

І. В. Васильківський, А. П. Полив'янчук

***Нормування антропогенного
навантаження
на навколишнє середовище.
Курсове проєктування***



Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

І. В. Васильківський, А. П. Полив'янчук

**Нормування антропогенного
навантаження
на навколишнє середовище
Курсове проєктування**

Електронний навчальний посібник

Вінниця
ВНТУ
2025

УДК 504.06

B19

Рекомендовано до видання Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 9 від 27.02.2025 р.)

Рецензенти:

В. Г. Петрук, Заслужений природоохоронець України,
доктор технічних наук, професор

В. Г. Кур'ята, доктор біологічних наук, професор

Р. В. Петрук, доктор технічних наук, професор

Д. Х. Штофель, відповідальний за моніторинг якості та удосконалення
курсowego проєктування Ради з якості освіти ВНТУ,
кандидат технічних наук, доцент

Васильківський, І. В.

B19 Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище. Курсове проєктування : навчальний посібник [Електронний ресурс] / І. В. Васильківський, А. П. Полив'янчук. – Вінниця : ВНТУ, 2025. – (PDF, 139 с.)

ISBN 978-617-8163-52-5 (PDF)

Навчальний посібник містить пояснення та вимоги до виконання та оформлення курсової роботи з дисципліни «Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище» для підготовки бакалаврів за освітніми програмами «Екологічна безпека та моніторинг довкілля» і «Комп'ютеризований екологічний моніторинг» денної та заочної форм навчання.

Мета посібника – надати здобувачам загальні рекомендації до виконання курсової роботи, вимоги до оформлення пояснювальної записки, методичні рекомендації до виконання основних еколого-технологічних розрахунків, довідковий матеріал. Навчальний посібник розроблений згідно з робочою навчальною програмою дисципліни «Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище».

Розрахований для бакалаврів спеціальності 101 – «Екологія».

УДК 504.06

ISBN 978-617-8163-52-5 (PDF)

© ВНТУ, 2025

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ.....	8
1.1 Загальні положення і методичні рекомендації.....	8
1.2 Тематика курсових робіт.....	9
1.3 Індивідуальне завдання.....	10
1.4 Обов'язки кафедри.....	10
1.5 Обов'язки деканату.....	11
1.6 Обов'язки керівника курсової роботи.....	11
1.7 Вимоги до порядку викладення матеріалу курсової роботи.....	12
1.7.1 Титульний аркуш.....	13
1.7.2 Анотація.....	13
1.7.3 Зміст.....	14
1.7.4 Вступ.....	14
1.7.5 Основна частина пояснювальної записки.....	15
1.7.6 Висновки.....	17
2 ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ.....	18
2.1 Загальні положення.....	
2.2 Вимоги до оформлення розділів та підрозділів.....	18
2.3 Правила написання тексту.....	19
2.4 Оформлення формул.....	21
2.5 Оформлення ілюстрацій.....	22
2.6 Оформлення таблиць.....	23
2.7 Оформлення списку використаних джерел.....	25
2.8 Додатки.....	25
2.9 Академічна доброчесність виконання курсової роботи.....	26
3 ЕКОЛОГО-ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ.....	28
3.1 Нормування забруднюючих речовин в атмосфері.....	28
3.1.1 Якість атмосферного повітря.....	28
3.1.2 Оцінювання стану повітряного середовища.....	29
3.1.3 Сумарна допустима концентрація забруднюючих речовин в атмосферному повітрі.....	30
3.1.4 Визначення максимального значення приземної концентрації шкідливої речовини.....	33
3.1.5 Визначення реального хімічного навантаження на людину у випадку забруднення повітряного середовища.....	38
3.2 Нормування забруднюючих речовин у водних об'єктах.....	43
3.2.1 Нормативні показники якості води.....	43
3.2.2 Нормативи якості води водойм рибогосподарського призначення.....	47
3.2.3 Методи оцінювання якості води.....	48
3.2.3.1 Метод інтегрального оцінювання якості води.....	48
3.2.3.2 Метод оцінювання сумарного ефекту якості води.....	49

3.2.3.3 Комплексне оцінювання рівня забрудненості води за заданою лімітувальною ознакою шкідливості.....	50
3.2.3.4 Екотоксикологічний критерій оцінювання ступеня забруднення води.....	53
3.2.4 Оцінення стану водних об'єктів з гідрологічних позицій.....	53
3.2.5 Оцінення стану водних об'єктів за гідрохімічними показниками.....	54
3.2.6 Оцінення стану водних об'єктів за гідробіологічними показниками.....	56
3.2.7 Визначення рівнів токсичного забруднення.....	59
3.2.8 Класифікація якості поверхневих вод за мікробіологічними показниками.....	61
3.3 Нормування забруднюючих речовин в ґрунті.....	63
3.3.1 Нормативні показники якості ґрунту.....	63
3.3.2 Оцінення рівня хімічного забруднення ґрунтів.....	63
3.3.3 Оцінення санітарного стану ґрунтів.....	67
3.3.4 Нормативи оцінок пестицидного забруднення ґрунтів.....	67
3.3.5 Екологічне оцінення ґрунтів населених пунктів.....	69
3.4 Нормування забруднення харчових продуктів.....	71
3.4.1 Нормативи пестицидного забруднення харчових продуктів.....	72
3.4.2 Санітарне оцінення продуктів тваринництва.....	74
3.4.3 Нормування вмісту важких металів у харчових продуктах.....	75
3.4.4 Нормування забруднення харчових продуктів антибактеріальними речовинами.....	77
3.5 Науково-технічні нормативи впливів на навколишнє природне середовище.....	79
3.5.1 Визначення ГДВ шкідливих речовин у приземному шарі атмосфери.....	80
3.5.2 Гранично допустимий скид.....	84
3.5.3 Розрахунок допустимої концентрації забруднюючої речовини у стічних водах.....	85
3.6 Нормування показників накопичення відходів.....	87
3.6.1 Джерела утворення відходів та їх класифікація.....	87
3.6.2 Показники накопичення відходів.....	87
3.7 Система нормування в галузі радіаційної безпеки.....	90
3.7.1 Нормування вмісту радіоактивних речовин у повітрі.....	92
3.7.2 Нормування вмісту радіоактивних речовин у воді.....	93
3.7.3 Нормування вмісту радіоактивних речовин у харчових продуктах.....	94
3.8 Нормування шумового забруднення.....	96
3.8.1 Основні параметри шуму.....	96
3.8.2 Санітарне та технічне нормування шуму.....	97
3.8.3 Нормування впливу інфразвукових шумів.....	99
3.8.4 Нормування впливу ультразвукових шумів.....	100

3.9 Нормування впливу вібраційного навантаження.....	101
3.9.1 Джерела вібрації.....	101
3.9.2 Основні параметри вібрації.....	102
3.9.3 Нормування вібрації.....	103
3.10 Нормування складових ЕМП.....	105
3.10.1 Допустимі рівні ЕМП на робочих місцях.....	105
3.10.2 Граничнодопустимі рівні ЕМП радіочастотного діапазону для населення.....	106
3.10.3 Гранично допустимі рівні складових ЕМП промислових частот.....	107
3.10.4 Гранично допустимі значення енергетичної експозиції.....	108
4 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ ТА ЗАХИСТУ КУРСОВОЇ РОБОТИ.....	109
4.1 Порядок виконання курсової роботи.....	109
4.2 Порядок захисту курсової роботи.....	110
4.3 Критерії оцінювання.....	111
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	114
Додаток А Орієнтовний перелік тем курсових робіт.....	116
Додаток Б Зразок індивідуального завдання до курсової роботи.....	118
Додаток В Приклад оформлення титульного аркуша.....	120
Додаток Г Приклад оформлення анотації курсової роботи.....	121
Додаток Д Зразок змісту курсової роботи.....	122
Додаток Е Зразок вступу курсової роботи.....	123
Додаток Ж Зразок висновків курсової роботи.....	124
Додаток И Приклади оформлення бібліографічних посилань у списку використаних джерел.....	125
Додаток К Нормативи забруднення навколишнього середовища.....	128

ВСТУП

В усіх сферах природокористування антропогенні навантаження на навколишнє природне середовище мають забезпечувати безпеку середовища мешкання людини і не призводити до деградації природних екосистем. Оцінення навколишнього середовища припускає порівняння його стану з певними нормами. Як критерії можуть виступати показники природного непорушеного стану природних комплексів або фонові параметри середовища.

Екологічне нормування є етапом стратегії регулювання якості навколишнього природного середовища. Система нормування є інструментом державної політики в сфері природокористування і охорони навколишнього середовища.

Дисципліна «Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище» відноситься до професійно-орієнтованих дисциплін, які сприяють формуванню еколого-юридичної культури майбутніх спеціалістів. Нині суспільство й навколишнє середовище потрібно розглядати як складну соціально-еколого-економічну систему, всередині якої має бути досягнута рівновага між інтересами виробництва та станом природи.

Під нормуванням антропогенного навантаження на навколишнє середовище розуміється оцінка дії антропогенних факторів на природне середовище (вода, повітря, ґрунт), природні ресурси і здоров'я людей.

В основу нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище покладено екологічне нормування всіх забруднювачів на основі визначення ГДК у різних середовищах, яке ґрунтується на санітарно-гігієнічних нормах.

Виходячи з цього, нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище ставить перед собою такі основні задачі:

- визначення шкідливих для довкілля видів антропогенної діяльності;
- нормування кількості шкідливих речовин, що викидаються в повітря, ґрунти й води всіма типами забруднювачів;
- постійний контроль шкідливих викидів промислових, військових та сільськогосподарських об'єктів;
- прогнозування екологічного стану довкілля та прийняття відповідних санкцій й рішень щодо порушників законів про охорону природи;
- розрахунок показників шкоди, спричиненої забрудненням чи негативними змінами природного середовища;
- визначення еколого-економічних параметрів природного середовища.

Дисципліна «Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище» базується на знаннях здобувачів, які одержані під час вивчення ряду фундаментальних і спеціальних дисциплін: основи загальної екології, соціальна екологія, економіка природокористування, управління природоохоронницькою діяльністю, моніторинг навколишнього середовища, екологічне право.

Після вивчення дисципліни «Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище» здобувач має:

- знати системи управління якістю природного середовища, екологічного нормування антропогенних забруднень, форми і методи оцінювання якості природного середовища, екологічні стандарти, методи визначення екологічних навантажень;

- уміти визначити ГДК, ГДН, ГДВ, ГДЕН, користуватися нормативними документами під час виконання екологічних оцінювання та експертиз, складати відповідні акти і звіти, брати участь у вдосконаленні і поновленні екологічних нормативних документів.

Метою виконання курсової роботи є попередження негативного впливу антропогенної діяльності на стан навколишнього середовища і здоров'я людей, формування екологічного мислення, закріплення теоретичних знань з дисципліни, аналіз рівня екологічної безпеки господарської діяльності для людини та навколишнього середовища.

1 ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

1.1 Загальні положення і методичні рекомендації

Навчальним планом спеціальності 101 «Екологія» передбачено виконання курсової роботи (КР) з дисципліни «Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище».

Навчальний посібник розроблено згідно з Положенням про курсове проєктування у ВНТУ [1]. В них регламентуються вимоги до виконання курсової роботи з дисципліни «Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище», а також визначаються компетенція та функціональні обов'язки структурних підрозділів і посадових осіб, залучених до процесу виконання курсових робіт.

Курсова робота (КР) є однією з важливих складових курсу «Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище». Вибраний вперше здобувачем об'єкт або проблема може в подальшому досліджуватись в курсових роботах з дисциплін «Економіка природокористування», «Фізико-хімічні методи аналізу навколишнього середовища», «Екологічна безпека», «Моделювання та прогнозування стану довкілля». Цілісний комплекс таких курсових робіт є, як показує практика, основою бакалаврської кваліфікаційної. Виконання цієї КР на третьому курсі дає можливість здобувачу визначитись з місцем проходження практики.

Курсова робота передбачає виконання комплексного завдання науково-дослідного (навчально-дослідного) чи аналітично-розрахункового характеру, метою якої є закріплення, поглиблення та узагальнення знань, якими здобувач оволодів під час вивчення дисципліни «Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище», з оформленням відповідного текстового матеріалу у формі наукового звіту [1–5].

Під час виконання роботи здобувач має продемонструвати:

- можливість збирати і аналітично опрацьовувати матеріал;
- спроможність проводити необхідні обґрунтування для здійснення моделювання, досліджень, розрахунків тощо;
- здатність доводити вирішення поставленої задачі до логічного кінця, отримуючи необхідні результати і роблячи з них висновки.

Курсова робота є самостійною роботою здобувача.

Відповідальність за правильність і адекватність аналітичних висновків, результатів розрахунків і моделювання, а також якість оформлення несе виключно здобувач – автор курсової роботи.

Навчальний посібник до КР з дисципліни «Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище» складається з чотирьох розділів та додатків.

У першому розділі наведено загальні рекомендації та вимоги до порядку викладення матеріалу курсової роботи.

У другому розділі подано вимоги до оформлення пояснювальної записки, які проілюстровано на прикладах. Для зручності всі приклади виділено курсивом.

Третій розділ містить рекомендації до виконання еколого-технологічних розрахунків з прикладами.

В четвертому розділі визначено порядок захисту КР та наведено критерії оцінювання курсової роботи.

В додатках наведено:

- орієнтовний перелік тем КР (дод. А);
- зразок індивідуального завдання до КР (дод. Б);
- приклад оформлення титульного аркуша (дод. В);
- зразок анотації (дод. Г);
- зразок змісту КР (дод. Д);
- зразок вступу КР (дод. Е);
- зразок висновків КР (дод. Ж);
- зразок оформлення списку використаних джерел (дод. И);
- нормативи забруднення навколишнього середовища (дод. К).

Дані навчального посібника можуть суттєво допомогти здобувачам денної та заочної форм навчання під час виконання КР з дисципліни, оскільки містять приклади екологічних розрахунків та зразки оформлення складових частин КР.

В курсовій роботі здобувач має розкрити зміст теми, зробити обґрунтування вибору цієї тематики, показати вміння використовувати літературні джерела і нормативні акти. Зміст КР має відповідати індивідуальному завданню і розкривати вибрану тему.

Курсова робота виконується в межах самостійної роботи здобувачів вищої освіти, обсяг якої становить – не менше 45 годин самостійної роботи (1,5 кредити ЄКТС), – не більше 25 – 30 сторінок формату А4 текстової частини.

1.2 Тематика курсових робіт

Тематика та індивідуальні завдання на курсову роботу з дисципліни «Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище» мають віддзеркалювати сучасний стан екологічної науки та ресурсоенергозберігаючої техніки і технологій та перспектив їх розвитку у природоохоронній галузі.

Основний напрямок тематики курсових робіт заздалегідь формується і розглядається на засіданні кафедри відповідно до змісту дисципліни.

Здобувач вибирає тему КР з переліку, наведеного в додатку А, або пропонує власну.

За тематикою курсова робота буває двох видів:

- науково-дослідна робота з дослідження окремої екологічної проблеми, яка може бути частиною госпдоговірної та держбюджетної тематики кафедри;

– екологічне оцінення впливу техногенного об'єкта на стан навколишнього середовища.

У випадку зацікавленості підприємства, установи чи організації у розробленні конкретної теми, за умови її збігу із цим курсом і погодженні із керівником, вона може бути запропонована у вигляді курсової роботи. В цьому випадку на курсову роботу складається індивідуальне завдання, яке погоджується із замовником і затверджується керівником курсової роботи.

Здобувач може запропонувати власну тему, обґрунтувавши актуальність тематики, доцільність розроблення і склавши індивідуальне завдання, яке погоджується із керівником роботи.

Об'єктом екологічних досліджень можуть бути промислові, сільськогосподарські, агропромислові, транспортні підприємства, підприємства державного значення (магістральні нафтогазопроводи, залізниці, автомагістралі, об'єкти енергетики і паливно-ядерного циклу, об'єкти з виробництва та знищення отруйних і наркотичних речовин, об'єкти оборонної промисловості, об'єкти освоєння космосу та ін.), технології, технологічне обланання, матеріали і продукція, що належать до переліку екологічно небезпечних об'єктів впливу на довкілля. Курсова робота за напрямком екологічного оцінення антропогенного впливу техногенного об'єкта на стан навколишнього середовища може виконуватись за матеріалами конкретного діючого підприємства.

Теми курсових робіт затверджуються на засіданні кафедри.

1.3 Індивідуальне завдання

Індивідуальне завдання на курсову роботу видається керівником не пізніше другого тижня навчального семестру. На ньому обов'язково має бути вказаний номер варіанта. В індивідуальному завданні керівником визначається зміст курсової роботи.

Індивідуальне завдання засвідчується підписом керівника курсової роботи та затверджується завідувачем кафедри.

Індивідуальне завдання в перелік змісту КР не вноситься та має бути другою сторінкою після титульного аркуша. Зразок індивідуального завдання до курсової роботи наведено в додатку Б.

1.4 Обов'язки кафедри

Кафедра ЕХТЗД несе повну відповідальність за хід виконання курсових робіт у освітньому процесі, в зв'язку з чим:

- розробляє відповідні критерії оцінювання та іншу необхідну методичну документацію, щорічно переглядаючи їх на початку навчального року і доводячи до відома здобувачів через керівників на початку виконання курсових робіт;

- вирішує питання стосовно організації та проведення передбаченого навчальним планом виконання курсових робіт із закріплених за нею дисциплін;

- заздалегідь формує та затверджує тематику курсових робіт;
- організовує роботу залу курсового проєктування і разом з бібліотекою забезпечує процес необхідними методичними та довідковими матеріалами;
- регулярно заслуховує на засіданнях питання організації, виконання, захисту курсових робіт і подає до деканату інформацію про порушення здобувачами графіка виконання курсових робіт;
- формує комісії для захисту курсових робіт і організовує їх роботу;
- обговорює на засіданнях підсумки виконання курсових робіт і заходи щодо підвищення їх якості;
- розробляє і переглядає критерії оцінювання курсових робіт.

1.5 Обов'язки деканату

Деканат здійснює загальний контроль за організацією та ходом виконання курсових робіт на кафедрі, тобто:

- своєчасно інформує кафедру про недопуск до виконання курсових робіт здобувачів, які не виконали навчальний план з дисциплін, що є базовими для виконання відповідних курсових робіт;
- разом з робочими планами розглядає, коригує і затверджує графік виконання курсових робіт, а у необхідних випадках розробляє і погоджує з керівником курсової роботи індивідуальний план роботи здобувача;
- складає графік захисту курсових робіт;
- виносить на розгляд Вченої Ради факультету підсумки виконання курсових робіт і питання їх вдосконалення;
- у випадку необхідності інформує ректорат про хід виконання курсових робіт на кафедрі.

1.6 Обов'язки керівника курсової роботи

Керівництво виконанням курсових робіт здійснюється найбільш кваліфікованими викладачами. Керівник:

- готує індивідуальні завдання на курсові роботи, в яких визначає коло питань, що мають висвітлюватися у курсових роботах;
- заздалегідь розробляє трафік виконання курсової роботи і контролює його виконання кожним здобувачем;
- у випадку необхідності контролює виконання здобувачем індивідуального графіка виконання курсової роботи;
- організовує і проводить консультації з питань виконання курсових робіт;
- згідно з графіком виконання курсових робіт, на прохання здобувачів, переглядає окремі частини роботи;
- перевіряє та приймає до захисту (чи відхиляє) виконану, оформлену здобувачем курсову роботу;

- після завершення графіка виконання курсових робіт продовжує консультування, але переглядає та перевіряє вже повністю закінчену і оформлену курсову роботу.

Керівник курсової роботи надає дозвіл до її публічного захисту, що свідчить не тільки про відповідність роботи всім нормативним вимогам, але й про підготовленість здобувача до вирішення конкретних екологічних задач, обмежених дисципліною.

1.7 Вимоги до порядку викладення матеріалу курсової роботи

Склад і обсяг курсової роботи визначаються керівником роботи і можуть змінюватися залежно від індивідуального завдання на курсову роботу за згодою здобувача та керівника, але має становити не менше 20 сторінок основної частини.

Головною вимогою під час визначення обсягу є необхідність поєднання актуальності тематики з глибиною опрацювання основної задачі.

Опрацювання має проводитись на досить високому еколого-технологічному рівні з використанням елементів синтезу, аналізу тощо. Проведення, у випадку необхідності, експериментальних досліджень та машинного моделювання має супроводжуватись відповідними обґрунтуваннями та аналізом.

Окремі частини роботи мають бути логічно пов'язані між собою і спрямовані на досягнення мети досліджень.

Текст курсової роботи має бути викладений у лаконічному обґрунтовувальному стилі. Не дозволяється «описування» чи переписування літературних джерел.

Використання засобів обчислювальної техніки має бути доцільним, з обґрунтуванням вибору типу персонального комп'ютера та програмних продуктів.

Пояснювальна записка виконується на аркушах формату А4.

Курсова робота з дисципліни «Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище» складається з пояснювальної записки та додатків (за необхідності) і не передбачає виконання графічної частини [3–8].

Пояснювальна записка курсової роботи має містити такі структурні елементи:

- титульний аркуш;
- індивідуальне завдання;
- анотацію;
- зміст;
- перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів (за необхідності);
- вступ;
- аналітично-розрахункову частину;
- висновки;

- список використаних джерел;
- додатки (за необхідності).

Текст пояснювальної записки необхідно подавати лаконічно та обґрунтовано.

Додатки розміщують після основної частини пояснювальної записки курсової роботи.

1.7.1 Титульний аркуш

Титульний аркуш має бути встановленого зразка. Титульний аркуш є першою сторінкою курсової роботи (КР), яка не нумерується, але враховується в загальну кількість сторінок.

Згідно з чинним Положенням про курсове проєктування у ВНТУ [1] титульний аркуш оформляється за встановленим зразком (приклад наведено у додатку В).

На титульному аркуші до курсової роботи подаються:

- тема КР;
- повна назва організації (Вінницький національний технічний університет);
- структурні підрозділи, в яких виконано КР (факультет і кафедра);
- вид роботи (курсова робота);
- навчальна дисципліна, за якою виконується КР;
- тема КР;
- ім'я та прізвище автора КР із зазначенням шифру академічної групи, коду та найменування спеціальності, за якою навчається здобувач вищої освіти;
- ім'я та прізвище керівника КР із зазначенням посади, наукового ступеня і вченого звання;
- оцінка за 100-бальною шкалою;
- оцінка за шкалою ЄКТС;
- прізвища та ініціали членів комісії з захисту КР;
- місце (місто Вінниця) та рік виконання КР.

Курсові роботи не підписуються на титульному аркуші, оскільки КР подається в електронному вигляді через JetIQ.

