку найбільш значимі результати досягаються при використанні стандартних і нетрудомістких тестів.

Токсичність сублетальних концентрацій біологічно небезпечних речовин визначається на основі комплексу ранніх реакцій. Використання системи біотестів оснований на знанні тривалості і меж відхилення показників від вихідного рівня, що залежить від властивостей і концентрації речовини, екологічної валентності виду й ін. Як тест-об'єкти можуть виступати різні групи організмів - від бактерій, водоростей і найпростіших до різних видів риб (приклад біотестування на дафніях наводиться в таблиці 3.4).

Таблиця 3.4. Встановлення рівня токсичного забруднення водних мас за даними біотестування на дафніях

Показник біотестування	Рівень токсичного забруднення
Загибель (миттєва або протягом 1-2 годин) тест-культури дафній	гіпертаксобний
Загибель понад 50% протягом 24 годин або не менше 50% протягом 48 годин	політаксобний

Показник біотестування	Рівень токсичного забруднення
Поведінкові реакції (обертання навколо своєї осі, порушення координації рухів)	α -мезотаксобний
Загибель менше 50% протягом 48-96 годин, слабо виражені поведінкові реакції	β -мезотаксобний
Смертність не більше 10%, порушення репродуктивного циклу, ембріонального розвитку та інших функцій при хронічних дослідях	оліготаксобний

Таким чином, можна з упевненістю сказати, що незважаючи на широке застосування фізичних і хімічних методів дослідження, біологічний контроль є дуже ефективним методом визначення якості води (як у природних водоймах, так і на різних очисних спорудах).

1.7. Класифікація якості поверхневих вод за мікробіологічними показниками

Оцінювання якості поверхневих вод за мікробіологічними показниками також можна віднести до методів біоіндикації. Висока чутливість мікробіологічних показників до наявності у воді забруднень дозволяє широко використовувати їх при контролі як природних вод, так і якості очищення стічної води.

Мікробіологічні показники є обов'язковими при веденні моніторингу якості поверхневих вод. Критерієм чистоти вод служить як загальна кількість бактерій, так і кількість бактерій-сапрофітів і співвідношення чисельності всіх бактерій до сапрофітного (присутність у воді великої кількості сапрофітів указує на надходження у водойму органічних речовин).

При санітарно-мікробіологічних дослідженнях виробляється визначення вихідного числа бактерій, колі-титру, колі-індексу, виявлення патогенних мікроорганізмів. Кишкова паличка (*Bact. coli*) – мікроорганізм, що постійно живе в кишечнику людини і тварин і сам по собі нешкідливий. Однак кишкова паличка і родинні їй мікроорганізми (*Bact. paracoli*, *Bact. cloacae* і ін.) свідчать про забруднення води фекальними масами і різними покидьками і є загальновизнаним показником забруднення водойми. Для характеристики якості води визначають колі-індекс, тобто кількість колі-бактерій у 1000 мол води, і колі-титр, тобто кількість води, у якому міститься 1 бактерія. Відповідно до норм колі-індекс повинен бути не більше трьох, а колі-титр не менше 333 мол. Класифікація якості вод суші за мікробіологічними показниками подана в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Класифікація якості вод суші за мікробіологічними показниками

Клас вод	Ступінь забрудненості вод	Загальна кількість бактерій, млн. клітин/мл	Сапрофітні бактерії, 1000 клітин/мл	Відношення загальної кількості бактерій до кількості сапрофітних бактерій
1	Дуже чисті	до 0,5	до 0,1	10^3
2	Чисті	0,6-1,0	0,6-5,0	10^3
3	Помірно забруднені	1-3	5-10	10^2 - 10^3

Клас вод	Ступінь забрудненості вод	Загальна кількість бактерій, млн. клітин/мл	Сапрофітні бактерії, 1000 клітин/мл	Відношення загальної кількості бактерій до кількості сапрофітних бактерій
4	Забруднені	3,1-5	10,1-50	10^2
5	Брудні	5,1-10	50,1-100	10^2
6	Дуже брудні	більше 10	більше 100	10^2

Практична частина

Провести комплексне оцінювання якості води відповідно виданому завданню

Контрольні питання для самоперевірки

1. Чому існує стільки методів для оцінювання якості води?
2. Яка різниця між ефектом сумації для визначення рівня забруднення атмосферного повітря та оцінки якості води?
3. Чи завжди необхідно використовувати усі критерії при визначенні ступеня забруднення водойм? Обґрунтуйте відповідь.
4. Яку роль відіграють мікробіологічні показники при оцінюванні ступеня забруднення води?
5. З якою метою використовується система сапробності?

Практична робота № 4

Вимірювання електромагнітного поля у населеному пункті

Мета: отримати практичні навички визначення електромагнітного поля.

1. Основні теоретичні відомості

Лінії електропередач у місті призначенні для забезпечення електроенергією усіх житлових будинків та підприємств.