1.7.2 Анотація

Анотація призначена для швидкого ознайомлення зі змістом та основними результатами, отриманими внаслідок виконання КР [1]. Анотація оформляється на окремому аркуші, який нумерується і враховується до загальної кількості сторінок. Анотація має містити прізвище та ініціали автора КР, тему КР, стислий опис змісту та основних результатів КР, а також перелік ключових слів. Обсяг анотації – не більше однієї сторінки. Додатково анотація може подаватись однією або більшою кількістю іноземних мов. Приклад оформлення анотації курсової роботи наведено в додатку Г.

1.7.3 Зміст

Зміст КР розташовується після анотації на третій сторінці (якщо анотації не займають більше однієї сторінки), яка нумерується. Всі наступні сторінки КР нумеруються послідовно і наскрізно від початкової сторінки змісту до останньої сторінки додатків [1].

До змісту вносять усі подальші структурні елементи КР, які мають назву: перелік умовних позначень і скорочень; вступ; назви всіх розділів, підрозділів, пунктів і підпунктів (якщо вони мають заголовки) основної частини КР; висновки; список використаних джерел; за наявності – назви всіх додатків. Навпроти назв розташовують номери сторінок, які містять початок відповідного матеріалу.

Назви заголовків змісту мають однозначно відповідати назвам заголовків пояснювальної записки за текстом. Нумерація сторінок має бути наскрізною. У змісті не рекомендується розривати слова знаками переносу.

Зразок змісту КР наведено в додатку Д.

Перелік умовних позначень і скорочень (за наявності) містить переліки скорочень, умовних позначок, символів, одиниць і термінів, які використовуються в тексті КР. До переліку вносять усі умовні позначення і скорочення, які зустрічаються в тексті основної частини КР два і більше разів, крім загальноприйнятих [1].

1.7.4 Вступ

Вступ призначений для ознайомлення з предметною галуззю, в якій виконано КР, та обґрунтування теми КР. Кількість сторінок вступу не має перевищувати трьох. У вступі необхідно стисло, але аргументовано, висвітлити:

- актуальність та значення теми КР;
- оцінення сучасного стану об'єкта досліджень або розробки, сучасний рівень науки і технології за темою КР;
- світові або регіональні тенденції розв'язання задач, поданих в індивідуальному завданні;
- об'єкт і предмет дослідження;
- мету та завдання КР;
- галузь використання та призначення результатів дослідження або курсового проєктування;
- взаємозв'язок з іншими роботами, навчальними чи науковими проєктами (за наявності) [1].

Вступ не має містити посилання на список використаних джерел. Зразок вступу наведено у додатку Е.

1.7.5 Основна частина пояснювальної записки

Основна частина пояснювальної записки КР за обсягом і змістом містить аналітичну і розрахункову частини. Глибина літературного огляду в географічному та часовому аспектах характеризує її повноту. Достатнім є аналіз

науково-екологічної вітчизняної та зарубіжної літератури протягом останніх років.

Під час виконання аналітичної частини КР потрібно дотримуватись обґрунтованого і аргументованого стилю викладення та враховувати можливі варіанти розв'язання поставленої задачі на підставі проведеного аналізу відомих розв'язків. На основі проведеного аналізу визначаються основні шляхи вирішення поставленої задачі, проводиться їх аналіз з еколого-технологічного та економічного поглядів і вибирається оптимальний з них. Чітко формулюється мета досліджень і конкретизуються результати, що мають бути отримані. Обов'язковою умовою стилю написання є варіантність, обґрунтованість, аргументованість та доказовість.

Під час розгляду будь-якого питання необхідно враховувати можливі варіанти вирішення, проводити їх аналіз і вибрати оптимальний.

Аргументація по тексту має підсилюватись відповідними таблицями, діаграмами, графіками тощо. В процесі викладення матеріалу цієї частини КР необхідно враховувати основні положення сучасного природоохоронного законодавства України.

Якщо темою роботи є дослідження окремої екологічної проблеми, то аналітична частина КР має містити:

- аналіз історичних етапів розвитку екологічної проблеми;
- масштаби впливу на довкілля екологічної проблеми;
- можливі варіанти розв'язання екологічної проблеми з вибором найоптимальнішого з них.

Якщо темою роботи є нормування певного виду забруднення техногенного об'єкта на стан навколишнього середовища, то аналітична частина має складатись з двох розділів. В першому розділі необхідно:

- навести загальні відомості про джерело забруднення (підприємство), що є об'єктом вивчення, характер та об'єми ресурсо-енергетичних потоків, які задіяні в технологічному процесі виробництва продукції;
- висвітлити сучасний екологічний стан техногенного об'єкта та галузі промисловості, до якої він належить;
- оцінити величину екологічного впливу цього техногенного об'єкта і галузі на навколишнє природне;
- дати розгорнуту токсикологічну характеристику речовин забрудників які надходять у навколишнє середовище із досліджуваного техногенного об'єкта;
- проаналізувати шляхи міграції та метаболізм речовин забрудників, які потрапляють у навколишнє середовище внаслідок діяльності техногенного об'єкта.

В другому розділі необхідно:

- розглянути сучасні методики нормування забруднень техногенного об'єкта та проаналізувати основні технологічні процеси;
- визначити найбільш вразливі елементи природного середовища для технологічного процесу цього техногенного об'єкта;

- використовуючи сучасні методики нормування розрахувати величину антропогенного впливу окремих джерел забруднення техногенного об'єкта;
- порівняти розраховану величину антропогенного забруднення із діючими загальноприйнятими екологічними нормативами антропогенного навантаження;
- проаналізувати можливі наслідки впливу антропогенного забруднення для елементів природного середовища та організму людини, включно віддалені наслідки.

Аналітична частина може супроводжуватись ілюстративним матеріалом (графіками, схемами, діаграмами) або таблицями.

Розрахункова частина має складатися з одного або двох розділів, логічно пов'язаних з аналітичною частиною роботи. Ця частина може супроводжуватись розробкою оригінальних схем або програм для проведення моделювання, розрахунків тощо, що є доказом спроможності здобувача не лише використовувати відомі шляхи розв'язання екологічних проблем, але й обґрунтовувати і розробляти власні. Розрахунковий (третій) розділ може містити структурні, функціональні або технологічні схеми для знешкодження, переробки і утилізації окремих видів забруднень досліджуваного техногенного об'єкта.

В третьому розділі необхідно:

- проаналізувати функціонуючу схему природоохоронних заходів техногенного об'єкта;
- на основі порівняння розрахованих величин антропогенного впливу окремих джерел забруднення техногенного об'єкта запропонувати необхідні і достатні природоохоронні заходи для забезпечення найбільш екологічно безпечного функціонування цього об'єкта;
- охарактеризувати і надати пропозиції щодо підвищення екологічної безпеки технологічного процесу цього техногенного об'єкта та зменшення негативного впливу речовин забрудників на елементи природного середовища і організм людини.

В процесі викладення тексту пояснювальної записки забороняється переписування матеріалів літературних джерел, використання сканованих рисунків. За необхідності довідкові дані у вигляді сканованих схем та графіків розміщують в додатках.

В кінці кожного розділу основної частини пояснювальної записки КР необхідно зробити логічний висновок, що є постановкою задачі до наступного.

В тексті пояснювальної записки мають бути посилання до рисунків, таблиць, додатків, що входять до змісту роботи.

1.7.6 Висновки

Висновки оформляють з нової пронумерованої сторінки із заголовком посередині великими буквами.

У цьому розділі у максимально лаконічній формі наводять перелік основних висновків по розділах, отриманих під час виконання курсової роботи.

Висновки є підсумковою частиною КР, в якій наводяться підсумки проведеного дослідження або аналізу, прийнятого проєктного або конструкторського

рішення із зазначенням досягнутих результатів і їх оцінкою на відповідність сучасному рівню науки і техніки, описом переваг отриманого рішення порівняно з наявними аналогами, наводяться рекомендації прикладного застосування та шляхи подальшого удосконалення або необхідність подальших досліджень, оцінюється науково-технічне, інноваційне та еколого-соціально-економічне значення отриманих результатів.

В тексті змістової частини рекомендується наводити висновки наприкінці кожного розділу, які водночас ставлять задачі до наступного розділу.

Зразок висновків наведено в додатку Ж.

2 ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ

2.1 Загальні положення

Курсову роботу оформляють у вигляді електронного документа (текстового файлу) відповідно до вимог [1–6].

Вступну та основну частину КР викладають на білих аркушах формату А4 (210 × 297 мм). У додатках дозволяється розміщувати аркуші більших форматів.

Береги аркушів КР встановлюють такої ширини: верхній та нижній – по 20 мм, лівий – 25 мм, правий – 10 мм.

Абзацний відступ має бути однаковий по всьому тексту КР і становити 1,25 см.

Текст набирають шрифтом Times New Roman чорного кольору прямого накреслення через півтора міжрядкові інтервали. Кегль (розмір шрифту) 14. Кегль шрифту може бути зменшений в таблицях, у написах на рисунках, у додатках, але не у їхніх назвах.

Необхідно дотримуватись рівномірної насиченості, контрастності й чіткості тексту, рисунків, таблиць, символів, формул та інших друкованих елементів.

Прізвища та імена авторів, назви установ, організацій, фірм та інші власні назви наводять мовою оригіналу. Також дозволяється транслітерувати власні назви мовою КР.

КР належать до текстових документів, що подається технічною мовою. Графічна інформація має подаватись у вигляді ілюстрацій (схеми, рисунки, графіки, діаграми тощо). Цифрова інформація – у вигляді таблиць.

Нумерацію сторінок проставляють арабськими цифрами, шрифтом Times New Roman чорного кольору прямого накреслення, кегль 14. Нумери сторінок КР розміщують у правому верхньому кутку сторінки.

Якщо під час оформлення КР виникають питання, то потрібно користуватись нормами [1–3].

2.2 Вимоги до оформлення розділів та підрозділів

Структурними елементами основної частини ПЗ є розділи, підрозділи, пункти, підпункти, переліки.

Розділ – головний ступінь поділу тексту, позначений номером і має заголовок.

Підрозділ – частина розділу, позначена номером і має заголовок.

Пункт – частина розділу чи підрозділу, позначена номером і може мати заголовок.

Підпункт – частина пункту, позначена номером і може мати заголовок. Заголовки структурних елементів необхідно нумерувати тільки арабськими цифрами.

Вимоги до оформлення структурних елементів ПЗ:

- кожен розділ рекомендується починати з нової сторінки;
- заголовок розділу записують посередині великими буквами;
- заголовки підрозділів, пунктів та підпунктів (за наявності заголовка) записують з абзацу малими буквами, починаючи з великої;
- допускається розміщувати текст між заголовками розділу і підрозділу, між заголовками підрозділу і пункту;
- розділи нумерують порядковими номерами в межах всього документа (1, 2 і т. д.); після номера крапку не ставлять, а пропускають один знак;
- підрозділи нумерують в межах кожного розділу, пункти в межах підрозділу і т. д. за формою (3.1, 3.2, 3.2.1, 3.2.2, 3.2.2.1 і т. д.); цифри, які вказують номер, не мають виступати за абзац;
- між назвами розділів, підрозділів, пунктів і підпунктів та основним текстом пропускають один рядок.

Посилання в тексті на розділи виконується за формою: «...наведено в розділі 3».

В тексті документа може наводитись перелік, який рекомендується нумерувати малими літерами української абетки з дужкою або тире перед текстом. Для подальшої деталізації переліку використовують арабські цифри з дужкою.

Кожну частину переліку записують з абзацу, починаючи з малої букви і закінчуючи крапкою з комою, в кінці останньої ставлять крапку.

Приклад

Основними етапами під час постановки та розв'язання задачі оптимізації технологічних процесів є:

- а) загальна постановка задачі:*
 - 1) аналіз процесу роботи об'єкта;*
 - 2) оцінення характеристик зовнішніх сигналів;*
 - 3) формулювання мети, можливих шляхів і ресурсів для її реалізації;*
- б) вибір критеріїв оптимальності;*
- в) формалізація задачі оптимізації шляхом запису в математичній формі критерію оптимальності, обмежень, математичних моделей;*
- г) вибір методу розв'язання задачі оптимізації;*
- д) реалізація оптимального рішення.*

2.3 Правила написання тексту

Під час написання тексту потрібно дотримуватися таких правил:

- а) текст необхідно викладати обґрунтовано в лаконічному технічному стилі;
- б) умовні буквені позначення фізичних величин і умовні графічні позначення компонентів мають відповідати установленим стандартам. Перед буквеним позначенням фізичної величини має бути її пояснення (*концентрація С*);

в) числа з розмірністю необхідно записувати цифрами, а без розмірності словами (*об'єм 1 м³, вимірювання виконувались три рази*);

г) позначення одиниць потрібно писати в рядок з числовим значенням без перенесення на наступний рядок. Між останньою цифрою числа і позначенням одиниці необхідно робити пропуск (*20 мг/м³*);

д) якщо наводиться ряд числових значень однієї і тієї самої фізичної величини, то одиницю фізичної величини вказують тільки після останнього числового значення (*0,5; 8,4; 67,8 г/с*);

е) позначення величин з граничними відхиленнями потрібно записувати так: *100 ± 5 мг*;

ж) буквені позначення одиниць, які входять в добуток, розділяють крапкою на середній лінії (·); знак ділення замінюють косою рисою (/);

и) порядкові числівники потрібно записувати цифрами з відмінковими закінченнями (*9-й день, 4-а проба*); за кількох порядкових числівниках відмінкове закінчення записують після останнього (*3,4,5-й графіки*); кількісні числівники записують без відмінкових закінчень (*на 20 аркушах*); не пишуть закінчення в датах (*21 жовтня*) та при римських числах (*XXI століття*);

к) скорочення слів в тексті не допускаються, крім загальноприйнятих в українській мові;

л) дозволяється виконувати записи математичних виразів за формою:

$$\frac{ABC}{DE} = ABC/DE.$$

м) не дозволяється:

- замінювати знак множення («×» або «·») зірочкою «*».
- допускати професійних або місцевих слів і виразів (техніцизмів);
- після назви місяця писати слово «місяць» (не «в травні місяці», а «в травні»);

- використовувати вирази: «цього року», «минулого року», потрібно писати конкретну дату «в червні 2024 року»;

- використовувати позначення одиниць фізичних величин без цифр, їх необхідно писати повністю (за винятком оформлення таблиць і формул). Наприклад, «сумарна щорічна маса викидів токсичних речовин вимірюється в тоннах»;

- з'єднувати текст з умовним позначенням фізичних величин за допомогою математичних знаків (не «температура дорівнює -5° С», а «температура дорівнює мінус 5 °С»);

- використовувати математичні знаки <, >, 0, №, %, sin, cos, tg, log та ін. без цифрових або буквених позначень. В тексті потрібно писати словами «нуль», «номер» і т. д.;

- використовувати індекси стандартів (ДСТУ, СНІП, СТІП) без реєстраційного номера.

2.4 Оформлення формул

Кожну формулу записують з нового рядка, симетрично до тексту. Між формулою і текстом пропускають один рядок. Умовні буквені позначення (символи) в формулі мають відповідати [1–6]. Їх пояснення наводять безпосередньо під формулою. Для цього після формули ставлять кому і записують пояснення до кожного символу з нового рядка в тій послідовності, в якій вони наведені у формулі, розділяючи крапкою з комою. Перший рядок має починатися без абзацу зі слова «де» і без будь-якого знака після нього.

Всі формули нумерують в межах розділу арабськими цифрами. Номер вказують в круглих дужках з правої сторони в кінці рядка на рівні закінчення формули. Номер формули складається з номера розділу і порядкового номера формули в розділі, розділених крапкою.

Приклад

Одним із основних показників очищення викидів промислових газів є ступінь їх очищення від шкідливих речовин $K_{оч}$:

$$K_{оч} = M_y / M_{заг}, \quad (1.4)$$

де M_y – маса шкідливих речовин, які вловлює очисний пристрій, кг;

$M_{заг}$ – загальна маса шкідливих речовин у викидах, кг.

Ступінь очищення промислових газів має визначатися за кожною забруднюючою (шкідливою) речовиною. Ступінь очищення поділяється на проектний та фактичний, а за рівнем – на максимальний та експлуатаційний.

Для оцінення забезпеченості промислових підприємств очисткою відхідних газів в часі використовують коефіцієнт забезпеченості технологічних процесів газоочисткою $K_{зг}$:

$$K_{зг} = T_t / T_{мо}, \quad (1.5)$$

де T_t – час роботи газоочисних установок, год;

$T_{мо}$ – час роботи технологічного обладнання, год.

Одиниці вимірювання, за необхідності, беруть в квадратні дужки. Числову підстановку і розрахунок виконують з нового рядка без нумерування. Одиницю вимірювання беруть в круглі дужки.

Приклад

Розрахунок максимального секундного викиду амоніаку M_{NH_3} від компресорної проводять за формулою:

$$M_{NH_3} = C \cdot Q_B / (1000 \cdot 3600) [г/с], \quad (1.6)$$

де C – фактична концентрація амоніаку в робочому приміщенні, $мг/м^3$;

Q_B – потужність вентиляційної системи, $м^3/год$.

$$M_{NH_3} = 120,04 \cdot 18325 / (1000 \cdot 3600) = 0,61 \text{ (г/с)}.$$

Розмірність одного й того самого параметра в межах документа має бути однаковою.

Якщо формула велика, то її можна переносити в наступні рядки. Перенесення виконують тільки математичними знаками, повторюючи знак на початку наступного рядка. Знак множення « $\cdot$ » замінюють знаком « $\times$ ».

Формула є частиною речення, тому до неї застосовують такі самі правила пунктуації, як і до інших членів речення. Якщо формула знаходиться в кінці речення, то після неї ставлять крапку. Формули, які йдуть одна за одною і не розділені текстом, відокремлюють комою.

Посилання на формули в тексті подають в круглих дужках за формою: «... в формулі (5.2)»; «... в формулах (3.4 – 3.8)»; «... в формулах (5.7, 5.10)».

2.5 Оформлення ілюстрацій

Для пояснення викладеного тексту рекомендується його ілюструвати графіками, фрагментами схем та ін., які можна виконувати чорною тушшю, простим олівцем середньої твердості та комп'ютерною графікою.

Розміщують ілюстрації в тексті або в додатках.

В тексті ілюстрацію розміщують симетрично до тексту після першого посилання на неї або на наступній сторінці, якщо на цій вона не уміщується без повороту.

Всі ілюстрації в ПЗ називають рисунками і позначають під ілюстрацією симетрично до неї за такою формою: «Рисунок 1.1 – Сумарний викид в атмосферу забруднюючих речовин для підприємств лісопереробної та лісохімічної галузей». Крапку в кінці не ставлять, знак переносу не використовують. Якщо найменування рисунка довге, то його продовжують у наступному рядку, починаючи від найменування.

Нумерують ілюстрації в межах розділів, вказуючи номер розділу і порядковий номер ілюстрації в розділі, розділяючи крапкою.

На всі ілюстрації в тексті ПЗ мають бути посилання. Посилання виконують за формою: «... показано на рисунку 3.1 ...» або в дужках за текстом (рисунок 3.1), на частину ілюстрації: «... показані на рисунку 3.2, б». Посилання на раніше наведені ілюстрації подають зі скороченим словом «дивись» відповідно в дужках (див. рисунок 1.3) [1–6]. Допускається скорочення, тобто замість «Рисунок ...» – «Рис. ...».

Між ілюстрацією і текстом пропускають один рядок.

Якщо частини ілюстрації не вміщуються на одній сторінці, то їх переносять на наступні сторінки. В цьому випадку під початком ілюстрації вказують повне її позначення, а під її продовженнями позначають «Рисунок 3.2» (продовження). Пояснювальні дані розміщують під кожною частиною ілюстрації.

Якщо ілюстраціями є фотографії, то останні мають бути наклеєні на стандартні аркуші білого паперу і позначені як рисунки.

2.6 Оформлення таблиць

Таблицю розміщують симетрично до тексту після першого посилання на цій сторінці або на наступній, якщо на цій вона не уміщується і таким чином, щоб зручно було її розглядати без повороту або з поворотом на кут 90° за годинниковою стрілкою.

Таблицю розділяють на графи (колонки) і рядки. В верхній частині розміщують головку таблиці, в якій вказують найменування граф. Діагональне ділення головки таблиці не допускається. Ліву графу (боковик) часто використовують для найменування рядків. Мінімальний розмір між основами рядків – 8 мм. Розміри таблиці визначаються об'ємом матеріалу.

Графу «№ п/п» в таблицю не включають. За необхідності нумерації, номери вказують в боковику таблиці перед найменуванням рядка.

Найменування граф може складатися з заголовків і підзаголовків, які записують в однині, симетрично до тексту графи малими буквами, починаючи з великої. Якщо підзаголовок становить одне речення з заголовком, то в цьому випадку його починають з малої букви. В кінці заголовків і підзаголовків граф таблиці крапку не ставлять.

Якщо всі параметри величин, наведених в таблиці, мають одну й ту саму одиницю фізичної величини, то над таблицею розміщують її скорочене позначення. Якщо ж параметри мають різні одиниці фізичних величин, то позначення одиниць записують в заголовках граф після коми.

Текст заголовків і підзаголовків граф може бути замінений буквеними позначеннями, якщо тільки вони пояснені в попередньому тексті чи на ілюстраціях (*ГДК – гранично допустима концентрація, m – маса* тощо). Однакові буквенні позначення групують послідовно в порядку зростання їх індексів, наприклад: ($K_1, K_2, \dots$).

Найменування рядків записують в боковику таблиці у вигляді заголовків в називному відмінку однини, малими буквами, починаючи з великої і з однієї позиції. В кінці заголовків крапку не ставлять. Позначення одиниць фізичних величин вказують в заголовках після коми.

Дані, що наводяться в таблиці, можуть бути словесними і числовими.

Числа записують посередині графи так, щоб їх однакові розряди по всій графі були точно один під одним, за виключенням випадку, коли вказують інтервал. Інтервал вказують від меншого числа до більшого з тире між ними:

15 – 48

142 – 250.

Ставити лапки замість цифр чи математичних символів, які повторюються, не можна. Якщо цифрові чи інші дані в таблиці не наводяться, то ставиться риска.

Таблиці нумерують в межах розділів і позначають з абзацу зліва над таб-

лицею, крапку в кінці не ставлять. Номер таблиці складається з номера розділу і порядкового номера таблиці в розділі, розділених крапкою. Між номером таблиці та її найменуванням ставлять тире. Якщо найменування таблиці довге, то продовжують у наступному рядку.

Приклад

Таблиця 1.2 – Дозволені обсяги викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря стаціонарними джерелами деревообробного підприємства, г/с

<i>Назва речовини</i>	<i>Джерело викиду</i>	<i>Обсяг викиду</i>
<i>Карбон (IV) оксид</i>	<i>Котельня</i>	<i>67,881</i>
<i>Нітроген (IV) оксид</i>	<i>Котельня</i>	<i>0,119</i>
<i>Нітроген (I) оксид</i>	<i>Котельня</i>	<i>0,003</i>
<i>Карбон (II) оксид</i>	<i>Котельня</i>	<i>0,129</i>
<i>Метан</i>	<i>Котельня</i>	<i>0,003</i>
<i>Тверді суспендовані частки (до 10 мкм)</i>	<i>Котельня</i>	<i>0,0003</i>
<i>Тверді суспендовані частки (до 10 мкм)</i>	<i>Цех механічної обробки</i>	<i>0,0003</i>
<i>Пил деревини</i>	<i>Деревообробний цех</i>	<i>0,067</i>
<i>Пил абразивно-металевий</i>	<i>Цех механічної обробки</i>	<i>0,0001</i>

На всі таблиці мають бути посилання за формою: «*наведено в таблиці 3.1*»; «*... в таблицях 3.1 – 3.5*» або в дужках по тексту (*таблиця 3.6*). Посилання на раніше наведену таблицю дають з скороченим словом «*дивись*» (*див. таблицю 2.4*) за ходом чи в кінці речення.

Таблиця може бути великою як в горизонтальному, так і в вертикальному напрямках, тобто може мати велику кількість граф і рядків. В таких випадках таблицю розділяють на частини і переносять на інші сторінки або розміщують одну частину під іншою чи поряд.

Якщо частини таблиці розміщують поряд, то в кожній частині повторюють головку таблиці, а за розміщення однієї частини під іншою – повторюють боковик.

Якщо в кінці сторінки таблиця переривається і її продовження буде на наступній сторінці, в першій частині таблиці нижню горизонтальну лінію, що обмежує таблицю, не проводять.

У разі перенесення частин таблиці на інші сторінки повторюють або продовжують найменування граф. Допускається виконувати нумерацію граф на

початку таблиці і під час перенесення частин таблиці на наступні сторінки повторювати тільки нумерацію граф.

У всіх випадках найменування таблиці розміщують тільки над першою частиною, а над іншими частинами зліва пишуть «*Продовження таблиці 4.2*» без крапки в кінці.

2.7 Оформлення списку використаних джерел

Список містить використані джерела, на які мають бути обов'язкові посилання в тексті пояснювальної записки. Літературні джерела (книги, статті, патенти, журнали) в загальний список записуються в порядку посилання на них в тексті. Посилання на літературу наводять в квадратних дужках [...], вказуючи порядковий номер за списком.

Приклад оформлення списку використаних джерел наведено в додатку И. Літературу записують мовою оригіналу. В списку кожне літературне джерело записують з абзацу, нумерують арабськими цифрами, починаючи з одиниці. Список використаних джерел, як розділ, не нумерується.

2.8 Додатки

До додатків відносять ілюстрації, таблиці та тексти допоміжного характеру. Крім цього, в додатки подаються таблиці, графіки та методики, які з якихось причин не увійшли до пояснювальної записки, але потрібні для пояснень.

Додатки оформлюють як продовження документа на його наступних сторінках, розташовуючи в порядку посилань на них у тексті ПЗ.

Посилання на додатки в тексті ПЗ наводять за формою «... наведено в додатку А», або (додаток А), (додатки К, Л), «... наведено в таблиці В.5».

Кожен додаток необхідно починати з нової сторінки, вказуючи зверху посередині рядка слово «Додаток» і через пропуск – його позначення. Додатки позначають послідовно великими українськими буквами, за винятком букв І, Є, З, І, Ї, Й, О, Ч, Ї, наприклад, *Додаток А, Додаток Б* і т. д.

Потрібно, щоб кожен додаток мав тематичний (змістовний) заголовок, який записують посередині рядка малими літерами, починаючи з великої.

Ілюстрації, таблиці, формули нумерують в межах кожного додатка, вказуючи його позначення: «*Рисунок Б.3 – Найменування*»; «*Таблиця В.5 – Найменування*» тощо. Як розділ додатки не нумеруються.

Оскільки до додатків відносяться документи, що мають самостійну нумерацію сторінок, то наскрізна нумерація (спільна для усієї пояснювальної записки) зберігається.

Приклад

Додаток В

Вихідні дані для розрахунку реального хімічного навантаження на людину у разі забруднення повітряного середовища

Таблиця В.1 – Вихідні дані

Умови перебування	Час перебування, год	Забруднюючі речовини	Середньодобова концентрація речовини, мг/м ³	Клас небезпеки
Виробниче приміщення	8	Стирол	0,001	3
		Толуол	0,6	3
		Етилбензол	0,02	3
Житлова площа	10	Амоніак	0,035	4
		Формальдегід	0,002	2
		Нафталін	0,0035	2
Міський автотранспорт	2	Карбон (II) оксид	1,4	4
		Нітроген (IV) оксид	0,07	3
		Свинець	0,0001	1
		Пил неорганічний	3	4
		Бенз(а)пірен	$1,5 \cdot 10^{-6}$	1
Житлове середовище	2	Карбон (II) оксид	0,5	4
		Нітроген (IV) оксид	0,02	3
		Формальдегід	0,001	2
		Бенз(а)пірен	$1,2 \cdot 10^{-6}$	1
Місце рекреації	2	Карбон (II) оксид	0,05	4
		Нітроген (IV) оксид	0,01	3
		Формальдегід	0,001	2

Нумерація аркушів документа і додатків, які входять до його складу, має бути наскрізна.

Всі додатки вносять у зміст, вказуючи позначення, заголовок і сторінки, з яких вони починаються.

2.9 Академічна доброчесність виконання курсової роботи

Індивідуальне завдання на курсову роботу має бути виконано самостійно та одноосібно здобувачем вищої освіти, який це завдання отримав.

Курсові роботи не можуть містити списування, академічний плагіат, фальсифікації, фабрикації, елементи, створені за допомогою систем генеративного штучного інтелекту або інші ознаки академічної недоброчесності відповідно до «Положення про академічну доброчесність у ВНТУ» [1, 7, 8].

Контроль за дотриманням вимог академічної доброчесності під час виконання КР здійснює керівник КР. Підтвердженням того, що керівник не виявив ознак порушення академічної доброчесності здобувачем вищої освіти, вважається факт прийняття КР до захисту.

З метою забезпечення якості вищої освіти та відповідно до «Положення про запобігання академічному плагіату та порядок його виявлення у наукових, кваліфікаційних, навчальних та науково-методичних роботах у ВНТУ» електронні версії курсових робіт підлягають перевірці на наявність текстових запозичень за допомогою програмно-технічних засобів, які дозволяють згенерувати звіт за результатами перевірки зі встановленням факту наявності чи відсутності текстових та інших запозичень. Перевірці підлягає або повний текст КР, або та частина КР, яка передбачає написання унікального тексту (за наявності). Рішення про обсяг і предмет перевірки для КР з конкретної навчальної дисципліни приймається на засіданні кафедри.

Перевірку на наявність текстових запозичень в КР за допомогою відповідних програмно-технічних засобів здійснює безпосередньо керівник або особа, відповідальна за проведення такої перевірки на кафедрі.

У разі виявлення ознак академічного плагіату, інших ознак академічної недоброчесності або якщо рівень унікальності тексту для певних частин КР становить менше 60%, така КР не допускається до захисту.

Якщо файл недопущеної до захисту КР було надіслано здобувачем вищої освіти через інструмент «Файл-Експрес» системи JetIQ не пізніше останнього дня теоретичного семестру (міжсесійного періоду для здобувачів вищої освіти заочної форми навчання), то така КР повертається керівником здобувачу вищої освіти на доопрацювання з відповідними зауваженнями. У цьому випадку здобувачу вищої освіти надається можливість повторного надсилання КР на перевірку керівнику.

Консультавання здобувачів вищої освіти з питань академічної доброчесності під час виконання КР здійснює керівник, а в разі його тимчасової відсутності – інший науково-педагогічний працівник відповідної кафедри, призначений розпорядженням завідувача кафедри.

3 ЕКОЛОГО-ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ

Розрахункова частина КР логічно пов'язана з аналітичною частиною, що відображається в індивідуальному завданні. Вид еколого-технологічних розрахунків визначається об'єктом досліджень [10–12]:

3.1 Нормування забруднюючих речовин в атмосфері

Джерела забруднення атмосферного повітря поділяються на стаціонарні та пересувні. Стаціонарні джерела характеризуються сталими значеннями координат їх розміщення на місцевості, пересувні джерела – значенням швидкості їх пересування на місцевості. Розрахунки викидів в атмосферне повітря стаціонарними і пересувними джерелами відрізняються за своїми принципами.

Стаціонарні джерела можуть бути організованими та неорганізованими. Організовані джерела характеризуються наявністю обладнання відведення газів від джерела викиду в атмосферне повітря (димоходи, вентиляційне обладнання тощо). Від неорганізованих джерел забруднюючі речовини потрапляють в атмосферне повітря безпосередньо і переносяться завдяки атмосферним процесам.

Викиди стаціонарних джерел можуть бути холодними і гарячими. Температура холодних викидів дорівнює температурі повітря навколишнього середовища, до якого надходять викиди. Температура гарячих викидів вища за температуру повітря навколишнього середовища, до якого надходять викиди.

3.1.1 Якість атмосферного повітря

Нормативами якості повітря визначено граничні межі вмісту шкідливих речовин як у виробничій зоні (де розташовані промислові підприємства, дослідні виробництва, науково-дослідні інститути тощо), так і у селітебній зоні (призначена для розташування житлового фонду, громадських будівель і споруд населених пунктів тощо). Для більшості речовин, що забруднюють атмосферу, встановлено дві гранично допустимі концентрації – максимально разова та середньодобова [8–16].

Гранично допустима концентрація максимально разова ($ГДК_{\text{мр}}$), яка не спричиняє рефлекторних реакцій в організмі людини під час дихання повітрям упродовж 20 хв. Значення $ГДК_{\text{мр}}$ використовують в процесі встановлення науково-технічних нормативів $ГДВ$ забруднюючих речовин. Внаслідок розсіювання шкідливих домішок у повітрі за несприятливих метеорологічних умов на межі санітарно-захисної зони підприємства концентрація шкідливої речовини в будь-який момент часу не має перевищувати $ГДК_{\text{мр}}$.

Гранично допустима концентрація середньодобова ($ГДК_{\text{сд}}$) – концентрація шкідливої речовини в повітрі населених пунктів, яка не чинить на людину прямого або опосередкованого впливу за необмежено тривалого споживання людиною повітря.

У разі забруднення атмосфери речовинами, для яких ГДК не визначено, МОЗ встановлює орієнтовно безпечні рівні впливу (ОБРВ), які визначають розрахунковим шляхом.

Гранично допустима концентрація шкідливої речовини в повітрі населених пунктів ($ГДК_{нп}$) – це максимальна концентрація домішки, віднесена до періоду усереднення, що за періодичного впливу або впродовж всього життя людини не здійснює на неї шкідливого впливу, включно й віддалені наслідки.

Гранично допустима концентрація шкідливої речовини в повітрі робочої зони ($ГДК_{рз}$) – це концентрація, за якої у разі щоденної (окрім вихідних днів) роботи впродовж 8 год (або іншої тривалості робочого дня, однак не більше 41 год на тиждень), впродовж усього робочого стажу працівника не має бути захворювань або відхилень у стані його здоров'я, спричинених дією шкідливої речовини, які можуть бути виявлені сучасними методами досліджень та діагностики у процесі роботи чи в інші терміни життя сучасного або наступних поколінь [8, 14].

ГДК для територій підприємств ($ГДК_{тп}$) вибирають такою, що дорівнює $0,3ГДК_{рз}$. Природно, що $ГДК_{тп} < ГДК_{рз}$. В останньому випадку йдеться про обмежене перебування людини в забрудненій зоні, тоді як $ГДК_{тп}$ визначає безпечне перебування людини впродовж необмеженого часу вдихання забруднюючої речовини. В умовах великих міст (з населенням понад 200 тис. чол.) та курортів $ГДК_{мр} = 0,8 ГДК_{тп}$.

3.1.2 Оцінювання стану повітряного середовища

Для оцінювання стану повітряного середовища загалом запропоновано низку комплексних показників забруднення атмосфери (сумісно з кількома забруднюючими речовинами). Найпоширенішим є індекс забруднення атмосфери (ІЗА), який позначають I_i . ІЗА кількісно характеризує рівень забруднення окремою домішкою (забруднюючою речовиною), що враховує різницю в швидкості зростання ступеня шкідливості речовин, приведенного до ступеня шкідливості діоксиду сірки, зі зростанням перевищення $ГДК_{сдi}$.

$$I_i = \left(\frac{C_{сер}}{ГДК_{сдi}} \right)^{a_i}, \quad (3.1)$$

де I_i – одиничний індекс забруднення для i -ої речовини;

$C_{сер}$ – середня концентрація в повітрі i -ої речовини;

$ГДК_{сдi}$ – гранично допустима концентрація середньодобова для i -ої речовини;

a_i – безрозмірна константа приведення ступеня шкідливості i -ої речовини до шкідливості діоксиду сірки, яка залежить від того, до якого класу небезпечності належить забруднююча речовина.

Усі нормовані речовини поділені на класи небезпечності (див. табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Класи небезпечності нормованих речовин

Клас небезпечності	Ступінь небезпечності	Величина ГДК, мг/м ³	a_i
I	Надзвичайно небезпечні	<0,1	1,7
II	Високонебезпечні	0,1-1,0	1,3
III	Помірнебезпечні	1,0-10,0	1,0
IV	Малонебезпечні	> 10,0	0,9

Середнє арифметичне значення концентрації домішки – середньодобові, середньомісячні, середньорічні, середні багаторічні концентрації забруднюючих речовин (c_i) визначаються за формулою

$$C_{сер} = \sum_{i=1}^n \frac{c_i}{n}, \text{ мг/м}^3 \quad (3.2)$$

де n – кількість разових концентрацій, що були визначені за відповідний період.

Комплексний індекс забруднення атмосферного повітря (КІЗА) $I_{КІЗА}$ – це кількісна характеристика рівня забрудненості атмосфери, що створюється n речовинами, присутніми в атмосферному повітрі. Його розраховують як суму нормованих за $ГДК_{сд}$ і приведених до концентрації діоксиду сірки середнього вмісту різних шкідливих речовин [17–22]:

$$I_{КІЗА} = \sum_{i=1}^n I_i = \sum_{i=1}^n \left(\frac{C_{сер}}{ГДК_{сдi}} \right)^{a_i} \quad (3.3)$$

3.1.3. Сумарна допустима концентрація забруднюючих речовин в атмосферному повітрі

Існують три основні типи комбінованої дії хімічних речовин:

- 1) синергізм, коли одна речовина посилює дію іншої;
- 2) антагонізм, коли одна речовина послаблює дію іншої;
- 3) сумація або адитивна дія, коли дія речовин у комбінації підсумовується.

У разі наявності в атмосферному повітрі кількох забруднюючих речовин, що мають здатність до сумарної дії, їх сумарно допустима концентрація має відповідати умові

$$\frac{C_1}{ГДК_1} + \frac{C_2}{ГДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ГДК_n} \leq 1, \quad (3.4)$$

де C_1, C_2, C_n – фактичні концентрації речовин в атмосферному повітрі за одночасного відбирання проб в одній місцевості, мг/м³;

$ГДК_1, ГДК_2, ГДК_n$ – гранично допустимі концентрації цих речовин в атмосферному повітрі, мг/м³.

У табл. 3.2 наведено ГДК деяких найпоширеніших шкідливих речовин в атмосферному повітрі. Навіть з цього невеликого переліку видно, що нижня межа токсичності шкідливих речовин, тобто їх ГДК дуже відрізняється. Більш розширену таблицю шкідливих речовин у повітрі населених пунктів наведено у додатку К.

Таблиця 3.2 – Гранично допустимі концентрації деяких шкідливих речовин у повітрі населених пунктів, мг/м³

Речовина	$ГДК_{CD}$	$ГДК_{MP}$	К
Тверді речовини (пил)	0,15	0,2	3
Двоокис сірки	0,05	0,5	1,0
Двоокис азоту	0,04	0,085	0,8
Оксид азоту	0,06	0,4	1,2
Оксид вуглецю	3,0	5,0	60
Аміак	0,04	0,2	0,8
Хлористий водень	0,2	0,2	4,0
Ціанистий водень	0,01	-	0,2
Оксид кадмію	0,001	-	0,02
Свинець	0,0003	0,03	0,005
Сірководень	0,005	0,03	0,1
Бенз(а)пірен	0,000001	-	0,00002
Фенол	0,003	0,01	0,06
Формальдегід	0,003	0,035	0,06
Фтористий водень	0,005	0,2	0,1

Примітка.

$$K = \frac{ГДК_{CD}^{реч}}{ГДК_{CD}^{SO_2}},$$

де $ГДК_{CD}^{реч}$ – гранично допустима концентрація середньодобова забруднюючої речовини;

$ГДК_{CD}^{SO_2}$ – гранично допустима концентрація середньодобова SO₂.

На територіях, що посилено охороняють, встановлюють жорсткіші вимоги – ГДК має бути зменшено на 20%.

Останнім часом зростає кількість відомостей про вплив забруднюючих речовин на біоту, зокрема атмосферних домішок на рослинність. Дослідники пропонують встановити гранично допустимі концентрації для деяких видів забруднюючих речовин, щоб використовувати ці нормативи для оцінення збитків і обмеження шкідливого впливу на природні об'єкти, що охороняються, наприклад, заповідні території (табл. 3.3) [13–15].

Таблиця 3.3 – ГДК забруднюючих речовин в атмосферному повітрі для рослин

Назва забруднюючої речовини	Для рослин загалом (максимально разові)	Для деревних порід	
		Максимально разові	середньодобові
Діоксид сірки	0,02	0,03	0,015
Аміак	0,05	0,1	0,04
Бензол	0,1	0,1	0,05
Хлор	0,25	0,025	0,015
Сірководень	0,02	0,008	0,008
Формальдегід	0,02	0,02	0,003
Пил цементний	-	0,02	0,05
Метанол	0,2	0,2	0,1

Широко чутливість рослин використовують в біологічному моніторингу. Екологічне нормування стану атмосферного повітря на практиці майже не реалізується (можливо через те, що атмосфера є, по суті, системою Лоренцо, тобто системою, чутливою до вихідних, миттєвих параметрів).

Приклад 1. Визначити допустиму концентрацію оксиду вуглецю 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; а концентрація сірководню – 0,002 мг/м³.

$ГДК_{сд}^{реч}$ для SO₂, H₂S та CO наведено в табл. 3.2.

Розв'язання. Формула для визначення допустимої концентрації оксиду вуглецю в атмосферному повітрі набуде такого 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:

$$C_{CO} = \left[1 - \left(\frac{0,015}{0,05} + \frac{0,002}{0,005} \right) \right] 3 = 0,9 \text{ мг/м}^3.$$

Висновок. З розрахунків видно, що з урахуванням сумарної дії кількох шкідливих компонентів повітря, концентрація оксиду вуглецю не має перевищувати 0,9 мг/м³, що значно нижче за його $ГДК_{сд}$.

3.1.4 Визначення максимального значення приземної концентрації шкідливої речовини

Моделювання процесів техногенного забруднення атмосфери відіграє велику роль в процесі проектування нових і реконструкції діючих підприємств, тому що у разі викидів в атмосферу забруднювачів важливо заздалегідь знати максимальне значення приземної концентрації. Це дає можливість забезпечити своєчасне очищення викидів і дозволяє знизити рівень забруднення атмосфери.

Максимальне значення приземної концентрації шкідливої речовини у разі викиду газоповітряної суміші з одиночного точкового джерела досягається за несприятливих метеорологічних умов на відстані (x , м) від джерела і визначається за формулою [8, 15–24]:

$$c_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}},$$

де c_m – максимальне значення приземної концентрації шкідливої речовини у разі викиду газоповітряної суміші, мг/м³;

A – коефіцієнт, що залежить від температурної стратифікації атмосфери;

M – маса шкідливої речовини, що викидається в атмосферу за одиницю часу, г/с;

F – безрозмірний коефіцієнт, що враховує швидкість осідання шкідливих речовин в атмосферному повітрі;

m, n – коефіцієнти, що враховують умови виходу газоповітряної суміші з гирла джерела викиду; розраховуються за різними формулами;

η – безрозмірний коефіцієнт, що враховує вплив рельєфу місцевості; у випадку рівної чи слабо пересіченої місцевості з перепадом висот, що не перевищують 50 м на 1 км, $\eta = 1$;

H – висота джерела викиду над рівнем землі, м (для наземних джерел під час розрахунків вважається, що $H = 2$ м);

V_1 – витрата газоповітряної суміші, м³/с;

ΔT – різниця між температурою газоповітряної суміші, що викидається, t , і температурою навколишнього атмосферного повітря t , °С.

Витрата газоповітряної суміші визначається за формулою:

$$V_1 = \frac{\pi D^2}{4} \cdot w_0,$$

де D – діаметр гирла джерела викиду, м;

w_0 – середня швидкість виходу газоповітряної суміші з гирла джерела викиду, м/с.

Розрахунок забруднення атмосфери при викидах газоповітряної суміші від джерела з прямокутним гирлом (шахти) здійснюється при середніх швидкісних значеннях $D - D_e$ і $V_1 = V_{1e}$.

Ефективний діаметр гирла (D_e , м):

$$D_e = \frac{2 \cdot L \cdot b}{L + b},$$

де L і b – відповідно довжина і ширина гирла, м.

Ефективна витрата вихідної в атмосферу за одиницю часу газоповітряної суміші (V_{1e} , м³/с).

$$V_{1e} = \frac{\pi D_e^2}{4} \cdot w_0.$$

Для джерел із квадратним гирлом ($L = b$) ефективний діаметр D_e дорівнює довжині сторони квадрата.

Значення коефіцієнта A , що відповідає несприятливим метеорологічним умовам, за яких концентрація шкідливих речовин в атмосферному повітрі максимальна, вибирається таким, що дорівнює: 200 – для Європейської території Росії (ЄТР) і України: для районів південніше 50° с. ш., для інших районів Нижнього Поволжя, Кавказу; Далекого Сходу та іншої території Сибіру; 180 – для ЄТР і Уралу від 50 до 52° с. ш., за винятком перерахованих вище районів, що потрапляють у цю зону; 160 – для ЄТР і Уралу північніше 52° с. ш. (за винятком Центра ЄТР); 140 – для Московської, Тульської, Рязанської, Владимирської, Калузької, Іванівської областей [24–26].

Значення потужності викиду (M) і витрати газоповітряної суміші (V_1) під час проектування підприємств визначаються розрахунком у технологічній частині проекту чи вибираються відповідно до діючих для цього виробництва (процесу) нормативів. У розрахунку беруться значення M і V_1 , які реально мають місце протягом року за встановлених (звичайних) умов експлуатації підприємства, за яких досягається максимальне значення c_m .