Джерела електромагнітного випромінювання у населених пунктах

У населених пунктах, відповідно до Державних санітарних норм і правил захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань, існують наступні джерела електромагнітного випромінювання:

- повітряні лінії електропередач середньої та низької напруги;
- електричні підстанції (трансформаторні підстанції, обліково-розподільні шафи, випрямлячі та інші пристрої та споруди);
- системи ретрансляції для мобільної телефонії;
- радіо-, телевізійні і радіолокаційні станції різного призначення, що працюють в смузі радіочастот.

Більшість населення проживає поблизу повітряної або кабельної електролінії низького або середньої напруги, трансформаторних підстанцій або обліково-розподільні шафи.

Захисні смуги і траси.

Для безпечної передачі електроенергії облаштовують захисні смуги і траси. Ширина чистки захисних смуг і трас, на яких ведуться роботи по утриманню електролінії залежить від напруги лінії і місця її розташування. По ширині траси електролінії спилують дерева або гілки дерев, які знаходяться на захисній смузі електролінії, а також кущі. Траси електроліній завжди мають бути очищені від дерев і кущів.

У населених пунктах ширина смуги від лінії електропередач має бути по 2,5 м в обидві сторони і 6,5 м до дороги.

Для забезпечення безпечної передачі електроенергії на захисних смугах і трасах ліній електропередачі існують наступні обмеження:

- заборонено вирощувати дерева та кущі по всій ширині захисної смуги;
- заборонено їздити на машинах, висота якої від поверхні дороги перевищує 4,5 метра;
- заборонено завантажувати під'їзні дороги і доступ до об'єктів електричних мереж;
- заборонено будувати, проводити капітальний ремонт, реконструювати або зносити будь-які будівлі та споруди без дозволу власника відповідних комунікацій;
- заборонено влаштовувати спортивні та ігрові майданчики, стадіони, ринки, зупинки громадського транспорту, стоянки автомобілів і механізмів, а також організувати будь-які заходи, пов'язані зі збором людей.

Усі електромережа підлягає регулярному технічному обслуговуванню:

- обслуговуванні та ремонті електроустановок,
- регулювання і заміна проводів;
- ремонт розподільчих пристроїв та заміна їх внутрішніх елементів;

- ремонт кабелів або заміна ділянок кабелю;
- очищення доріг і захисних смуг електроліній.

З метою запобігання негативного впливу на оточуюче середовище для електромагнітного поля встановлені гранично допустимі рівні (ГДР) напруженості поля. Із збільшенням напруженості електромагнітного поля зростає ступінь його небезпеки для природних об'єктів та здоров'я людини. Напруженість електромагнітного поля визначається на висоті 1,8 м від рівня землі.

Гранично допустимі рівні напруженості електричного поля: на території зони житлової забудови - 1 кВ/м; у населеній місцевості, поза зоною житлової забудови - 5 кВ/м; на ділянках перетину повітряної лінії електропередач з автомобільними шляхами I - IV категорій - 10 кВ/м; у ненаселеній місцевості (незабудована територія, яку відвідують люди, доступна для транспорту, та сільськогосподарські угіддя) - 15 кВ/м.

Тому для захисту населення від негативного впливу електромагнітного поля встановлюють санітарно-захисну зону (СЗЗ), на якій напруженість поля перевищує 1 кВ/м. СЗЗ для повітряної лінії електропередач встановлюється у вигляді земельної ділянки, межі якої регламентуються по обидві сторони від неї на певній відстані від проєкції крайніх фазних проводів на землю, в перпендикулярному до повітряної лінії електропередач напрямку [1]:

- 20 м для повітряної лінії електропередач напругою 300 кВ;
- 30 м для повітряної лінії електропередач напругою 500 кВ;
- 40 м для повітряної лінії електропередач напругою 750 кВ;
- 55 м для повітряної лінії електропередач напругою 1150 кВ.

У межах санітарно-захисної зони забороняється розташовувати:

- житлові та громадські будівлі;
- зупинки громадського транспорту;
- майданчики для стоянки автотранспорту;
- підприємства, на яких використовуються пожежонебезпечні речовини;
- підприємства з обслуговування автотранспорту;
- складські приміщення.

Нормування складових електромагнітних полів

Допустимі рівні електромагнітних полів на робочих місцях

Простір навколо джерела ЕМП умовно поділяють на ближню зону (зону індукції) та дальню зону (зону випромінювання). Для оцінки ЕМП у цих зонах використовують різні підходи. Ближня зона охоплює простір навколо джерела ЕМП, що має радіус, який приблизно дорівнює 0,17 довжини хвилі. У цій зоні електромагнітна хвиля ще не сформована, тому інтенсивність ЕМП оцінюється окремо напруженістю магнітної та електричної складової поля (у більшій мірі несприятлива дія ЕМП в цій зоні обумовлена електричною складовою). У ближній зоні, зазвичай, знаходяться робочі місця, на яких присутні джерела електромагнітних випромінювань з довжиною хвилі меншою, ніж 1 м (УВЧ, НВЧ, НЗВЧ). Інші об'єкти впливу знаходяться практично завжди у дальній зоні, у якій електромагнітна хвиля вже сформувалася. У цій зоні ЕМП оцінюється за кількістю енергії (потужністю), що переноситься хвилею у напрямку свого поширення. Для кількісної оцінки цієї енергії застосовують значення поверхневої густини потоку енергії, що визначається у $\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2}$.