Відзначимо, що:

- значення M варто відносити до 20–30-хвилинного періоду осереднення, зокрема й у випадках, коли тривалість викиду менша 20 хв;
- розрахунки концентрацій, як правило, проводяться для тих речовин, викиди яких задовольняють вимоги:

$$\frac{M_c}{ГДК} > \Phi;$$

$$\Phi = 0,01 \bar{H} \quad \text{за } \bar{H} > 10 \text{ м,}$$

$$\Phi = 0,1 \bar{H} \quad \text{за } \bar{H} \leq 10 \text{ м,}$$

де M_c – сумарне значення викиду від усіх джерел підприємства, що відповідає найбільш несприятливим із встановлених умов викиду, включно вентиляційні джерела і неорганізовані викиди, г/с;

$ГДК$ – максимально разова гранично допустима концентрація, мг/м³;

$\bar{H}$ – середньозважена по підприємству висота джерел викиду, м.

Значення безрозмірного коефіцієнта F береться:

- для газоподібних шкідливих речовин і дрібнодисперсних аерозолів (пилу, золи, швидкість упорядкованого осідання яких практично дорівнює нулю) – 1;
- для дрібнодисперсних аерозолів (крім зазначених вище) за середнього експлуатаційного коефіцієнту очищення викидів не менше 90 % – 2; від 75 до 90 % – 2,5; менше 75 % і за відсутності очищення – 3.

Значення коефіцієнтів n і m визначаються залежно від параметрів f , V_M , V_M' і f_e :

$$f = 1000 \frac{w_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T}, \quad v_M = 0,65 \sqrt{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}},$$

$$v_M' = 1,8 \frac{w_0 \cdot D}{H}, \quad f_e = 800 (v_M')^3.$$

Коефіцієнт m визначається залежно від f :

за $f < 100$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f}};$$

за $f > 100$

$$m = \frac{1,47}{\sqrt[3]{f}};$$

за $f_e < f < 100$ значення коефіцієнта m обчислюється за умови $f = f_e$.

Коефіцієнт n для випадку $f < 100$ залежить від v_M :

за $v_M \geq 2$ $n = 1$,

за $0,5 \leq v_M < 2$ $n = 0,532 \cdot v_M^2 - 2,13 \cdot v_M + 3,13$,

за $v_M < 0,5$ $n = 4,4 \cdot v_M$,

для $f \geq 100$ чи $\Delta T \approx 0$ коефіцієнт n обчислюється при $v_M' = v_M$.

Для $f \geq 100$ (чи $\Delta T \approx 0$) і $v_M' \geq 0,5$ (холодні викиди) під час розрахунку V_M використовується формула

$$c_M = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot n \cdot \eta}{H^{4/3}} \cdot K.$$

$$K = \frac{1}{7,1 \sqrt{w_0 \cdot V_1}}.$$

Відстань (x_m , м) від джерела викидів, на якому приземна концентрація (c , мг/м³) за несприятливих метеорологічних умов досягає максимального значення (x_m , см)

$$x_m = \frac{5 - F}{4} \cdot d \cdot H,$$

де d – безрозмірний коефіцієнт.

Для $f < 100$ безрозмірний коефіцієнт d знаходиться за формулами:

за $v_M \leq 0,5$ $d = 2,48 \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f_e})$,

за $0,5 < v_M \leq 2$ $d = 4,95 \cdot v_M (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f_e})$,

за $v_M > 2$ $d = 7 \cdot \sqrt{v_M} (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f_e})$,

для $f > 100$ чи $\Delta T \approx 0$ значення d дорівнює:

за $v_M' \leq 0,5$ $d = 5,7$,

за $0,5 < v_M' \leq 2$ $d = 11,4 \cdot v_M'$,

за $v_M' > 2$ $d = 16 \sqrt{v_M'}$.

Значення небезпечної швидкості (u_m , м/с) на рівні флюгера – зазвичай 10 м від рівня землі, за якої досягається найбільше значення приземної концентрації шкідливих речовин c_m , у випадку $f < 100$, визначається за формулами:

$$\begin{aligned} \text{за } v_m \leq 0,5 & \quad u_m = 0,5 \\ \text{за } 0,5 < v_m \leq 2 & \quad u_m = v_m \\ \text{за } v_m > 2 & \quad u_m = v_m \cdot (1 + 0,12 \cdot \sqrt{f}). \end{aligned}$$

за $f \geq 100$ чи $\Delta T \approx 0$ значення u_m :

$$\begin{aligned} \text{за } v_m' \leq 0,5 & \quad u_m = 0,5, \\ \text{за } 0,5 < v_m' \leq 2 & \quad u_m = v_m', \\ \text{за } v_m' > 2 & \quad u_m = 2,2 \cdot v_m'. \end{aligned}$$

Максимальне значення приземної концентрації шкідливої речовини (c_{mu} , мг/м³) за несприятливих метеорологічних умов і швидкості вітру (u , м/с), що відрізняється від небезпечної швидкості вітру (u_m , м/с), визначається за формулою

$$c_{mu} = r \cdot c_m,$$

де r – безрозмірна величина, яка визначається залежно від відношення u/u_m :

$$\text{за } u/u_m \leq 1$$

$$r = 0,67(u/u_m) + 1,67(u/u_m)^2 - 1,34(u/u_m)^3,$$

$$\text{за } u/u_m > 1$$

$$r = \frac{3(u/u_m)}{2(u/u_m)^2 - (u/u_m) + 2}.$$

Потрібно зазначити, що під час проведення розрахунків не використовуються значення швидкості вітру $u < 0,5$ м/с, а також швидкості вітру $u > u^*$, де u^* – значення швидкості вітру, що перевищується в цій місцевості в середньому багаторічному режимі в 5 % випадків. Це значення визначається за кліматичним довідником.

Відстань від джерела викиду (x_{mu} , м), на якій за швидкості вітру u і несприятливих метеорологічних умов приземна концентрація шкідливих речовин досягає максимального значення (c_{mu} , мг/м³), визначається за формулою

$$x_{mu} = p \cdot x_m,$$

де p – безрозмірний коефіцієнт, який визначається залежно від відношення u/u_m :

$$\text{за } u/u_m \leq 0,25 \quad p = 3;$$

$$\text{за } 0,25 < u/u_m \leq 1 \quad p = 8,43 \cdot (1 - u/u_m)^5 + 1,$$

$$\text{за } u/u_m > 1 \quad p = 0,32 \cdot (u/u_m) + 0,68.$$

За небезпечної швидкості вітру (u_m) приземна концентрація шкідливих речовин (c , мг/м³) в атмосфері по осі факела викиду на різних відстанях (x , м) від джерела викиду визначається за формулою:

$$c = s_1 \cdot c_m,$$

де s_1 – безрозмірний коефіцієнт, який визначається залежно від відношення x/x_m і коефіцієнта F :

за $x/x_m \leq 1$

$$s_1 = 3(x/x_m)^4 - 8(x/x_m)^3 + 6(x/x_m)^2,$$

за $1 < x/x_m \leq 8$

$$s_1 = \frac{1,13}{0,13(x/x_m)^2 + 1},$$

за $F \leq 1,5$ і $x/x_m > 8$

$$s_1 = \frac{x/x_m}{3,58(x/x_m)^2 - 35,2(x/x_m) + 120},$$

за $F > 1,5$ і $x/x_m > 8$

$$s_1 = \frac{1}{0,1(x/x_m)^2 + 2,47(x/x_m) - 17,3}.$$

Для низьких і наземних джерел (висотою H не більш 10 м) за значень $x/x_m < 1$ величина s_1 замінюється на величину s_1^H , яка визначається залежно від x/x_m і H :

за $2 \leq H < 10$

$$s_1^H = 0,125(10 - H) + 0,125(H - 2)s_1.$$

Значення приземної концентрації шкідливих речовин в атмосфері (c_y , мг/м³) на відстані (y , м) перпендикулярно до осі факела викиду визначається за формулою

$$c_y = s_2 \cdot c_m,$$

де s_2 – безрозмірний коефіцієнт, обумовлений залежністю від швидкості вітру (u , м/с) і відношенням y/x за значенням аргументу t_y :

$$s_2 = \frac{1}{(1 + 5t_y + 12,8t_y^2 + 17t_y^3 + 45,1t_y^4)^2},$$

де аргумент t_y розраховується за формулами:

$$\text{за } u \leq 5 \quad t_y = \frac{u \cdot y}{x^2},$$

$$\text{за } u > 5 \quad t_y = \frac{5y^2}{x^2}.$$

Максимальна концентрація (c_{mx} , мг/м³), що досягається на відстані x від джерела викиду на осі факела за швидкості вітру (u_{mx}):

$$c_{mx} = s_1' \cdot c_m,$$

де s_1' – безрозмірний коефіцієнт.

Безрозмірний коефіцієнт s_1' визначається залежно від відношення (x/x_m) за такими формулами:

за $x/x_m \leq 1$

$$s_1' = 3(x/x_m)^4 - 8(x/x_m)^3 + 6(x/x_m)^2,$$

за $1 < x/x_m \leq 8$

$$s_1' = \frac{1,1}{0,1(x/x_m)^2 + 1},$$

за $8 < x/x_m \leq 24$

$$s_1' = \frac{2,55}{0,13(x/x_m)^2 + 9},$$

за $24 < x/x_m \leq 80, F \leq 1,5$

$$s_1' = \frac{x/x_m}{4,75(x/x_m)^2 - 140(x/x_m) + 1435},$$

за $24 < x/x_m \leq 80, F > 1,5$

$$s_1' = \frac{2,26}{0,1(x/x_m)^2 + 7,41(x/x_m) - 160},$$

за $x/x_m > 80, F \leq 1,5$

$$s_1' = \frac{x/x_m}{3,58(x/x_m)^2 - 35,2(x/x_m) + 120},$$

за $x/x_m > 80, F > 1,5$

$$s_1' = \frac{1}{0,1(x/x_m)^2 + 2,47(x/x_m) - 178}.$$

Швидкість вітру (u_{mx}):

$$u_{mx} = f_1 \cdot u_m,$$

де f_1 – безрозмірний коефіцієнт.

Безрозмірний коефіцієнт f_1 визначається залежно від відношення x/x_m :

за $x/x_m \leq 1$ $f_1 = 1,$

за $1 < x/x_m \leq 8$ $f_1 = \frac{0,75 + 0,25(x/x_m)}{1 + (x/9x_m)^9},$

за $8 < x/x_m < 80$ $f_1 = 0,25,$

за $x/x_m \geq 80$ $f_1 = 1.$

3.1.5 Визначення реального хімічного навантаження на людину у випадку забруднення повітряного середовища

Реальне хімічне навантаження на населення можна розглядати як суму хімічних забруднень, що надходять в організм людини через органи дихання протягом певного періоду часу.

Вихідними даними для виконання розрахунків є:

- час перебування людини у різних умовах T , год;
- забруднюючі речовини у відповідних умовах перебування;
- середньодобова концентрація речовин $C_{сд}$, мг/м³.

Клас небезпеки (КН) та величини ГДК забруднюючих речовин необхідно визначити за нормативними документами, наведеними в переліку основної лі-

температури до цього навчального посібника. Для виробничого приміщення в розрахунках використовується ГДК робочої зони ($ГДК_{P3}$), для інших умов перебування – ГДК середньодобова ($ГДК_{сд}$).

Загальний показник реального хімічного навантаження S визначається як сума добутків показників хімічного забруднення повітряного середовища в різних умовах на час перебування людини:

$$S = \sum_{i=1}^n P_i \cdot t_i, \quad (3.5)$$

де P_i – показник забруднення повітряного середовища (рівень хімічного забруднення повітряного середовища);

t_i – тривалість впливу в частках доби;

n – число різних умов перебування.

Як основні складові сумарного хімічного навантаження для людини беруться дози забруднення повітря у виробничих приміщеннях, житлових будинках, салонах міського транспорту, атмосферного повітря житлового середовища міста і зон рекреації (паркових і заміських). Таким чином, формулу розрахунку S можна подати у вигляді [11, 26–28]:

$$S = P_{вп} t_{вп} + P_{жс} t_{жс} + P_{тр} t_{тр} + P_{жсс} t_{жсс} + P_{рек} t_{рек}, \quad (3.6)$$

де $P_{вп}$, $P_{жс}$, $P_{тр}$, $P_{жсс}$, $P_{рек}$ – відповідно рівні хімічного забруднення повітряного середовища виробничих приміщень, житлових будинків, салонів міського транспорту, атмосферного повітря житлового середовища міста і місць рекреації;

$t_{вп}$, $t_{жс}$, $t_{тр}$, $t_{жсс}$, $t_{рек}$ – відповідні частки доби часу, протягом якого людина перебуває під впливом хімічних забруднень, що містяться в повітряному середовищі.

Частка доби розраховується за формулою:

$$t_i = \frac{T_i}{24}, \quad (3.7)$$

де T_i – середня тривалість перебування людини в певних умовах.

Умовний показник ступеня забруднення повітряного середовища P_i :

$$P_i = \sqrt{\sum_{i=1}^m K_i^2}, \quad (3.8)$$

де K_i – приведені до 3-го класу небезпеки кратності перевищення ГДК речовин різних класів;

m – число речовин.

Для приведення значень кратностей K_i перевищення ГДК речовин 1, 2 і 4-го класів небезпеки використовуються співвідношення:

$$\text{1-й клас} \quad K_i^{(3)} = k_i^{(1)} \cdot 3^n, n = 2,89 \cdot |\lg(k_i^{(1)})|, \quad (3.9)$$

$$\text{2-й клас} \quad K_i^{(3)} = k_i^{(2)} \cdot \left(\frac{3}{2}\right)^n, n = 1,55 \cdot |\lg(k_i^{(2)})|, \quad (3.10)$$

$$\text{4-й клас} \quad K_i^{(3)} = k_i^{(4)} \cdot \left(\frac{3}{4}\right)^n, n = 1,05 \cdot |\lg(k_i^{(4)})|, \quad (3.11)$$

де $k_i^{(1)}$, $k_i^{(2)}$, $k_i^{(4)}$ – значення кратностей перевищення ГДК відповідно для речовин 1, 2 і 4-го класів небезпеки.

Кратність перевищення ГДК, включно значення, менші одиниці, встановлюється шляхом ділення фактичної концентрації заданої речовини на ГДК:

$$k_i = \frac{C}{ГДК}. \quad (3.12)$$

Наведений нижче приклад містить розрахунок реального хімічного навантаження під час перебування людини в різних умовах.

Приклад

Вихідні дані для розрахунку реального хімічного навантаження на людину за рахунок забрудненого повітряного середовища наведено в таблиці 3.4. Клас небезпеки та значення гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин визначено за відповідними нормативними документами.

Таблиця 3.4 – Вихідні дані

Умови перебування	T, год	Забруднюючі речовини	$C_{сд}$, мг/м ³	КН	ГДК _{сд} , мг/м ³	ГДК _{рз} , мг/м ³
Виробниче приміщення	8	Стирол	0,001	3	—	10
		Толуол	0,6	3	—	50
		Етилбензол	0,02	3	—	50
Житлове середовище	2	Карбон (II) оксид	0,5	4	1,0	—
		Нітроген (IV) оксид	0,02	2	0,04	—
		Формальдегід	0,001	2	0,003	—
		Бенз(а)пірен	$1,2 \cdot 10^{-6}$	1	$1,0 \cdot 10^{-6}$	—

Частка доби розраховується за формулою (3.7):

– для виробничого приміщення:

$$t_{en} = \frac{8}{24} = 0,33;$$

– для житлового середовища:

$$t_{жс} = \frac{2}{24} = 0,08.$$

Кратність перевищення ГДК розраховано за формулою (3.12):
 — для виробничого приміщення:

$$k(\text{стирол}) = \frac{0,001}{10} = 0,0001;$$

$$k(\text{толуол}) = \frac{0,6}{50} = 0,012;$$

$$k(\text{етилбензол}) = \frac{0,02}{50} = 0,0004.$$

— для житлового середовища:

$$k(CO) = \frac{0,5}{1,0} = 0,5;$$

$$k(NO_2) = \frac{0,02}{0,04} = 0,5;$$

$$k(\text{формальдегід}) = \frac{0,001}{0,003} = 0,33;$$

$$k(\text{бенз(a)пірен}) = \frac{1,2 \cdot 10^{-6}}{1 \cdot 10^{-6}} = 1,2.$$

За рівняннями (3.9 – 3.11) розраховано значення кратностей перевищення ГДК відповідно для речовин 1, 2 і 4-го класів небезпеки для житлового середовища:

$$K(CO) = 0,5 \cdot \left(\frac{3}{4}\right)^{0,32} = 0,46;$$

$$K(\text{формальдегід}) = 0,33 \cdot \left(\frac{3}{2}\right)^{0,75} = 0,45;$$

$$K(\text{бенз(a)пірен}) = 1,2 \cdot 3^{0,23} = 1,54.$$

Для виробничого приміщення перерахунок не проводиться, оскільки всі забруднюючі речовини відносяться до третього класу небезпеки.

Розраховані дані кратностей перевищення ГДК та приведення забруднюючих речовин до 3-го класу небезпеки наведено в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Розраховані дані кратностей перевищення ГДК та приведення забруднюючих речовин до 3-го класу небезпеки

Умови перебування	Частка доби	Забруднюючі речовини	Кратність перевищення ГДК	Приведення до 3-го класу небезпеки
Виробниче приміщення	0,33	Стирол	0,0001	0,0001
		Толуол	0,012	0,012
		Етилбензол	0,0004	0,0004
Житлове середовище	0,08	Карбон (II) оксид	0,5	0,46
		Нітроген (IV) оксид	0,5	0,5
		Формальдегід	0,33	0,45
		Бенз(a)пірен	1,2	1,54

Умовний показник ступеня забруднення повітряного середовища P_i для всіх умов перебування розраховано за формулою (3.8):

– для виробничого приміщення:

$$P_{en} = \sqrt{0,0001^2 + 0,012^2 + 0,0004^2} = 0,012.$$

– для житлового середовища:

$$P_{жс} = \sqrt{0,46^2 + 0,5^2 + 0,45^2 + 1,54^2} = 1,74.$$

Показник реального хімічного навантаження в різних умовах перебування визначається за формулою (3.5):

– для виробничого приміщення:

$$S_{en} = 0,012 \cdot 0,33 = 0,00396.$$

– для житлового середовища:

$$S_{жс} = 1,74 \cdot 0,08 = 0,1392.$$

Розраховані умовні показники ступеня забруднення повітряного середовища P_i та показники реального хімічного навантаження забруднення повітряного середовища в різних умовах S_i наводяться в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Умовний показник ступеня забруднення повітряного середовища та показник реального хімічного навантаження в різних умовах

Умови перебування	Умовний показник ступеня забруднення, P_i	Показник реального хімічного навантаження, S_i
Виробниче приміщення	0,012	0,004
Житлове середовище	1,74	0,139

Загальний показник реального хімічного навантаження становить:

$$S = 0,004 + 0,139 = 1,143.$$

Отже, незважаючи на значно менший час знаходження людини у житловому середовищі, умовний показник ступеня забруднення повітряного середовища та показник реального хімічного навантаження для цих умов перебування набагато перевищують аналогічні показники для виробничого приміщення. Це можна пояснити наявністю у повітрі житлового середовища високотоксичного бенз(а)пірену у концентрації, що перевищує ГДК.

3.2 Нормування забруднюючих речовин у водних об'єктах

3.2.1 Нормативні показники якості води

До нормативної бази оцінювання якості води входять загальні вимоги до складу і якості води та значення ГДК речовин у воді водних об'єктів. Загальні вимоги визначають доступний склад і властивості води, які оцінюють найважливішими фізичними, узагальненими хімічними та бактеріологічними показниками. Встановлено два види нормативів. Санітарно-гігієнічні нормативи якості води (для потреб населення) та рибогосподарські нормативи. У зазначених нормативах науково обґрунтовано допустиму концентрацію забруднюючих речовин та показники якості води (загальнофізичні, біологічні, хімічні, радіаційні), які не впливають прямо або опосередковано на життя та здоров'я населення.

До органолептичних показників якості води належать: колір, запах, смак, присмак і прозорість.

Колір води залежить від наявності в ній органічних та неорганічних домішок. Наприклад, гідрат оксиду феруму фарбує воду в жовто-бурий і бурий колір, а частинки глини надають воді жовтуватого кольору. Бурий колір болотної води залежить від великої кількості гумінових кислот (продуктів рослинного перегною).

Запах води спричиняють леткі ароматичні речовини, що потрапляють у воду внаслідок процесів життєдіяльності водних організмів, під час біохімічного розкладання органічних речовин, в процесі хімічної взаємодії компонентів, що містяться у воді, а також з промисловими, сільськогосподарськими та господарсько-побутовими стічними водами. На запах води впливає склад речовин, що містяться в ній, температура рН, ступінь забруднення водного об'єкта, біологічна обстановка, гідрологічні умови тощо.

Запахи поверхневих вод можуть бути природного та штучного походження. Природні запахи зумовлені наявністю живих та мертвих організмів, впливом берегів, дна, навколишніх ґрунтів та порід тощо. Присутність у воді рослинних залишків надає їй землистого, мулистого чи болотного запаху. Якщо вода цвіте, і в ній містяться продукти життєдіяльності, то вона набуває ароматичного запаху. Під час гниття органічних речовин у воді чи забруднення її нечистотами виникає гнилісний, сірководневий чи фекальний запах. Природні запахи описують, дотримуючись термінології, наведеної у табл. 3.7.

Запахи штучного походження визначають за назвою тих речовин, які вони імітують: фенольний, хлорфенольний, камфорний, хлорний, бензиновий, металевий тощо. Штучні запахи можуть слугувати показниками забруднення води промисловими стічними водами [8, 13–20].

Таблиця 3.7 – Визначення природного запаху води (за Є. І. Гончаруком)

Символ	Характер запаху	Приблизний рід запаху
А	Ароматичний	Огірковий, квітковий
Б	Болотний	Мулистий, багnistий
Г	Гнилісний	Фекальний, стічний
Д	Деревний	Мокрої тріски, деревної кори
З	Землистий	Прілий, свіжозораної землі, глинистий
П	Пліснявий	Затхлий, застійний
Р	Рибний	Риб'ячого жиру, рибний
С	Сірководневий	Тухлих яєць
Т	Трав'янистий	Скошеної трави, сіна
Н	Невизначений	Природного походження, що не підпадає під попередні визначення

Питна вода має бути приємною на смак, освіжаючою, що зумовлено розчиненими в ній мінеральними солями і газами. Неприємний смак або присмак зазвичай залежать від великого вмісту в воді деяких солей та органічних речовин. Смак може бути солоний, солодкий, кислий, гіркий, а також з різним присмаком. За наявності у воді хлориду натрію (NaCl), хлориду калію (KCl) понад 500 мг/дм^3 вода має солоний смак, а наявність солей магнію (MgSO_2 , MgSO_4) понад 1000 мг/дм^3 спричинює гіркий смак води. Двовуглекислі солі заліза і сульфат купруму, солі мангану та кальцію роблять воду чорнильного або в'язучого смаку. Гумінові кислоти надають болотистого смаку, а продукти гниття органічних речовин - неприємного, затхлого, гнилісного, сірководневого смаку.

Присмак води буває гірко-солоний, кисло-солоний, гірко-солодкий.

До хімічних показників води належать: лужна реакція води, сухий залишок, твердість, окиснюваність, наявність розчиненого кисню, аміаку, нітритів і нітратів, хлоридів, сульфатів феруму.

Твердість води зумовлюють наявні в ній солі кальцію і магнію, здебільшого вуглекислі та сірчаноокислі.

У воді з різних джерел можуть міститись різні органічні речовини рослинного і тваринного походження, а також мікроорганізми. Наявність у воді великої кількості органічних речовин свідчить про забрудненість води в санітарному відношенні. Кількість органічних речовин у воді визначають непрямим методом за потрібним для окиснення киснем. Звідси, чим більше у воді органічних речовин, тим більше кисню витрачається на окиснення, тим більша окиснюваність води.

До складу води входять розчинений кисень, що потрапляє з повітря. За кількістю розчиненого у воді кисню можна визначити наявність у ній органічних речовин. Чим чистіша вода, тим більше в ній кисню. У воді відкритих водойм кисень постійно використовується на окиснення органічних речовин. Через це у дуже забрудненій воді розчиненого кисню може не бути зовсім. У воді відкритих водойм за середньої температури ($10\text{--}20^\circ\text{C}$) кисню міститься 5–

20 мг/дм³. Глибокі підземні води кисню не мають, але дуже швидко збагачуються ним на повітрі. Під час оцінювання води часто з'ясовують біохімічне споживання кисню (БСК). З цією метою визначають зменшену кількість розчиненого кисню після п'ятидобового зберігання проби води за температури 20 °С. Чим більше досліджувана вода містить органічних речовин, тим меншою буде концентрація розчиненого кисню.

У воді відкритих водойм і шахтних колодязів інколи знаходять залишкову кількість гербіцидів групи сечовини, гептахлору та пестицидів. Тож необхідно досліджувати воду на наявність і цих речовин.

Отже, показники хімічного аналізу можуть свідчити про безпечну або шкідливу питну воду в санітарно-токсикологічному відношенні, а також про її фізіологічну цінність. Шкідливу дію на людей і тварин має вода, забруднена радіоактивними речовинами. З метою дотримання норм і правил радіоактивної гігієни відповідні лабораторії мають здійснювати дозиметричні дослідження води.

Загальні показники якості промислових стічних вод, що скидаються у відкриті водойми господарсько-питного та культурно-побутового призначення:

1. Розчинений кисень. Кількість розчиненого кисню – не менше 4 мг/дм³ у будь-який період року.

Біохімічне споживання кисню (БСК). БСК – не більше 3 мг/дм³ за температури води 20 °С для водойм першої і другої категорій, а також для морів.

2. Завислі речовини. Вміст завислих речовин у воді водойм після скидання стічних вод не має зростати більше, ніж на 0,25 і 0,75 мг/дм³ для водойм першої та другої категорій, відповідно.

3. Запахи та присмаки. Інтенсивність запахів і присмаків – не більше 3 балів для морів і 2 балів для водойм першої категорії.

4. Кольоровість не має виявлятися у стовпчику води, яку скидають, заввишки 20 см – для водойм першої категорії і 10 см – для водойм другої категорії.

5. Водневий показник. Значення рН після змішування води водойми із стічними водами має бути в межах $6,5 < \text{pH} < 8,5$.

6. Спливаючі речовини. У стічних водах не допускається вміст мінеральних масел та інших спливаючих речовин у таких кількостях, які здатні утворювати на поверхні водойми плівку, плями тощо.

7. Мінеральний склад. Вміст неорганічних речовин для водойм першої категорії не має перевищувати за сухим залишком 1000 мг/дм³, зокрема хлоридів – 350 мг/дм³ і сульфатів – 500 мг/дм³; для водойм другої категорії мінеральний склад нормується за показником «Присмаки».

8. Збудники захворювань. Наявність збудників захворювань у воді не допускається. Стічні води зі збудниками захворювань потрібно знезаражувати після попереднього очищення. У біологічно знезаражених стічних водах колі-індекс – не більше 1000 за вмісту залишкового хлору 1,5 мг/дм³.

9. Температура води у водоймі внаслідок скидання в неї стічних вод не має підвищуватися влітку більше ніж на 3 °С порівняно з середньомісячною температурою найтеплішого місяця року за останні десять років.

10. Отруйні речовини в стічних водах не допустимі в концентраціях, що можуть чинити прямий або опосередкований шкідливий вплив на здоров'я населення.

ГДК шкідливої речовини у воді водойми господарсько-питного та культурно-побутового водокористування – це концентрація, яка не чинить прямої або непрямой дії на організм людини впродовж всього її життя, а також не впливає на здоров'я наступних поколінь і не погіршує гігієнічних умов водокористування (додаток Л).

У табл. 3.8 наведено ГДК для деяких шкідливих речовин у водоймах господарсько-питного та культурно-питного водокористування.

Таблиця 3.8 – ГДК шкідливих речовин у воді водних об'єктів господарсько-питного та культурно-питного водокористування

Речовина	Клас небезпечності	ГДК, мг/дм ³
Аміак (за азотом)	3	2,0
Амонію сульфат (за азотом)	3	1,0
Активний хлор	3	відсутня
Ацетон	3	2,2
Бензол	2	0,5
Дихлоретан	2	ОДР 0,02
Залізо	3	0,3
Кадмій	2	0,001
Капролоктан	4	-
Кобальт	2	0,1
Кремній	2	10
Манган	3	0,1
Мідь	3	1,0
Натрій	2	200,0
Нафтопродукти	4	0,1
Ніколь	3	0,1
Нітрати (NO)	3	45
Нітроти (NO ₂)	2	0,03
Ртуть	3	0,0005
Свинець	2	0,03
Селен	2	0,01
Скипидар	4	0,2
Фенол	4	0,001
Хром (III-валентний)	3	0,5
Хром (VI-валентний)	3	0,05
Цинк	3	1,0
Етиленгліколь	3	1,0

3.2.2 Нормативи якості води водойм рибогосподарського призначення

Нормативи якості води встановлено для двох видів рибогосподарського водокористування.

До *першого* належать водойми, що використовують для відтворення і збереження цінних сортів риби.

До *другого* – водойми, що використовують для всіх інших рибогосподарських потреб.

Нормативи складу і властивостей води водойм, що використовують для рибогосподарських потреб, можуть поширюватися на ділянку скидання стічних вод у разі швидкого змішування їх з водою водойм або на ділянку, розташовану нижче від місця скидання стічних вод.

На ділянках масового нересту і нагулу риби скидання стічних вод заборонено [16, 17, 20].

У разі скидання стічних вод у рибогосподарські водойми для них встановлюють жорсткіші вимоги, ніж до стоків у водойми, що використовуються для господарсько-питних і культурно-побутових потреб.

Розчинений кисень. Узимку кількість розчиненого кисню (після змішування стічних вод з водою водойми) має бути не менше ніж 6 і 4 мг/дм³ для водойм першої та другої категорій водокористування, відповідно; влітку – менше ніж 6 мг/дм³ у пробі, відібраній до 12 год дня, для всіх водойм.

Повне біохімічне споживання кисню (БСК_{повн}) за температури 20 °С має бути не більше 3 мг/дм³ у водоймах обох видів водокористування. Якщо взимку вміст розчиненого кисню у воді водойм першого та другого видів водокористування зменшується відповідно до 6 і 4 мг/дм³, то можна допустити скидання в них тільки таких стічних вод, що не змінюють БСК води. Отруйні речовини не допускаються у концентраціях, що можуть чинити пряму або опосередковану шкідливу дію на рибу чи водні рослини та організми, які споживає риба.

Температура води внаслідок скидання стічних вод не має підвищуватися влітку більше ніж на 3 °С, а взимку – на 5 °С (потрібно взяти до уваги, що з підвищенням температури сприйнятливість організмів до токсичних речовин збільшується).

ГДК шкідливої речовини у воді водойм рибогосподарського призначення – це концентрація, яка не чинить шкідливого впливу на популяції.

У табл. 3.9 наведено дані ГДК шкідливих речовин у воді водойм рибогосподарського призначення.

Таблиця 3.9 – ГДК шкідливих речовин у воді водойм рибогосподарського призначення

Речовина	ГДК, мг/дм ³
Аміак	0,05
Арсен	0,01
Бензол	0,5
Кадмій	0,005
Магній	40
Мідь	0,005
Нафта і нафтопродукти: в розчиненому стані в емульгованому стані	0,001 0,05
Ніколь	0,1
Свинець	0,1
Сірковуглець	1,0
Смолисті речовини, що вимиваються з дерев хвойних порід	2,0
Таніди	10
Феноли	0,001
Хлор вільний	0
Хлорофос	0
Цинк	0,05
Ціаніди	0,05

3.2.3 Методи оцінювання якості води

3.2.3.1 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 $ГДК_{вр}$ та повторюваність випадків перевищення $ГДК_i(N_{ГДК_i})$, а також оціночний бал B_i .

$$K_i = C_i / ГДК_i; \quad (3.13)$$

$$H_i = N_{ГДК_i} / N_i; \quad (3.14)$$

$$B_i = K_i H_i, \quad (3.15)$$

де K_i, H_i, B_i – лімітувальні показники забрудненості (ЛПЗ). Комбінаторний індекс забрудненості розраховують як суму загальних оціночних концентрацій у воді i -го інгредієнта (C_i);

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

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

N_i – загальна кількість вимірювань i -го інгредієнта.

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

$$I_k = \sum_{i=1}^n B_i. \quad (3.16)$$

За величиною комбінаторного індексу забрудненості встановлюють клас забрудненості води.

3.2.3.2 Метод оцінювання сумарного ефекту якості води

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

$$\frac{C_1}{ГДК_1} + \frac{C_2}{ГДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ГДК_n} \leq 1, \quad (3.17)$$

де C_1, C_2, C_n – 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).

Під час здійснення контролю за станом вод та стоків використовують фізичні, хімічні, біологічні та органолептичні методи. Фізичні методи використовують для визначення прозорості, каламутності, кількості завислих часток та електропровідності води. Хімічні методи використовують для визначення кислотності, лужності, вмісту у воді металів, солей, органічних та

синтетичних речовин. Бактеріологічний аналіз здійснюють за допомогою біо-тестування.

Приклад. До водойми господарсько-питного призначення з очисних споруд надходить стічна вода, що містить:

- хлорофос концентрацією 0,035 мг/дм³;
- нітрати концентрацією 4,7 мг/дм³;
- гексохлоран концентрацією 0,015 мг/дм³.

Необхідно оцінити санітарний стан водойми і зробити відповідні висновки. ГДК забруднюючих речовин наведено в табл. 3.4.

Розв'язання. Визначаємо оцінку сумарного ефекту впливу кількох забруднюючих речовин на стан водойми за умовою (3.17):

$$\frac{0,035}{0,05} + \frac{4,7}{10} + \frac{0,015}{0,02} = 1,92.$$

Висновок. Оцінка сумарного ефекту більша одиниці, сумарна дія цих речовин у зазначених концентраціях є небезпечною. Це зумовлює необхідність додаткового очищення стічних вод.

3.2.3.3 Комплексне оцінювання рівня забрудненості води за заданою лімітувальною 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_ϕ) враховує запах, завислі речовини, ХСК і специфічні забруднення, що нормуються за органолептичною ознакою шкідливості;
- епідеміологічний критерій (W_e) враховує безпеку мікробного забруднення;
- критерій безпеки санітарно-токсикологічного забруднення (W_{ct}) враховує ХСК і специфічні забруднення, що нормуються за санітарно-токсикологічною ознакою.

Одні й ті самі показники можуть входити одночасно до кількох груп шкідливості. Комплексну оцінку вираховують окремо для кожної лімітувальної ознаки шкідливості (ЛЮШ) за формулами

$$W = 1 + \frac{\sum_{i=1}^n (\delta_i - 1)}{n}; \quad (3.18)$$

$$\delta_i = c_i / N_i,$$

де W – комплексна оцінка рівня забруднення води за ЛОШ;

n – кількість показників, що використовуються для розрахунків;

N_i – нормативне значення одиничного показника (найчастіше $N_i = ГДК_i$);

δ_i – кратність перевищення фактичної концентрації i -го інгредієнта у воді (c_i) до нормативного значення одиничного показника.

Якщо $\delta_i < 1$, тобто концентрація менше нормативної, то вибирається $\delta_i = 1$. 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 у разі виконання цієї умови для нього взято:

$$\delta_i = 1 + 10 \frac{(N_i - c_i)}{N_i}. \quad (3.19)$$

Оскільки самі по собі розраховані показники ні про що не говорять, до формул пропонується традиційна класифікаційна таблиця діапазонів значень комплексних оцінок W (табл. 3.10).

Таблиця 3.10 – Ступінь забруднення водойм залежно від значень комплексних показників W

Рівень забруднення	Критерій забруднення за величинами комплексних оцінок			
	Органолептичний (W_ϕ)	Санітарний режим (W_c)	Санітарно-токсикологічний (W_{ct})	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 табл. 3.11.

Таблиця 3.11 – Вихідні дані для розрахунку критерію, що враховує небезпеку санітарно-токсикологічного забруднення

Елемент	Санітарно-токсикологічнезабруднення, 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

Розв'язання.

Ступінь забруднення води за санітарно-токсикологічним показником визначається за формулами (3.18)

$$W = 1 + \frac{\sum_{i=1}^n (\delta_i - 1)}{n} = 1 + \frac{(2,5 - 1) + (2 - 1) + (1,1 - 1) + (1,2 - 1) + (1,3 - 1) + (10 - 1) + (66,6 - 1)}{10} = 8,77;$$

$$\delta_i = \frac{c_i}{N_i}; \delta_1 = \frac{0,1}{0,5} = 0,2; \delta_2 = \frac{0,0005}{0,0002} = 2,5; \delta_3 = \frac{0,11}{0,25} = 0,44; \delta_4 = \frac{0,1}{0,05};$$

$$\delta_5 = \frac{50}{45} = 1,1; \delta_6 = \frac{2,4}{2} = 1,2; \delta_7 = \frac{0,04}{0,03} = 1,3; \delta_8 = \frac{0,01}{0,001} = 10; \delta_9 = \frac{2}{7} = 0,3;$$

$$\delta_{10} = \frac{100}{1,5} = 66,6.$$

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

3.2.3.4 Екотоксикологічний критерій оцінювання ступеня забруднення води

Ступінь забруднення води токсичними речовинами оцінюється сумою відношень перевищень концентрацій відповідних забруднювачів (C_i) до їх гранично допустимих концентрацій ($ГДК_i$), де:

$$X_{tox} = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ГДК_i}. \quad (3.20)$$

Особливим чином оцінюють групи таких показників: сульфат-іонів, вмісту завислих речовин і загальної мінералізації, за якими кратність перевищення концентрацій належить не до ГДК., а до максимальних фонових значень

$$X_f = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{C_{f\max_i} - 1}. \quad (3.21)$$

Для оцінення евтрофованості вводиться спеціальний показник евтрофікації

$$X_{evtr} = K \frac{C_p}{C_{fp} - 1}, \quad (3.22)$$

де C_p , C_{fp} – ті, що аналізуються та фонові значення концентрацій мінерального фосфору;

K – додатковий коефіцієнт, що залежить від оцінки стану водойми (для мезотрофних водоймищ $K = 2$, а для евтрофних $K = 3$).

Загальний індекс забруднення води визначають за формулою

$$X_{sum} = X_{tox} + X_f + X_{evtr}. \quad (3.23)$$

3.2.4 Оцінення стану водних об'єктів з гідрологічних позицій

Критерій екологічного стану – ступінь виснаження стоку ріки. Оцінюється кратністю перевищення безповоротного вилучення стоку припустимої норми:

- екологічне нещастя – більш 2;
- надзвичайна екологічна ситуація – від 1 до 2.

Нормою вважається вилучення в межах 10–20 % від середнього багаторічного стоку [18–20]. Оцінки стану водних об'єктів за гідрофізичними показниками наведено в таблиці 3.12.

Таблиця 3.12 – Оцінки стану водних об’єктів за гідрофізичними показниками

Класи якості води	Розряди якості води	Гідрофізичні показники		
		Зважені речовини, мг/дм ³	Прозорість (за диском Секкі), м	Забарвлення за Pt-Co шкалою, град.
1. Гранично чиста	1 Гранично чиста	менше 5	понад 3	менше 10
2. Чиста	2а Дуже чиста	5-9	0,75-3,0	10-20
	2б Загалом чиста	10-14	0,55-0,7	21-30
3. Задовільно чиста	3а Достатньо чиста	15-20	0,45-0,5	31-40
	3б Слабо забруднена	21-30	0,35-0,4	41-50
4. Забруднена	4а Помірно забруднена	31-50	0,25-0,3	51-60
	4б Сильно забруднена	51-100	0,15-0,2	61-80
5. Брудна	5а Брудна	101-300	0,05-0,1	81-100
	5б Дуже брудна	понад 300	менше 0,05	понад 100

3.2.5 Оцінення стану водних об’єктів за гідрохімічними показниками

Під час визначення 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 (ПЛШ). Усі речовини об’єднані в такі ПЛШ:

Для водойм господарсько-питного і культурно-побутового призначення:

- санітарно-токсикологічний;
- загальносанітарний;
- органолептичний.

Для водойм рибогосподарського використання:

- токсикологічний;
- органолептичний;
- рибогосподарський;
- загальносанітарний.

Чисельні значення ГДК, клас небезпеки речовини і група шкідливості (ПЛШ) для різних елементів для водойм відповідного призначення містяться в різного роду довідниках з якості води.

Основне розрахункове рівняння виглядає таким чином:

$$\sum \frac{C_i}{ГДК_i} \leq 1, \quad (3.24)$$

де C_i – концентрація i -ї забруднюючої речовини з цієї групи шкідливості;

$ГДК_i$ – граничнодопустима концентрація заданої речовини для певного типу використання водойми.

Умова виконується, отже якість води задовольняє вимоги водойми відповідного призначення, якщо ні – то якість води не відповідає пропонованим вимогам. Визначивши значення $C_i/ГДК_i$ щодо різних речовин, можна визначити елемент, який вносить найбільший вклад у ситуацію, що складається, а, отже, і вживати відповідні природоохоронні заходи.

Серед показників, що використовують тільки гідрохімічні спостереження, найбільш простим і досить репрезентативним є індекс забруднення вод (ІЗВ), що обчислюють за 6 інгредієнтами: кисень, органічні речовини, обумовлені за біохімічним споживанням кисню за 5 діб (БСК₅) і 4 речовини з найбільшим перевищенням ГДК:

$$ІЗВ = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 \frac{C_i}{ГДК_i}, \quad (3.25)$$

де C_i і $ГДК_i$ – 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 – нещастя;

5. П100 – екологічна катастрофа.

Для класифікації водних об'єктів за класом якості вод також використовується ряд показників, наведених у таблиці 3.13 [11, 15].

Таблиця 3.13 – Класифікація якості води за гідрохімічними показниками

Класи якості води	Розряди якості води	Гідрохімічні показники								
		pH	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ⁻³ мгР/л	O ₂ , % насич.	Перманганат-на окисл., мг/л	Біхроматна окисл., мг/л	БСК ₅ , мг/л
			мг/л							
1. Гранично чиста	1. Гранично чиста	7	< 0,05	< 0,007	<0,05	<0,005	100	< 2,0	< 7,0	< 0,4
2. Чиста	2а Дуже чиста	6,5-6,9 7,1-7,6	0,05-0,1	0,007-0,015	0,05-0,2	0,005-0,015	91-100	2,1-4,0	8-12	0,4-0,7
	2б Загалом чиста	6,1-6,4 7,6-7,9	0,11-0,2	0,016-0,025	0,21-0,5	0,016-0,030	81-90	4,1-6,0	13-18	0,8-1,2
3. Задовільно чиста	3а Достатньо чиста	6,9-6,0 8,0-8,1	0,21-0,3	0,026-0,050	0,51-1,0	0,031-0,050	71-80	5,1-8,0	19-25	1,3-1,6
	3б Слабо забруднена	5,7-5,8 8,2-8,3	0,31-0,5	0,051-0,080	1,01-1,5	0,051-0,10	61-70	8,1-10,0	26-30	1,7-2,1
4. Забруднена	4а Помірно забруднена	5,5-5,6 8,4-8,5	0,51-1,0	0,081-0,10	1,51-2,0	0,101-0,20	51-60	10,1-15,0	31-40	2,2-4,0
	4б Сильно забруднена	5,3-5,4 8,6-8,7	1,01-2,5	0,101-0,150	2,01-2,5	0,201-0,30	31-50	15,1-20,0	41-60	4,1-7,0
5. Брудна	5а Брудна	4,0-5,2 8,8-9,5	2,51-5,0	0,151-0,300	2,51-4,0	0,301-0,60	10-30	20,1-25,0	61-80	7,1-10,1
	5б Гранично брудна	більше 9,5	більше 5,0	більше 0,3	більше 4,0	більше 0,60	менше 10	більше 25	більше 80	більше 10

3.2.6 Оцінення стану водних об'єктів за гідробіологічними показниками

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

Оцінення якості води чи ступінь її забруднення за біологічними показниками виконується в такий спосіб:

- 1) по організмах-індикаторах, характерних для ділянок водойм із різним ступенем забруднення;
- 2) за результатами порівняння видової розмаїтості, чисельності і біомаси заселення забруднених і чистих ділянок водойм.

Залежно від ступеня забруднення вод на різних ділянках водойми формуються специфічні спільноти, населені організмами, що можуть існувати у певних межах толерантності екологічних факторів. Такі організми називаються індикаторними.

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

Сапробність (від греч. *sargos* – гнилий) – комплекс фізіологічних властивостей організму, що обумовлюють його здатність розвиватися у воді з тим чи іншим вмістом органічної речовини, чи тим чи іншим ступенем забруднення [7, 12–18].

Виділяють такі зони:

- 1 зона – олігосапробна.
- 2 зона – β-мезосапробна.
- 3 зона – α-мезосапробна.
- 4 зона – полісапробна.

Зони сапробності і показові організми

Полісапробна зона

Характеризується великим вмістом нестійких органічних сполук і наявністю продуктів їх анаеробного розпаду, тобто метану і сірководню; кисень відсутній. Тут протікають переважно відбудовні процеси, що мають чорне забарвлення з запахом сірководню. У цій зоні в масі розвиваються організми з гетеротрофним типом живлення.