Допустимі рівні напруженості ЕМП радіочастотного діапазону на робочих місцях та в місцях знаходження персоналу, в яких є джерело ЕМП, регламентується

ГОСТ 12.1.006-84. Стандарт розповсюджується на ЕМП діапазону частот 60 кГц - 300 ГГц. Електромагнітні поля цього радіочастотного діапазону слід оцінювати напруженістю електричної та магнітної складових поля, а у діапазоні частот 300 МГц - 300 ГГц поверхневою густиною потоку енергії.

Напруженість ЕМП в діапазоні частот 60 - 300 МГц на робочих місцях персоналу протягом однієї доби не повинна перевищувати встановлених гранично допустимих рівнів (ГДР) (табл. 4.1).

Гранично допустимі рівні електромагнітних полів радіочастотного діапазону для населення

Гранично допустимі рівні ЕМП (електрична складова) радіочастотного діапазону для населення наведені в таблиці 2.

Контроль інтенсивності опромінювання повинен проводитися не рідше одного разу на рік, а також при введенні в дію нових чи реконструйованих старих генераторних установок.

При інтенсивності 6 мВт/см² помічені зміни: у статевих залозах, складі крові, каламутність кришталика ока, підвищення кров'яного тиску, розриви капілярів та крововиливи у легені та печінку.

При інтенсивності до 100 мВт/см² спостерігаються: стійка гіпотонія, стійкі зміни серцево-судинної системи, двостороння катаракта.

Таблиця 4.1 – Гранично допустимі рівні ЕМП

Діапазон частот, Гц	ГДР напруженості ЕМП	
	за електричною складовою, В·м ⁻¹	за магнітною складовою, А·м ⁻¹
60кГц-3МГц	50	5
3-30МГц	20	-
30-50МГц	10	0,3
50-300МГц	5	-
300МГц-300ГГц	-	-

Практична частина

1. Визначити сітку моніторингових спостережень для території дослідження.

2. Провести вимірювання електромагнітного поля у точках моніторингових спостережень за допомогою приладів. Вимірювання проводити у точках, які розміщені на відстані 5, 10, 20, 30, 50 і 100 м від джерела електромагнітного випромінювання.

3. Результати вимірювання занести у таблицю 3.6:

Таблиця 3.6. Результати вимірювань

Точка спостереження		GPS координати		Відстань від, м		Назва показника	Один. вимірювання	Результат вимірювання
№	Характеристика	широта	довгота	Джерела	забудови			

4. Зробити висновок про поширення електромагнітного поля на території дослідження.

5. Зробити висновок про дотримання правил утримання захисних смуг і трас.

Контрольні питання

1. Які існують джерела електромагнітного випромінювання у населених пунктах?
2. Яким документом регулюються правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань?
3. З якою метою використовується гранично допустимі рівні напруженості електромагнітного поля?
4. З якою метою створюється захисні смуги і траси та які існують обмеження для них?
5. Як встановлюється СЗЗ для повітряної лінії електропередач?

Перелік рекомендованих джерел

1. Михайлюк, Ю. Д. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище : конспект лекцій для підготовки бакалаврів за спец. 101 - "Екологія" / Ю. Д. Михайлюк. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2019. – 69 с.
2. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище. Частина 1. Нормування інгредієнтного забруднення: навчальний посібник / Петрук В. Г., Васильківський І. В., Іщенко В. А., Петрук Р. В., Турчик П. М. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 253 с.
3. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище. Курсове проектування: навчальний посібник. Навчальний посібник / В. Г. Петрук, І. В. Васильківський, С.М. Кватернюк, В.А. Іщенко, П.М. Турчик. – Вінниця: ВНТУ, 2015.–112 с.
4. Максименко Н. В. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище : підручник для студентів вищих навчальних закладів / [Н. В. Максименко, О. Г. Владимірова, А. Ю. Шевченко, Е. О. Кочанов]. – 3-тє вид., доп. і перероб. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2016. – 264 с. ISBN 978-966-285-117-5
5. Некос В.Ю., Максименко Н.В., Владимірова О.Г., Шевченко А.Ю.. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище: Підручник. – Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2007. – 288с.
6. Михайлюк, Ю. Д. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище [Текст] : практикум / Ю. Д. Михайлюк. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2018. – 73 с.
7. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище : практикум / В. М. Антонюк. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2012. – 51 с.
8. Войцицький А.П., Скрипніченко С.В.: Нормування антропогенного навантаження на природне середовище: Навч. посіб. – Житомир: ЖДТУ, 2007.- 201с.
9. Городній М.М., Кохан С.С. та ін. Управління якості продукції рослинництва. Підручник. – К.: 2001.-243с.
10. Сухарев С.М., Чудак С.Ю., Сухарева О.Ю. Техноекологія та охорона навколишнього середовища. – Навч.посіб.- Львів: «Новий світ – 2000», 2004. - 256с.