З бактерій масовий розвиток одержують сіркобактерії *Beggiatoa*.

Водорості *Sphaerotilus natans*.

Із синьо-зелених водоростей масовий розвиток одержують *Anabaena*, *Constricta*, *Oscillatoria Couterborni* Hnp.

Зі спільнот зообентосу характерний масовий розвиток *Oligochaeta*, *Limnodrilus hoffmeisteri*, *Tubifex tubifex* (трубочник).

Клас комах – ряд двокрилих *Chironomus plumosus* (мотиль), *Chironomus thummi*.

β-мезосапробная зона

Розділ синьо-зелені водорості – *Oscillatoria splendida*.

Розділ діатомові водорості – рід *Nischia* sp.

Розділ зелені водорості – *Chlamidomonas ehrenbergii*, *Closterium* sp, *Cosmorium*, *Enteromorpha intestinalis*.

Клас інфузорії — *Ciliata*.

Тип найпростіші – Protozoa: *Vorticella convallaria*, *Corchesium polypinum*, *Stylonichia mytilus*.

Клас коловертки – *Rotatoria*, *Brachionus rubens*, *Rotatoria rotatoria*.

Клас двостулкові молюски – *Bivalvia*, *Spharium corneum*, *Spharium revicula*.

Клас брюхоногі молюски – *Gastropoda*, *Physa fontinalis*.

α-мезосапробная зона

Розділ синьо-зелені водорості: *Anabaena flos-aqual*, і ін. види.

Відділ золотаві водорості: *Dunobryon Livergens*, *Sunura spinosa*.

Розділ діатомові водорості: *Melosira*, *Synedra acus*, *Gomphonema*.

Розділ пиррофітові водорості: *Ceratium hirudinella*.

Розділ зелені водорості: *Spirogyra crassa*, *Eudorina elegans*, *Cladophora glomerata*.

Олігосапробна зона

Висока прозорість 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. Споконвічно список містив 1000 керівних індикаторних видів. Нині список індикаторів містить близько

2500 видів.

За допомогою методу Пантле-Букка можна оцінити якість води для різних екологічних груп: фіто- і зоопланктону, зообентосу й ін. (таблиця 3.14). Під час розрахунку індексу сапробності враховується не тільки сапробність організму-індикатора, але і його кількісна представленість у цій спільноті. Формула для розрахунку індексу сапробності Пантле-Букка має такий вигляд:

$$S = (S_1h_1 + S_2h_2 + \dots + S_ih_i) / (h_1 + h_2 + \dots + h_i),$$

де S – індекс сапробності (тобто індекс, за яким визначається ступінь забруднення водойми);

S_i – цифрове позначення ступеня сапробності i -го організму-індикатора;

h_i – цифрове позначення відносної частоти зустрічальності 1-го організму-індикатора;

i – число виглядів-індикаторів у цій пробі.

Таблиця 3.14 – Шкала оцінки якості вод за індексом сапробності Пантле-Букка

Клас якості води	Ступінь забрудненості води	Індекс сапробності за Пантле-Букком	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 середньоєвропейської флори і фауни, що обмежує її застосування в незмінному вигляді в інших регіонах.

Для гідробіологічного аналізу забруднених вод і донних відкладень за складом макробентосу найпоширенішим є метод біотичних індексів (метод Вудівісса). У цьому індексі об'єднані принципи індикаторного значення окремих таксонів і принцип зміни розмаїтості фауни в умовах забруднення. Визначення біотичного індексу за системою Вудівісса ведеться по робочій шкалі, у якій використано найбільшу послідовність зникнення видів із збільшенням забруднення, яка зустрічається найчастіше.

«Шкали трофності» («кормності», продуктивності) розроблено для непротічних водойм (переважно для озер). Трофність водойми – рівень кількісного розвитку гідробіонтів – може виражатися в біомасі, продукції й ін. Найбільше число «шкал трофності» розроблено для показників біомаси зообентосу і зоопланктону в одиниця об'єму. Значно менше – для біомаси зоопланктону під одиницею площі, їхтіомаси. Різні автори пропонують різні кількісні показники для одного класу водойми.

На підставі аналізу матеріалів щодо первинної продукції, біомаси хлорофілу «а», фіто- і зоопланктону великого числа водойм запропоновано стандартні класи цих показників (таблиця 3.15). Для уніфікації і стандартизації трофічних типів водойм узято розширену шкалу трофності, найменування кла-

сів дано, виходячи із широко розповсюдженої типології озер Тинеманна і Наумана.

Таблиця 3.15 – Стандартні класи біологічних показників озер і водосховищ «шкала трофності»

Клас трофності	Продуктивність водойми	Біомаса хлорофіла, мг/м ³	Біомаса фітопланктону, г/м ³	Первинна продукція, г/м ³ ·доб	Біомаса зоопланктону, г/м ³	Біомаса зообентоса, г/м ³	Іхтіомаса, г/м ²
α-оліготрофний	Дуже низька	<1,5	<0,5	<0,123	<0,5	<1,25	<1,25
β-оліготрофний	Низька	1,5-3	0,5-1	0,125-0,25	0,5-1	1,25-2,5	1,25-2,5
α-мезотрофний	Помірна	3-6	1-2	0,25-0,5	1-2	2,5-5	2,5-5
β-мезотрофний	Середня	6-12	2-4	0,5-1	2-4	5-10	5-10
α-евтрофний	Підвищена	12-24	4-8	1-2	4-8	10-20	10-20
β-евтрофний	Висока	24-48	8-16	2-4	8-16	20-40	20-40
гіпертрофний	Дуже висока	>48	>16	>4	>16	>40	>40

Під час визначення трофності водойми варто пам'ятати, що кількісні показники первинної продукції, фітопланктону, зоопланктону, бентосу і іхтіомаси у водоймі не завжди збігаються, однак загальна тенденція збігу багатьох показників в одному класі трофності існує. Визначення класу якості води за гідробіологічними показниками подано в таблиці 3.16

Таблиця 3.16 – Визначення класу якості води за гідробіологічними показниками

Клас якості води	Ступінь забрудненості води	Ступінь сапробності води	Шкала трофності води	Шкала токсичності води
I	Гранично чиста	Ксеносапробна	ультраоліготрофна	ксенотоксична
II	Чиста	Олігосапробна	α- і β-оліготрофна	оліготоксична
III	Помірно забруднена	Мезосапробна	α-мезотрофна	β-мезотоксична
IV	Забруднена	Мезосапробна	α-мезотрофна	α-мезотоксична
V	Брудна	Полісапробна	α- і β-евтрофна	політоксична
VI	Дуже брудна	Гіперсапробна	гіпертрофна	гіпертоксична

Для комплексної характеристики озер поряд з кількісною оцінкою показників біомас по зоо- і фітопланктоні, бентосу, риби необхідно вивчати і видовий склад. Так, наприклад, надлишкове надходження біогенних речовин у складі комунально-побутових, тваринницьких стічних вод, стоків с/г угідь приводить до заміни великих Тривалоциклових видів риб, коштовних у господарському відношенні, на дрібні короткоциклові види.

3.2.7 Визначення рівнів токсичного забруднення

Гідробіонти у водних екосистемах і самі екосистеми класифікуються з погляду їхньої реакції на пестицидне і токсичний вплив (а таким володіє ряд важких металів і інших речовин) за шкалою таксобності (токсичності):

- оліготаксобні (оліготоксичні);
- β-мезотаксобні (β-мезотоксичні);
- α-мезотаксобні (α-мезотоксичні);
- політаксобні (політоксичні);
- гіпертаксобні (гіпертоксичні).

Розподіл організмів-біоіндикаторів за ступенем таксобності наведено в таблиці 4.6.

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 накопичення токсикантів у гідробіонтах:

$$K_n = C_o / C_w, \quad (3.26)$$

де K_n – коефіцієнт накопичення;

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

$$K_n = C_o / C_d, \quad (3.27)$$

де C_d – вміст токсиканта в донних відкладеннях (для бентосних форм).

Крім методів біоіндикації (тобто визначення якості води за організмами-індикаторами, що живуть у ній, їхньою чисельністю, біомасою і т. д.), існує також метод біотестування, що часто застосовується для визначення рівня токсичного забруднення води.

Вибір показників, використовуваних під час біотестування, залежить від задач дослідження, чутливості біологічного тест-об'єкта до забруднення, відтворюваності відхилень від норми, доступності 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 та безхребетних, поведінкові реакції, порушення інтенсивності діяльності, зміна умовно-рефлекторної діяльності та ін. В основі вибору вимірюваних параметрів має лежати адекватність їхніх змін патологічним зрушенням на організменному чи екосистемному рівні. Оскільки під час біотестування не ставиться мета дати вичерпну оцінку токсичного впливу речовини, то під час вибору перевага надається показникам, що мають загальнобіологічну функціональну чи інтегральну значимість.

Під час біотестування часто використовують поведінкові тести. Зміна в поведінці у разі дії токсичних речовин часто стає причиною загибелі тварин чи зниження їхніх репродуктивних функцій. Найбільш надійний показник – порушення інстинктів діяльності з досягнення важливих біологічних цілей (живлення, захист, розмноження).

Основні напрямки в сфері біотестування розвиваються на основі двох концепцій.

У першому випадку найбільш значимі результати досягаються у разі використання 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 3.17).

В другому випадку біологічне тестування оснований на тому, що якість вод, які піддаються впливу токсичного забруднювача, формується як результат взаємодії різних біологічних процесів у водоймі. Підсумком забруднення може бути порушення рівноваги екосистеми. Рациональне проведення біотестування за принципом планованого факторного експерименту як у лабораторних, так і в польових умовах. Метод, що враховує постійно діючі абіотичні фактори, дозволяє вивчати можливі ситуації в екосистемах за їхнього забруднення і може застосовуватися для екстраполяції на екосистемному рівні.

Останнім часом з'явився новий напрямок в сфері біотестування, пов'язаний з аквакультивуванням у штучних ізолюваних екосистемах. Їхні розміри залежать від поставленої задачі, технічних і фінансових можливостей.

Таблиця 3.17 – 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 % на протягом 48 годин	Політаксобний
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 під час хронічних дослідів	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).

3.2.8 Класифікація якості поверхневих вод за мікробіологічними показниками

Оцінку 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 під час контролю як природних вод, так і якості очищення стічної води.

Мікробіологічні показники є обов'язковими під час ведення моніторингу якості поверхневих вод.

Критерієм чистоти вод слугує 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).

В процесі санітарно-мікробіологічних досліджень виконується визначення вихідного числа бактерій, коло-титру, коло-індексу, виявлення патогенних мікроорганізмів.

Кишкова паличка (*Bact. coli*) – мікроорганізм, що постійно живе в кишечнику людини та 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 та різними відходами і є загальновизнаним показником забруднення водойми. Для характеристики якості води визначають коло-індекс, тобто кількість коло-бактерій у 1000 мол води, і коло-титр, тобто кількість води, у якому міститься 1 бактерія. Відповідно до норм коло-індекс має бути не більше трьох, а коло-титр – не менше 333 мол [16–18, 20]. Класифікацію якості вод суші за мікробіологічними показниками подано в таблиці 3.18.

Таблиця 3.18 – 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 бакт. до 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
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

Важливе і складне питання являє собою комплексна оцінка якості води, що могла б бути основою класифікації водних об'єктів за цим показником. Один з підходів полягає у встановленні градації значень окремих компонентів (часток показників) якості води. За різними компонентами вода розглянутого об'єкта потрапляє в різні класи. У підсумку об'єкт відносять до гіршого з отриманих класів.

Таким чином, комплексність і оцінення якості води виявляється лише в розгляді великого числа показників для вибору одного з них. Такого роду класифікація прийнята для водних об'єктів господарсько-питного, культурно-побутового призначення. У ній виділено 4 класи, чи ступені, забруднення вод:

припустимий, помірний, високий і надзвичайно високий. Для кожного ступеня встановлено критерії по 4 групах показників: органолептичному, токсикологічному, бактеріологічному і санітарному режиму. Для кожного ступеня зазначено можливості використання води [12–19].

3.3 Нормування забруднюючих речовин в ґрунті

Забруднення ґрунтів відбувається як природним шляхом, так і внаслідок антропогенної діяльності. За величиною зон та рівнем забруднення ґрунтів забруднення поділяють на фонове, локальне, регіональне й глобальне.

Фоновим вважають вміст забруднюючих речовин у ґрунті, що відповідає або близький до його природного складу.

Локальним вважають забруднення ґрунту одним або кількома джерелами забруднення.

Регіональне забруднення ґрунту виникає внаслідок перенесення забруднюючих речовин на відстань не більше 40 км від техногенних та більше 10 км – від сільськогосподарських джерел забруднення.

Глобальне забруднення ґрунту виникає внаслідок перенесення забруднюючої речовини на відстань 1000 км від будь-якого джерела забруднення.

Найнебезпечнішими для ґрунтів є хімічне забруднення, ерозія та засолення.

Унаслідок внесення високих доз мінеральних добрив ґрунт забруднюється баластними речовинами – хлоридами й сульфатами.

Пестициди пригнічують біологічну активність ґрунтів, знищують потрібні мікроорганізми, черв'яків, зменшують природну родючість. Крім того, гинуть комахи-запилювачі. Вже нині внаслідок спровокованої людиною пестицидної еволюції близько 500 видів комах є стійкими проти застосування інсектицидів. Така стійкість виникає і в рослин.

Дослідження в нашій країні засвідчили: там, де інтенсивно застосовуються сільськогосподарські отрутохімікати, у місцевого населення ушкоджуються структури спадковості, розладнується діяльність центральної нервової системи, у жінок частішають ускладнення вагітності, випадки народження неповноцінних або мертвих дітей, виникає захворювання на рак. Площа земель, забруднена залишками отрутохімікатів, сягає 13 млн га.

Ґрунти також забруднюються відпрацьованими газами тракторів, комбайнів, автомобілів, мастилами та паливом. У ґрунт потрапляють і техногенні забруднювачі від промислових підприємств – сульфати, окиси азоту, важкі метали (нікель, свинець, хром, кобальт, ванадій та ін.) й інші сполуки.

Негативний вплив мають і такі важливі для сільського господарства роботи, як зрошення та осушення земель. Зрошувані землі дають близько 30 % продукції рослинництва, але створення водойм і зрошення великої території призводять до підняття ґрунтових вод і зміни їхнього хімічного складу. Виникає засолення ґрунтів, заболочування, підвищується сейсмічність території.

За ступенем забруднення ґрунти поділяють на *сильно забруднені, середньо забруднені та слабо забруднені*.

У *сильно забруднених* ґрунтах кількість забруднюючих речовин у кілька разів перевищує ГДК. Вони мають низьку біологічну продуктивність та істотні зміни фізико-хімічних, хімічних та біологічних властивостей, внаслідок чого вміст хімічних речовин у вирощуваних культурах перевищує встановлені норми.

У *середньо забруднених* ґрунтах перевищення ГДК незначне, що не призводить до помітних змін його властивостей.

У *слабо забруднених* ґрунтах вміст хімічних речовин не перевищує ГДК, але перевищує фонову концентрацію.

3.3.1 Нормативні показники якості ґрунту

Нормативи вмісту забруднюючих речовин в ґрунті розробляють за трьома напрямками:

- нормування вмісту шкідливих хімічних речовин в орному шарі ґрунту;
- нормування накопичення токсичних речовин на території підприємства;
- нормування забруднення ґрунту в житлових районах, переважно в місцях збереження побутових відходів.

Гранично допустима концентрація шкідливої речовини в орному шарі ґрунту ($ГДК_{gp}$) – це така концентрація, яка не справляє прямого або опосередкованого негативного впливу на контактуючі з ґрунтом середовища (атмосфера та гідросфера), на здоров'я людини, а також на самовідновлювану властивість ґрунту.

Нормативи $ГДК_{gp}$ розроблено для речовин, що можуть мігрувати в атмосферне повітря або ґрунтові води, знижувати врожайність або погіршувати якість сільськогосподарської продукції, а також продуктів харчування рослинного походження.

3.3.2 Оцінення рівня хімічного забруднення ґрунтів

Рівень забруднення оцінюють за показниками, розробленими за суміщення геохімічних та гігієнічних досліджень міських середовищ. Такими показниками є коефіцієнт концентрації хімічного елемента і сумарний показник забрудненості Z_c . Коефіцієнт концентрації визначають як відношення реального вмісту хімічного елемента в ґрунті до фонового вмісту цього ж елемента

$$K_c = \frac{C}{C_\phi}, \quad \text{або} \quad K_c = \frac{C}{ГДК}, \quad (3.28)$$

де C – реальний вміст певного хімічного елемента в ґрунті, мг/кг;

C_{ϕ} – фоновий вміст певного хімічного елемента в ґрунті, мг/кг;

$ГДК_{\text{гр}}$ – гранично допустима концентрація забрудненої речовини, мг/кг.

Оскільки ґрунти доволі часто забруднені кількома елементами, то для них розраховують сумарний показник забрудненості, що відображає комплексний ефект впливу всієї групи елементів

$$Z_c = \left(\sum_{i=1}^n K_{C_i} \right) - (n-1), \quad (3.29)$$

де Z_c – сумарний показник забрудненості ґрунтів;

K_{C_i} – коефіцієнт концентрації i -го хімічного елемента в пробі ґрунту;

n – кількість врахованих хімічних елементів.

Сумарний показник забрудненості може бути визначений як для всіх елементів однієї проби, так і для ділянки території за геохімічною вибіркою.

Небезпечність забруднення ґрунтів комплексом хімічних елементів оцінюють за показником Z_c , користуючись шкалою, градація якої розроблена на підставі вивчення стану здоров'я населення, яке мешкає на територіях з різними рівнями забрудненості ґрунтів (табл. 3.19).

Таблиця 3.19 – Орієнтовна оціночна шкала небезпечності забруднення ґрунтів за сумарним показником Z_c

Категорія забруднення ґрунту	Z_c	Зміна показників якості здоров'я мешканців у зонах забруднення ґрунтів
Допустима	<16	Найнижчий рівень захворюваності дітей та мінімум функціональних відхилень у дорослого населення
Помірно небезпечна	16-32	Підвищення загального рівня захворюваності
Небезпечна	32-128	Підвищення загального рівня захворюваності, кількості дітей, які часто хворіють, дітей з хронічними захворюваннями, порушення функціонування серцево-судинної системи
Дуже небезпечна	>128	Підвищення захворюваності дітей, порушення репродуктивної функції у жінок (збільшення випадків токсикозу під час вагітності, передчасних пологів, мертвонароджених, гіпотрофій немовлят)

Важливим елементом комплексу заходів щодо збереження ґрунтів є гігієнічне регламентування їх забруднення. Термін «гранично допустима кількість речовини, що забруднює ґрунти» означає частку хімічної речовини, що забруднює ґрунт (мг/кг) і не чинить прямої або опосередкованої дії, не враховуючи віддалені наслідки для навколишнього природного середовища та здоров'я лю-

дини. Значення ГДК речовин у ґрунтах подано у додатку Л, для деяких речовин наведено у табл. 3.20.

Таблиця 3.20 – Значення ГДК хімічних речовин у ґрунті

Назва речовини	ГДК, мг/кг
Метали	
Кобальт	5,0
Марганець, вилучений з чорнозему та дерново-підзолистого ґрунту	700,0
Мідь (рухома форма)	3,0
Ніколь	4,0
Ртуть	2,1
Свинець (рухома форма)	6,0
Свинець	32,0
Хром	6,0
Цинк	23,0
Неорганічні сполуки	
Нітрати	130,0
Миш'як	20,0
Сірководень	0,4
Фосфор (суперфосфат)	200,0
Фториди	10,0
Ароматичні вуглеводні	
Бензол	0,3
Ізопропилбензол	0,5
Ксилоли	0,3
Стирол	0,1
Толуол	0,3
Добрива та ПАР	
Рідкі комплексні добрива з додаванням марганцю	80,0
Азотно-калійні добрива	120,0
Поверхнево активні речовини	0,2

Крім ГДК, застосовують показник орієнтовно допустимої кількості (ОДК) забруднюючої ґрунти хімічної речовини, яку визначають розрахунковим методом.

Приклад. Ґрунт у населеному пункті забруднено кількома хімічними інгредієнтами, їх концентрація (мг/кг) становить:

- нітрати – 390;
- суперфосфат – 290;
- фториди – 67;
- миш'як – 18.

Необхідно визначити сумарний показник забруднення ґрунтів. ГДК деяких інгредієнтів наведено в табл. 3.20.

Розв'язання. Розраховуємо сумарний показник забруднення ґрунтів хімічними інгредієнтами (неорганічні сполуки) за формулою (3.29)

$$Z_c = \frac{390}{130} + \frac{290}{200} + \frac{67}{10} + \frac{10}{18} - (4 - 1) = 9,05.$$

Висновок. Оцінка небезпеки забруднення ґрунту в населеному пункті згідно з табл. 4.1 допустима.

3.3.3 Оцінення санітарного стану ґрунтів

Санітарний стан ґрунтів оцінюють за спеціальними нормованими показниками. Як основний хімічний показник використовують санітарне число – частка від ділення кількості ґрунтового білкового азоту в міліграмах на 100 г абсолютно сухого ґрунту до кількості органічного азоту в тих самих одиницях. Показником бактеріального забруднення ґрунту є титр кишкової палички та титр одного з анаеробів. Санітарно-гельмінтологічним показником ґрунту є кількість яєць гельмінтів в 1 кг ґрунту. Ентомологічний показник визначають за наявністю личинок та лялечок мух на 0,25 м² поверхні ґрунту (табл. 3.21).

Таблиця 3.21 – Показники санітарного стану ґрунтів населених пунктів та сільськогосподарських угідь

Ґрунт	Кількість личинок та лялечок мух	Кількість яєць гельмінтів	Титр колі	Титр анаеробів	Санітарне число
Чистий	0	0	1 і більше	0,1 і більше	0,98-1
Мало забруднений	Одиниці	До 10	1-0,01	0,1-0,001	0,85-0,98
Забруднений	10-25	11-100	0,01-0,001	0,001-0,0001	0,7-0,85
Сильно забруднений	25	Понад 100	0,001 і менше	0,0001 і менше	0,7 і менше

Стан єдиного державного земельного фонду контролюють за спеціальними методиками санітарні лікарі та санітарно-епідеміологічні станції, а контроль хімічних забруднень – агрохімічні лабораторії, СЕС та організації охорони природи.

3.3.4 Нормативи оцінок пестицидного забруднення ґрунтів

Пестициди – це хімічні сполуки (речовини), що використовуються як засоби захисту рослин і тварин від шкідливих організмів. Їх широко використовують у сільському господарстві для зменшення втрат врожаю та підвищення якості продукції.

Промислова класифікація пестицидів базується на тому, на які шкідливі організми діють пестициди. Така класифікація дуже зручна для вибору певного препарату для захисту певної культури від конкретних шкідливих організмів.

Залежно від того, на які шкідливі організми діють пестициди, їх поділяють на такі групи:

- акарициди – для обмеження шкодочинності кліщів;
- альгіциди – для обмеження чисельності водяної рослинності;
- антисептики – для дезінфекції та захисту матеріалів від руйнації;
- арборициди – для знищення небажаної деревної та кущової рослинності;
- аттрактанти – для приманювання комах;
- афіциди – для боротьби з тлями;
- бактерициди – проти патогенних бактерій;
- гербіциди – обмеження чисельності небажаної рослинності (до гербіцидів також належать арборициди та альгіциди);
- десиканти – для підсушування рослин;
- дефоліанти – для видалення листя;
- інсектициди – обмеження чисельності шкідливих комах;
- лимациди – діють на молюсків;
- нематоциди – діють на круглих черв'яків (нематод);
- репеленти – для відлякування комах;
- ретарданти – регулятори росту рослин;
- родентициди – для знищення гризунів;
- фунгіциди – для обмеження поширення хвороб та фітопатогенних грибів-збудників захворювань рослин.

Найширше у сільському господарстві використовують гербіциди, інсектициди, фунгіциди та регулятори росту рослин.

Залежно від способу проникнення в шкідливий організм та механізму дії пестициди поділяють на різні групи. Інсектициди бувають: контактні – вражають комах під час контакту речовини з будь-якою частиною тіла; кишкові – отруюють під час потрапляння отрути в кишковик комах; системні – здатні рухатись судинною системою рослин і отруювати комах після поїдання отруєних рослин.

Залежно від ступеня небезпечності для людей і тварин пестициди поділяють на:

- високотоксичні – 50-200 мг/кг;
- середньотоксичні – 200-1000 мг/кг;
- малотоксичні – понад 1000 мг/кг.

Цілком придатну оцінку екологічного стану земель можна отримати за допомогою даних, що характеризують рівень пестицидного навантаження, однак для більшої об'єктивності необхідно мати інформацію про залишкову кількість пестицидів у ґрунтах і рослинах. Рівень забрудненості ґрунтів та рослинної маси залишками пестицидів визначають шляхом порівняння фактичного вмісту пестицидів у ґрунті або у сільськогосподарській продукції з ГДК. Перевищення фактичного вмісту залишкової кількості пестицидів відносно ГДК є показником небезпечності екологічної ситуації. У табл. 3.22 наведено нормативи оцінок пестицидного забруднення ґрунтів. За відсутності

ГДК можна встановлювати тимчасові допустимі концентрації (ТДК), які визначають за емпіричним рівнянням регресії:

$$ТДК = 1,23 + 0,48 \lg ГДК_{х.п.}, \quad (3.30)$$

де $ГДК_{х.п.}$ – гранично допустима концентрація речовини у харчових продуктах.

Таблиця 3.22 – Нормативи оцінок пестицидного забруднення ґрунтів

Тип екологічної ситуації	Залишкова кількість пестицидів, кг/га	У ґрунті	У рослин
Сприятлива	<3	не виявляється	не виявляється
Задовільна	3-4	<ГДК	<ГДК
Передкризова	4-5	<ГДК	<ГДК
Кризова	5-6	1,1 – 1,5 ГДК	1,1 – 1,5 ГДК
Катастрофічна	>6	1,6 – 10 ГДК	1,6 – 10 ГДК

3.3.5 Екологічне оцінення ґрунтів населених пунктів

Ґрунти в силу своїх природних властивостей здатні накопичувати значну кількість забруднюючих речовин. На територіях населених пунктів можливий перенос забруднюючих речовин із ґрунтів у повітря і воду, що може безпосередньо впливати на здоров'я населення. Тому для міських (селітебних) територій доцільний санітарно-гігієнічний підхід до вибору критеріїв екологічного оцінення ґрунтів.

На територіях населених пунктів переважає промислове забруднення ґрунтів. Серед токсичних речовин антропогенного походження значна роль належить важким металам (ВМ): хрому, нікелю, кадмію, свинцю й ін., а також нафтопродуктам і поліциклічним ароматичним вуглеводням (ПАВ). Росту забруднення ґрунтів сприяє радіація, викликана аваріями на АЕС, атомними вибухами, витоками з реакторів, порушенням правил поховання радіоактивних відходів.

Критерієм і найважливішим нормативом, що дозволяє оцінити ступінь забруднення ґрунту хімічними речовинами, є ГДК забруднюючих речовин.

Під час оцінення сумарного забруднення ґрунтового покриву за числа речовин менше 8 використовується безрозмірний показник (БПЗ)

$$БПЗ = \sum_{i=1}^n C_i / ГДК_i,$$

де C_i – концентрація i -го інгредієнта в ґрунті, мг/кг ґрунту;

$ГДК_i$ – гранично допустима концентрація i -го інгредієнта в ґрунті, мг/кг ґрунту;

n – число інгредієнтів, що враховуються.

Одним з методів побудови оцінних шкал є статистичний метод сигнальних відхилень, що може бути використаний в оціненні рівнів досліджуваних

показників для окремих територій, груп підприємств та ін.

Суть методу полягає в тому, що для ряду показників розраховується середнє квадратичне відхилення:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (p_i - \bar{p})^2}{n-1}},$$

де $\sum (p_i - \bar{p})^2$ – сума квадратів відхилень кожного з показників від середньої величини, розрахованої за формулою

$$\bar{p} = \frac{\sum p_i}{n},$$

де n – число значень аналізованого ряду показників.

Для побудови оцінної шкали необхідно розрахувати інтервали з використанням значення середнього квадратичного відхилення. За «нормальні» чи «базові» показники можуть бути взяті ті з них, що не виходять за межі інтервалу границь:

$$\bar{p} \pm 0,5 \cdot \sigma.$$

На підставі величини відхилення показників від середнього значення в межах (1σ) визначаються значення показників за п'ятирівневою шкалою:

Рівень показника	Межі коливань
Високий	Від $p + \sigma$ і вище
Вище середнього	Від $p + 0,5\sigma$ до $p + \sigma$
Середній	Від $p - 0,5\sigma$ до $p + \sigma$
Нижче середнього	Від $p - 0,5\sigma$ до $p - \sigma$
Низький	Від $p - \sigma$ і нижче

Для забруднюючих речовин неприродного походження коефіцієнт концентрації визначають як результат від розподілу масової частки забруднюючої речовини і його ГДК.

Значення сумарного показника забруднення ґрунтів K_c зіставляються з орієнтованою шкалою небезпеки забруднення, яка має градації припустимої (до 16), помірковано небезпечної (до 32), небезпечної (до 128) і надзвичайно не-безпечної (понад 128) категорії забруднення, що статистично пов'язано зі зміною показників здоров'я населення в зонах забруднення.

Найбільше часто для населених пунктів використовується оцінна шкала, основана на зміні показників здоров'я населення у вогнищах забруднення.

Екологічне оцінення радіоактивного забруднення ґрунтів селітебних територій проводиться за двома основними показниками: потужністю експозиційної дози на рівні 1 м від поверхні землі (мкр/година) і ступенем радіоактивного забруднення по окремих радіоізотопах (кюри/км²) [11, 18, 29].

3.4 Нормування забруднення харчових продуктів

В організм людини з їжею надходять не тільки поживні речовини, а й сторонні хімічні речовини. З їжею надходить до 95 % пестицидів, тоді як з водою – 4,7 і з атмосферним повітрям – 0,3 %. Нітрати та нітрити до 70 % в організм людини потрапляють найчастіше з продуктами рослинного походження, а решта – з водою та продуктами тваринного походження. Радіонукліди (приблизно до 94 %) надходять з продуктами харчування, а решта – з водою та повітрям. Забруднення потрапляють у продукти харчування з некондиційної сировини сільськогосподарської продукції, вирощеної за недосконалими технологіями. У разі використання недосліджених добрив (мінеральних чи органічних), нераціонального їх внесення чи зрошування угідь забрудненими стічними водами хімічні речовини в підвищеній кількості надходять у продукцію рослинництва й тваринництва, а з нею – в харчові продукти [14, 15].

Продукція птахівництва та тваринництва забруднюється неапробованими кормами та різними кормовими добавками (консервантами, стимуляторами росту, лікувальними й профілактичними засобами тощо). Надходження політантів може відбуватися з харчових добавок – консервантів, ароматизаторів, барвників, антиоксидантів та ін.

Шкідливі домішки можуть також потрапляти у харчові продукти з неякісної упаковки та утворюватись як результат небажаних біохімічних і фізико-хімічних процесів під час транспортування та зберігання харчової продукції. До них належать токсиканти, що потрапили в продукти харчування з обладнання, посуду й тари під час використання неапробованих або недозволених пластмас та інших полімерних матеріалів.

Забруднення, що надходять з довкілля, характеризуються різною структурою і властивостями та здатністю до біокумуляції. До них належать канцерогенні багатоядерні ароматичні вуглеводні, бенз(а)пірени, антрацен та ін. Особливо шкідливі сполуки (переважно канцерогенні) можуть утворюватись внаслідок порушення технології термічної обробки.

З метою запобігання утворенню шкідливих речовин та зменшення їх кількості в харчових продуктах потрібно чітко виконувати агротехнічні заходи і вимоги технологічних регламентів, що забезпечить вирощування якісної сировини та виготовлення з неї якісних харчових продуктів. Необхідно уникати утворення нових шкідливих речовин у процесі технологічної та кулінарної обробки й зберігання, не допускати змін харчової цінності, смаку, аромату та інших органолептичних властивостей продуктів харчування внаслідок дії сторонніх речовин.

Забруднення харчових продуктів зумовлюють харчові отруєння, які поділяють на бактеріальні, небактеріальні та мікотоксикози.

Бактеріальні отруєння – це токсикоінфекційні отруєння, спричинені мікроорганізмами групи сальмонел. Ці захворювання виникають внаслідок споживання заражених мікробами м'ясних, молочних, рибних та рослинних

продуктів, яєць качок та гусей тощо. До бактеріальних отруєнь належать також отруєння, спричинені стафілококами. Ці захворювання пов'язані зі вживанням недоброякісних продуктів (молока, сиру, консервів, кондитерських виробів, морозива тощо).

Небактеріальні отруєння пов'язані з потраплянням у харчові продукти хімічних отруйних речовин та радіонуклідів. Наприклад, пестициди потрапляють із сільськогосподарськими продуктами (зерном, овочами та фруктами), деякі важкі метали (свинець, мідь, цинк, ніколь, ртуть та ін.) можуть переходити в продукти харчування з посуду, пакувальної тари тощо.

Мікотоксикози – це отруєння, спричинені мікотоксинами, які потрапляють в організм з харчовими продуктами.

Під час розробки нормативів ГДК шкідливих речовин у харчових продуктах ($ГДК_{хп}$) враховують дані токсикології та гігієнічного нормування цих речовин у повітрі, воді, ґрунті, а також інформацію про природний вміст різних хімічних елементів у харчових продуктах.

Гранично допустима концентрація (допустима залишкова кількість) шкідливої речовини у харчових продуктах – це концентрація шкідливої речовини, яка впродовж необмеженого часу (за щоденного впливу) не спричинює захворювань або відхилень у стані здоров'я людини.

Санітарно-гігієнічне нормування забрудненості харчових продуктів стосується переважно пестицидів, важких металів та деяких аніонів (наприклад, нітратів). Необхідно відзначити, що під час інтерференції результатів дослідження не можна використовувати $ГДК_{хп}$ як стандарт, взятий для будь-яких об'єктів біоти. Наприклад, опис результатів дослідження накопичення сполук ртуті у тканинах птахів не може бути підставою для висновків про перевищення $ГДК_{хп}$.

Надмірна кількість нітратів у харчових продуктах становить велику небезпеку для здоров'я людини. Останнім часом доведено канцерогенну дію нітратів, особливо у разі тривалого і систематичного надходження їх в організм людини.

У МОЗ України затверджено максимально допустимі рівні нітратів (МДР) у плодоовочевій продукції (табл. 3.23).

Харчові продукти з вмістом нітратів вище за допустимі рівні реалізовувати не дозволяється. Їх потрібно знищувати або, за наявності дозволу санітарно-ветеринарної служби, використовувати як корм для тварин. За вмісту нітратів вдвічі більше встановлених рівнів, санітарна служба може дозволити використання таких продуктів для харчування людей у разі змішування їх з іншими незабрудненими продуктами (приготування салатів). Забруднені овочі потрібно споживати у відвареному вигляді, оскільки 50 % нітратів переходить у відвар.

3.4.1 Нормативи пестицидного забруднення харчових продуктів

За накопиченням у харчових продуктах пестициди поділяють на:

- з вираженою, помірною і слабо вираженою акумуляцією;

- дуже стійкі (час розкладу на нетоксичні компоненти – більше 2 років);
- стійкі (0,5–2 роки);
- помірно стійкі (1–6 місяців);
- малостійкі (до 1 місяця).

Сільськогосподарська сировина та харчові продукти можуть забруднюватися пестицидами прямим і непрямим шляхами. Під час оброблення сільськогосподарських культур, тварин, птиці, зерна, фуражу тощо відбувається забруднення прямим шляхом. До непрямих шляхів забруднення харчових продуктів пестицидами належать: транслокація їх у рослини з ґрунту (плоди, овочі); занесення пестицидів у період обробки на непередбачені площі та водойми; використання забрудненої води для повторного оброблення рослин; напування тварин забрудненою водою і використання для них кормів, забруднених пестицидами, та ін.

Таблиця 3.23 – Максимально допустимі рівні нітратів у плодоовочевій продукції

Продукція	Норма нітратів мг/кг сирового продукту, за нітрат-йонем
Картопля: рання (до 1 вересня)	240
пізня (після 1 вересня)	120
Капуста білоголова: рання	800
пізня	400
Морква: рання	600
пізня	300
Томати у ґрунті: відкритому	100
захищеному	200
Огірки у ґрунті: відкритому	200
захищеному	400
Буряки столові	1400
Цибуля ріпчаста	80
Цибуля на перо у ґрунті: відкритому	400
захищеному	800
Зелені овочеві культури у відкритому ґрунті (салат, шпинат, щавель, капуста салатна, петрушка, селера, кінза, кріп).	1500
Те саме у захищеному ґрунті	3000
Перець солодкий у відкритому ґрунті	200
Кабачки у захищеному ґрунті	400
Кавуни	60
Дині	90
Гарбузи	60
Виноград столових сортів, яблука, груші	60
Продукти дитячого харчування консерви на фруктовій основі	50
консерви на овочевій основі	100

Ступінь шкідливості пестицидів визначається надходженням та рівнем вмісту їх у харчових продуктах. Залишкова кількість пестицидів у харчових

продуктах зумовлена їхніми фізико-хімічними властивостями; розчинністю у воді, жирах; швидкістю та характером трансформації.

Пестициди можуть зберігатися у культурах від одного тижня до п'яти місяців. Деякі хлорорганічні речовини дуже стійкі, і їх знаходять у ґрунті та харчових продуктах через 4–12 років після застосування.

Хлорорганічні пестициди здебільшого використовують у сільському господарстві для боротьби зі шкідниками зернових, зернобобових, технічних і овочевих культур, плодових дерев, виноградників. Ці пестициди дуже акумулятивні, тому тривале вживання продуктів харчування, що містять їх, є дуже небезпечним. Хлорорганічні сполуки (препарати) пошкоджують різні органи людини, особливо центральну нервову та ендокринну системи, печінку, нирки тощо.

У людей з гострим отруєнням виникають головний біль, запаморочення, втрата апетиту, нудота, інколи блювання, біль у животі, м'язах, підвищується температура.

Фосфорорганічні пестициди швидко розпадаються під впливом факторів зовнішнього природного середовища (сонячне світло, ультрафіолетове випромінювання, температура, кисле середовище), а в продуктах харчування руйнуються під час проварювання. Дотримуючись правил оброблення рослин і тварин та строків від моменту оброблення до збирання врожаю, отруїтися фосфорорганічними речовинами практично неможливо.

Це може статися тільки у разі значного збільшення доз препарату під час оброблення та скорочення встановленого інтервалу між останнім обробленням рослин і тварин сильнодіючими препаратами та збиранням урожаю й забоєм тварин.

Найширше використовують фосфоорганічні препарати. Токсичність фосфорорганічних сполук зумовлена тим, що вони пригнічують діяльність ряду ферментів, і в крові накопичується ацетилхолін, що призводить до порушення функції центральної нервової та серцево-судинної систем.

Неорганічні препарати, до складу яких входить мідь, залізо, сірка, ртуть та ін., широко використовують для захисту рослин, садів, плодових культур та овочів від хвороб.

З ртутьорганічних сполук використовують тільки гранозан, яким протравлюють зерно. Він стійкий, леткий, високотоксичний і діє на білок тканин людського організму, внаслідок чого порушується обмін речовин у тканинах, змінюється стан центральної нервової системи, серця, судин та інших органів – можливі отруєння.

Сполуки, що містять мідь (сульфат міді або мідний купорос, бордоська рідина, купронафт, хлороксид міді) широко використовують для захисту садів, виноградників, плодових культур та овочів від шкідників і хвороб.

3.4.2 Санітарне оцінення продуктів тваринництва

М'ясо залежно від наявності в ньому отруйних речовин і можливості використання в їжу поділяють на три групи. Санітарне оцінення м'яса на вміст

цих речовин (за результатами бактеріологічного і біохімічного дослідження) наведено в табл. 3.24.

З молока, яке містить пестицидів більше, ніж це передбачено нормами, виробляють знежирений сир, кефір, сухе або згущене молоко. Вершки використовують тільки з технічною метою.

Забруднене понад норму пестицидами м'ясо в незначній кількості (до 20 %) можна додавати до незабрудненої сировини під час приготування ковбасних виробів. Так само використовують рибу для виготовлення рибних та овочевих консервів.

Яйця, якщо в них виявлено пестицидів більше, ніж це передбачено нормами, використовують у кондитерському виробництві. М'ясо, рибу, яйця в процесі виготовлення різних продуктів вводять з таким розрахунком, щоб готова продукція містила пестицидів не більше від максимально допустимих рівнів.

Таблиця 3.24 – Санітарна оцінка м'яса

Отруйні речовини, наявність яких у м'ясі та субпродуктах не допускається	Гранично допустимі кількості отруйних речовин у 1 кг м'яса, мг	Отруйні речовини, з якими м'ясо допускається для використання на харчові цілі
Фосфорорганічні пестициди – метафос, тіофос, ДДВФ, хлорофос	Свинцю – 0,5; кремній-фтористого натрію – 0,4; нітратйону – 100; ДДТ та його метаболітів і гек-сахлорцикло-гексану – до 0,005; атразину – 0,2; ролену – 0,3; метоксихлору – 14 мг.	Препарати фтору, солі цинку і міді, хлорид натрію, алкалоїди, кислоти і луги, газоподібні речовини (амоній, хлор, чадний газ, сірчистий ангідрид), карбамід, сапоніни, речовини фото динамічної дії, що містяться в гречці, просі, люцерні, ціаногенні рослини, токсичні грибки, отруйні речовини куколю, молочаю, веху і рослин сімейства лютикових
Хлорорганічні сполуки – гептахлор, поліхлоркамфен; севин, ТМТД, цинеб, дикрезил, полікарбацил, байгон та ін.; динітроортокрезол, нітроген, гербіциди групи 2,4 Д	За отруєння м'яса нітратами з рівнем не вище 7–10 мг % м'ясо вимушено забитих тварин можна використовувати для виробництва варених ковбас	У всіх випадках внутрішні органи, зокрема і кишково-шлунковий тракт, вим'я та мозок утилізуються
Хлорорганічні сполуки – гептахлор, поліхлоркамфен; севин, ТМТД, цинеб, дикрезил, полікарбацил, байгон та ін.; динітроортокрезол, нітроген, гербіциди групи 2,4 Д	За отруєння м'яса нітратами з рівнем не вище 7–10 мг % м'ясо вимушено забитих тварин можна використовувати для виробництва варених ковбас	У всіх випадках внутрішні органи, зокрема і кишково-шлунковий тракт, вим'я та мозок утилізуються

3.4.3 Нормування вмісту важких металів у харчових продуктах

Вміст важких металів у харчових продуктах і продовольчій сировині не має перевищувати допустимі рівні, встановлені санітарними правилами та

нормами (СанПіН), медично-біологічними вимогами і санітарними нормами якості продовольчої сировини й харчових продуктів № 5061-89.

Норми вмісту важких металів в харчових продуктах зазначені також у державних стандартах України.

Налічується близько 20 токсичних важких металів, але вони неоднаковою мірою токсичні, їх поділяють на три класи небезпечності:

- перший клас (найнебезпечніший) – кадмій, ртуть, нікель, свинець, кобальт, миш'як, що мають виняткову токсичність;
- другий клас – мідь, цинк і марганець. Вони мають помірну токсичність;
- третій клас – інші токсичні важкі метали.

Харчові продукти і продовольчу сировину контролюють на вміст тільки кадмію, міді, ртуті, свинцю, цинку, олова, миш'яку і заліза. Норми вмісту цих перелічених важких металів у деяких харчових продуктах наведено в таблиці 3.25.

Нормують вміст важких металів і в продуктах тваринного походження та питній воді.

Таблиця 3.25 – Гранично допустимі концентрації важких металів у харчових продуктах, мг/кг

Продукти	Важкі метали						
	кадмій	мідь	ртуть	свинець	цинк	олово	миш'як
1	2	3	4	5	6	7	8
Овочі й картопля свіжі та свіжоморожені	0,03	5	0,02	0,5	10	—	0,2
Фрукти і ягоди свіжі та свіжоморожені	0,03	5	0,02	0,4	10	—	0,2
Гриби свіжі й консервовані	0,1	10	0,05	0,5	20	-	0,2
Консерви овочеві в скляній, алюмінієвій цільнотягнутій та металевій тарі	0,03	5	0,02	0,5	10	-	0,2
Консерви овочеві у збірній металевій тарі	0,05	5	0,02	1	10	200	0,2
Консерви фруктовогідні та соки у скляній, алюмінієвій, цільнотягнутій металевій тарі	0,03	5	0,02	0,4	10	-	0,2
Консерви фруктовогідні та соки у збірній металевій тарі	0,05	5	0,02	1	10	200	0,2
Картопля, овочі сушені та концентровані (у перерахунку на сиру масу)	0,03	5	0,02	0,4	10	-	0,2
Консерви для дитячого харчування на овочевій та фруктовій основі	0,02	5	0,01	0,3	10	-	0,2
Овоче-молочні і плодово-молочні суміші	0,02	5	0,01	0,3	50	-	0,2

Забруднення продуктів харчування важкими металами небезпечне тим, що вони виявляють високу токсичність у слідових кількостях та концентруються у живих організмах. Токсичність важкого металу зростає зі зростанням його атомної маси. За значних концентрацій вони можуть спричиняти гострі отруєння людей і тварин [15–18].

Для кожного металу існує свій механізм токсичної дії, зумовлений конкуренцією між необхідними та токсичними властивостями за місцем зв'язку в білкових молекулах.

3.4.4 Нормування забруднення харчових продуктів антибактеріальними речовинами

Продовольчі товари тваринного походження забруднюються різноманітними антибактеріальними речовинами. Джерелом надходження їх переважно можна вважати різні кормові добавки, лікарські та хімічні препарати, що використовують для підвищення продуктивності сільськогосподарських тварин, профілактики захворювань, збереження доброякісності кормів. Найбільш поширеними є антибіотики, сульфаніламід, нітрофуран і гормональні препарати.

У харчових продуктах можуть зустрічатись антибіотики різних походжень: природні, антибіотики, що утворюються в процесі приготування продуктів, антибіотики лікувально-ветеринарних засобів і біостимуляторів, деякі види, що застосовують для консервування, та ін. Природні компоненти з антибіотичною дією містяться у цибулевих овочах, хроні, прянощах, ефірних оліях, багатьох фруктах, зернових культурах, меді, свіжовидоєному молоці та ін. Частину з них використовують у лікувально-профілактичному харчуванні та для консервування харчових продуктів. Водночас враховують їх безпечність, доступність, а часом і значну ефективність у поєднанні з комплексною дією у багатьох видах продовольчих товарів.

Під час мікробно-ферментативних процесів утворюються різні групи речовин з антибіотичною дією, які доволі широко застосовують у ветеринарії і тваринництві для профілактики та лікування багатьох захворювань, прискорення росту тварин, поліпшення якості кормів, їх збереження тощо.

Антибіотики стимулюють окремі біохімічні процеси в організмі тварин, що приводить до поліпшення їх загального стану, прискорення росту, підвищення продуктивності, активізації захисних реакцій. Тому антибіотики використовують не тільки для лікування та профілактики багатьох інфекційних та незаразних хвороб, а й для стимулювання росту тварин, підвищення їх продуктивності.

Особливу групу становлять антибіотики, призначені для стимулювання росту й підвищення продуктивності тварин і які не використовуються в лікувальній ветеринарній або медичній практиці.

Крім безпечності та високої ефективності, ці препарати потрібно, щоб мали такі властивості:

- не резорбціюватись або майже не резорбціюватись зі шлунково-кишкового тракту, що унеможливило б потрапляння залишкових кількостей антибіотиків у харчові продукти тваринного походження;

- справляти антибактеріальну дію переважно на грампозитивну мікрофлору;

- не спричиняти перехресної резистентності мікроорганізмів до інших антибіотиків, які використовують для лікування.

За раціонального використання кормових антибіотиків в умовах правильної відгодівлі та утримання тварин підвищується приріст маси тіла, знижуються затрати кормів на одиницю продукції і собівартість м'яса, скорочується період відгодівлі.

У більшості розвинених країн світу як ростостимулювальні препарати дозволено використовувати тільки антибіотики немедичного призначення, які не використовуються у ветеринарній практиці як лікувальні і профілактичні засоби. У корми дозволяється добавляти препарати антибіотиків гризину і бацитрацину, що надходять на ферми тільки у складі преміксів, білково-вітамінних добавок, комбікормів і замінників незбираного молока.

Для виключення можливості потрапляння антибіотиків у продукти тваринництва використання їх під час вирощування та відгодівлі сільськогосподарських тварин строго регламентується.

Не дозволяється добавляти кормові антибіотики у корми коровам, племінним тваринам у племінних господарствах, а також курям-несучкам (крім препарату ба-цитрацину).

Корми з антибіотиками виключають з раціону всіх тварин за 1–14 діб до забою залежно від виду антибіотика. Під час здавання худоби на м'ясо у ветеринарному свідоцтві або довідці має бути вказано час виключення антибіотиків із раціону [14–17].

Близько половини виготовлених антибіотиків використовують у тваринництві.

Вони здатні переходити в м'ясо, молоко, яйця птахів та інші продукти (табл. 3.26).

Таблиця 3.26 – Антибіотики у продуктах тваринництва

Види продуктів	Антибіотики	Спосіб введення	Концентрація, мкг на 1 кг або л
Яловичина	Пеніцилін	Внутрішньом'язовий	До 62
Продукти з яловичини: варене м'ясо, напівфабрикати, ковбаси	Пеніцилін	Те саме	До 31
Свинина	Пеніцилін Стрептоміцин	З кормами і водою	До 12 2100
Яловичина, свинина, телятина	Хлорамфенікол	Внутрішньом'язовий	До 7000
Печінка і нирки телят	Ампіцилін	Те саме	18700
Печінка і нирки телят	Неоміцин	-//-	3500
М'язи і органи птахів	Тетрациклін	-//-	25-5600
Молоко коров'яче	Пеніцилін Тетрациклін Стрептоміцин Новобіцин	З кормами і водою Внутрішньом'язовий	Сліди- 131 25-125 20-1000 45
Сметана, сир	Пеніцилін Стрептоміцин	Внутрішньом'язовий	0,6-6,6 1000
Яйця	Тетрациклін Ампіцилін Стрептоміцин Клюпидол	З кормами і водою	350-1150 Сліди - 350 До 8000 30-70

Систематичне накопичення антибіотиків у організмі людини призводить до порушення функціональних властивостей деяких органів.

Частина населення дуже чутлива до антибіотиків, що змінюють кишкову мікрофлору і внаслідок чого порушується синтез вітамінів та розмножуються патогенні мікроорганізми. Деякі антибіотики, особливо пеніцилін і тилозин, проявляють алергічну дію.

Залишки антибіотиків у молоці можуть істотно погіршити технологічний процес виробництва сирів та деяких інших молочних продуктів. Вони пригнічують розвиток молочнокислих бактерій, порушують сичужне згортання молока, що негативно впливає на органолептичні показники і склад цих продуктів. Антибіотики, що знаходяться у молоці і молочних продуктах, можуть зумовити токсичну, тератогенну і мутагенну дію на організм людини.

3.5 Науково-технічні нормативи впливів на навколишнє природне середовище

Щоб забезпечити якість навколишнього природного середовища для всіх об'єктів господарської діяльності, які є забруднювачами, розраховують і встановлюють норми на гранично допустимі викиди (ГДВ) та гранично допустимі скиди (ГДС).

3.5.1 Визначення ГДВ шкідливих речовин у приземному шарі атмосфери

ГДВ для кожного стаціонарного джерела встановлюють за умови, що викиди шкідливих речовин від такого джерела сумісно з фоновим забрудненням не створять у приземному шарі атмосфери концентрацію, що перевищує ГДК, тобто необхідним є виконання умови

$$C_m + C_\phi \leq ГДК, \quad (3.31)$$

де C_m – концентрація в приземному шарі атмосфери забруднювачів від цього джерела (за умови найнесприятливіших для розсіювання), мг/м³;

C_ϕ – фонові концентрації, мг/м³.

Якщо значення ГДВ з об'єктивних причин не можуть бути досягнуті, то для таких підприємств встановлюють значення тимчасово узгоджених викидів шкідливих речовин (ТУВ) і вводиться поетапне зниження показників викидів шкідливих речовин до значень, що забезпечували б дотримання ГДВ.

ГДВ для нагрітих викидів з одного джерела з круглим отвором або групи таких, що близько розташовані один біля одного, у разі, коли фонові концентрації сумішей (C_ϕ) встановлена як незалежна від швидкості та напрямку вітру і постійна на території, що розглядається, визначають за формулою [22, 25, 26]:

$$ГДВ = \frac{(ГДК - C_\phi) \cdot H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}, \quad (3.32)$$

де H – висота джерела викиду (труби) над рівнем землі, м;

V_1 – об'ємна витрата газів, що викидаються, (повітря) за робочих умов, м³/с;

ΔT – різниця між температурою газоповітряної суміші, що викидається, і температурою навколишнього атмосферного повітря, °С;

A – коефіцієнт, що залежить від температурної стратифікації;

F – безрозмірний коефіцієнт, що враховує швидкість осідання шкідливих речовин в атмосфері;

m, n – безрозмірні коефіцієнти, що враховують умови виходу газоповітряної суміші з отвору джерела викиду;

η – коефіцієнт, що враховує вплив рельєфу місцевості на розсіяння домішок.

Витрати (об'єм) газоповітряної суміші визначають за формулою

$$V_1 = \frac{\pi D^2}{4} \omega_{сер}, \quad (3.33)$$

де D – діаметр отвору джерела викиду, м;

$\omega_{сер}$ – середня швидкість виходу газоповітряної суміші з отвору джерела викиду, м/с.

Значення безрозмірного коефіцієнта m визначають за формулою

$$m = \frac{1}{0.67 + 0.1 \sqrt{f + 0.34 \sqrt[3]{f}}}, \quad (3.34)$$

де f – знаходять за математичним виразом

$$f = 10^3 \cdot \frac{\omega_{сер}^2 \cdot D_0}{H^2 \cdot \Delta T}. \quad (3.35)$$

Безрозмірний коефіцієнт n визначають залежно від параметра V_M

$$V_M = 0.65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}}. \quad (3.36)$$

За величиною V_M значення коефіцієнта n вибирають за таких умов:

- якщо $V_M < 0,3$, то $n = 3$;

- якщо $0,3 \leq V_M \leq 2$, то n знаходять за формулою

$$n = 3 - \sqrt{(V_M - 0.3)(4.36 - V_M)^{-1}}, \quad (3.37)$$

- якщо $V_M > 2$, то $n = 1$.

Безрозмірний коефіцієнт η дорівнює одиниці, якщо в радіусі $50 H$ від джерела перепад відміток місцевості не перевищує 50 м на 1 км. В інших випадках поправку на рельєф встановлюють на підставі картографічного матеріалу, що висвітлює рельєф місцевості в радіусі $50 H$ від джерела, але не менше 2 км.

Величину ГДВ для холодної газоповітряної суміші за всіх інших умов, однакових з розглянутими раніше, визначають за формулою

$$ГДВ = \frac{(ГДК - C_\phi) \cdot H^{4/3}}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta} \cdot 8V_1. \quad (3.38)$$

Залежність значень коефіцієнта A від розташування джерела на території країни така сама, як і у випадку нагрітих викидів.

Безрозмірний коефіцієнт n визначають залежно від значення параметра V_M і розраховують за формулою

$$V_M = 1.3 \cdot \frac{\omega_{сер} \cdot D}{H}. \quad (3.39)$$

Якщо різниця температур ($^{\circ}\text{C}$) близька до нуля або під час розрахунків параметр f перевищує 100 , то для таких викидів ГДВ розраховувати так само, як і для холодних викидів, оскільки початкове перегрівання не справляє істотного впливу на початкове піднімання факела та розсіювання викидів в атмосфері.

Для холодних викидів висоту труби визначають за формулою

$$H = \left[\frac{AMFD\eta}{8V_1(ГДК - C_\phi)} \right]^{3/4}. \quad (3.40)$$

Якщо у повітрі населених пунктів, де розташовані підприємства, C_ϕ перевищує ГДК, а значення ГДВ з об'єктивних причин не можуть бути досягнуті, вводять поетапне зниження викидів шкідливих речовин до ГДК.

Усі промислові викиди в атмосферне повітря періодично інвентаризують, тобто проводять систематизацію відомостей про розподіл джерел викидів на території об'єкта, їх кількість і склад.

Метою інвентаризації є:

- визначення викидів шкідливих речовин, що надходять в атмосферу від об'єктів;
- оцінювання впливу викидів на довкілля, встановлення ГДВ;
- розроблення рекомендацій з організації контролю викидів;
- оцінювання стану очисного обладнання та екологічності технологій і виробничого обладнання;
- планування черговості природоохоронних заходів.

Інвентаризацію проводять один раз на п'ять років, згідно із затвердженою інструкцією з інвентаризації викидів забруднюючих речовин в атмосферу.

Приклад 9.3. Розрахувати гранично допустимі викиди шкідливих речовин у газах, які викидаються ТЕС потужністю $P=100000$ кВт електроенергії, яка працює на Донецькому пісному вугіллі, і за необхідності вибрати апарати для їх очищення.

Висота труби для розсіювання газів $H = 60$ м, діаметр отвору труби $D_0 = 2.5$ м; температура газів, які викидаються, $t_g = 160$ °С; температура навколишнього атмосферного повітря $t_a = 23$ °С; фонові концентрації: оксидів сірки $C_{\text{ф}}^{\text{SO}_2} = 0.1$ мг/м³; оксидів азоту $C_{\text{ф}}^{\text{NO}_2} = 0.005$ мг/м³.

ТЕС заходиться на Україні в зоні від 50° до 52° південної широти, місцевість рівна.

Розв'язування

1. Визначаємо об'єм газів Q , м³/с, які викидаються за нормальних умов:

$$Q = \frac{P}{3600} \cdot q_g = \frac{100000}{3600} \cdot 4 = 111,1 \text{ м}^3/\text{с},$$

де q_g – питомі викиди газів, г/(кВт·год) [додаток Ж].

2. Знаходимо об'єм газів Q , м³/с, які викидаються за робочих умов:

$$Q_1 = Q \cdot \frac{T_0 + t_g}{T_0} = 111,1 \cdot \frac{273 + 160}{273} = 176,2 \text{ м}^3/\text{с}.$$

3. Розраховуємо величини викидів шкідливих речовин:

з о л и

$$M_s = \frac{P}{3600} \cdot q_s = \frac{100000}{3600} \cdot 97 = 2696,6 \text{ г/с};$$

д в о о к и с у с і р к и

$$M_{\text{CO}_2} = \frac{P}{3600} \cdot q_{\text{CO}_2} = \frac{100000}{3600} \cdot 21,6 = 600,5 \text{ г/с};$$

окислів азоту

$$M_{NO_2} = \frac{P}{3600} \cdot q_{NO_2} = \frac{100000}{3600} \cdot 2,8 = 77,8 \text{ г/с.}$$

4. Коефіцієнт $A = 180$, коефіцієнт $\eta=1$, коефіцієнт F : для золи $F=3$, для двоокису сірки і окислів азоту $F=1$.

Максимальна разова гранична концентрація (додаток Л) золи $C_{ГДК}^3=0,5 \text{ мг/м}^3$; двоокису сірки $C_{ГДК}^{SO_2}=0,5 \text{ мг/м}^3$; окислів азоту $C_{ГДК}^{NO_2}=0,085 \text{ мг/м}^3$.

5. Знаходимо різницю температур ΔT між температурою газів, які викидаються, і температурою навколишнього атмосферного повітря:

$$\Delta T = t_e - t_n = 160 - 23 = 137 \text{ }^\circ\text{C.}$$

6. За формулами (9.5) і (9.6) визначаємо параметри f і V_i :

$$f = 1000 \cdot \frac{V_0^2 \cdot D_0}{H^2 \cdot \Delta T} = 1000 \cdot \frac{15^2 \cdot 2.5}{60^2 \cdot 137} = 1.14;$$

де V_0 – рекомендована швидкість виходу газів з труби висотою до 120 м.

$$V_i = 0.65 \cdot \sqrt[3]{\frac{Q_1 \cdot \Delta T}{H}} = 0.65 \cdot \sqrt[3]{\frac{176.2 \cdot 137}{60}} = 4.8.$$

7. За формулами (3.34) та (3.37) знаходимо коефіцієнти m і n :

$$m = \frac{1}{0.67 + 0.1\sqrt{f} + 0.34\sqrt[3]{f}} = \frac{1}{0.67 + 0.1\sqrt{1.14} + 0.34\sqrt[3]{1.14}} = 0.883,$$

$n = 1$, тому що $V_i > 2$.

8. Знаходимо величини гранично допустимих викидів шкідливих речовин, користуючись формулою (3.32) [27]:

золи

$$ГДВ_z = \frac{(C_{ГДК}^3 - C_\phi^3) \cdot H^2}{A \cdot M \cdot F \cdot n \cdot \eta} \cdot \sqrt[3]{Q_1 \cdot \Delta T} = \frac{(0.5 - 0) \cdot 60^2}{180 \cdot 3 \cdot 0.883 \cdot 1 \cdot 1} \cdot \sqrt[3]{176.2 \cdot 137} = 109.1 \text{ г/с;}$$

двоокису сірки

$$ГДВ_{SO_2} = \frac{(0.5 - 0) \cdot 60^2}{180 \cdot 1 \cdot 0.883 \cdot 1} \cdot \sqrt[3]{176.2 \cdot 137} = 262 \text{ г/с;}$$

окислів азоту

$$ГДВ_{NO_2} = \frac{(0.85 - 0.005) \cdot 60^2}{180 \cdot 1 \cdot 0.883 \cdot 1 \cdot 1} \cdot \sqrt[3]{176.2 \cdot 137} = 52.5 \text{ г/с.}$$

9. Визначаємо необхідний ступінь очищення η_0 газів, які викидаються, від золи:

$$\eta_0 = \frac{M_3 - ГДВ}{M_3} = \frac{2696,6 - 109,1}{2696,6} = 0,96.$$

Такий ступінь очищення може забезпечити електрофільтр.

10. Знаходимо необхідну площу активного перерізу S електрофільтра, взявши число паралельних корпусів $N = 2$ і швидкість димових газів $V = 1,2$ м/с:

$$S = \frac{Q_1}{N \cdot V} = \frac{176.2}{2 \cdot 1.2} = 73.4 \text{ м}^2.$$

Вибираємо електрофільтр типу ЕГА-1-30-9-6-3 висотою електродів 9 м, площею активного перерізу $S = 73,4 \text{ м}^2$ і максимальним ступенем очищення $\eta_0 = 0,99$.

11. Враховуючи сумісну дію двоокису сірки і окислів азоту, приводимо величини фактичних і гранично допустимих викидів цих речовин до викидів за двоокисом сірки:

$$M = M_{SO_2} + 5.88M_{NO_2} = 600.5 + 5.88 \cdot 77.8 = 1058 \text{ г/с.}$$

$$ГДВ = ГДВ_{SO_2} + 5.88ГДВ_{NO_2} = 262 + 5.88 \cdot 52,5 = 570,7 \text{ г/с.}$$

12. Визначаємо необхідний ступінь очищення газів, які викидаються, від двоокису сірки та окислів азоту:

$$\eta_0 = \frac{M - ГДВ}{M} = \frac{1058 - 570,7}{1058} = 0,46.$$

Такий ступінь очищення можна забезпечити абсорбційним очищенням газів в абсорберах з лужними розчинами $NaOH$, Na_2CO_3 та $Ca(OH)_2$.

3.5.2 Гранично допустимий скид

Основним нормативом скидів забруднюючих речовин є гранично допустимий скид.

Гранично допустимий скид (ГДС) – це максимально допустима маса речовин у стічних водах, що потрапляють в об'єми водовідведення за одиницю часу. ГДК у цьому пункті водного об'єкта з установленим режимом має забезпечити якість води в контрольному пункті у межах норми [11–13, 25].

ГДС – межа витрат стічних вод і концентрації в них шкідливих домішок. ГДС встановлюють з урахуванням ГДК шкідливих речовин у місцях водокористування (залежно від виду водокористування), асимілювальної спроможності водного об'єкта, перспектив розвитку регіону і оптимального розподілу скиданих шкідливих речовин поміж водокористувачами, які скидають стічні води. ГДС встановлюють для кожного джерела забруднення і кожного виду шкідливих домішок з урахуванням їх комбінованої дії. В основі визначення ГДС (за аналогією з ГДВ) лежить методика розрахунку концентрацій забруднюючих речовин, створюваних джерелом у контрольних пунктах – розрахункових створах – з урахуванням їх розбавлення, вкладу інших джерел, перспектив розвитку (проектування джерела забруднення) тощо.

ГДС визначають для всіх категорій водокористування як добуток максимальних годинних витрат стічних вод ($\text{м}^3/\text{год}$) на концентрацію в них забруднюючих речовин C_{cm} ($\text{г}/\text{м}^3$) згідно з формулою

$$ГДС = C_{cm}g, \text{ м}^3/\text{год}. \quad (3.41)$$

Відповідно до Санітарних правил і норм охорони поверхневих вод від забруднень для скидання стічних вод у межах міста чи населеного пункту встановлюють на рівні відповідних ГДК.

3.5.3 Розрахунок допустимої концентрації забруднюючої речовини у стічних водах

Концентрацію забруднюючої речовини у стічній воді визначають за формулою

$$C_{cm} = \frac{aQ}{g}(ГДК - C_{\phi}) + ГДК, \quad (3.42)$$

де Q – відповідно витрати води і стічних вод у водному об'єкті;

a – коефіцієнт змішування;

C_{ϕ} – фонові концентрації шкідливої речовини у водному об'єкті до скиду стічних вод.

Допустима концентрація забруднюючої речовини у стічній воді ($ДК_{cm}$) має відповідати умові, за якої $C_{cm} < ГДК$:

$$ДК_{cm} = \frac{aQ}{g}(ГДК - C_{\phi}) + ГДК, \quad (3.43)$$

За $ДК_{cm} < ГДК$ нормативні вимоги мають бути віднесені не до контролюваного створу водного об'єкта, а до самих стічних вод. Допустиму концентрацію забруднюючих речовин у стічних водах беруть за основу під час

розробки заходів щодо зниження забруднення. Необхідне очищення стічних вод (D , %) розраховують за формулою

$$D = \frac{C_{\text{факт}} - ДК_{\text{ст}}}{C_{\text{факт}}} \cdot 100\%. \quad (3.44)$$

Якщо $C_{\text{факт}} \geq ГДК$, то скидання стічних вод неприпустиме. Гранично допустимий скид (під час визначення $ДК_{\text{ст}}$) визначають за формулою

$$ГДС = ДК_{\text{ст}} g. \quad (3.45)$$

Цей розрахунок підходить до найпростішого випадку, коли стік організований одним випусканням і забруднює водойму переважно сухою речовиною.

Величина ГДС має гарантувати досягнення встановлених норм якості води (санітарних та рибогосподарських) за найгірших умов розбавлення у водному об'єкті.

Під час скидання стічних вод або інших видів господарської діяльності, що впливають на стан водних об'єктів, які використовуються для господарсько-питних і культурно-побутових цілей, норми якості поверхневих вод (або їх природний склад і властивості у випадку перевищення цих норм) мають дотримуватись на водотоках, починаючи зі створів, розташованих за 1 км вище найближчого за течією пункту водокористування (тобто водозабір для господарсько-питного водопостачання, місця для організованого відпочинку населення, територія населеного пункту тощо); а на водоймах – на акваторії в радіусі 1 км від пункту водокористування. Найближчі пункти водокористування визначають органи санітарно-епідеміологічної служби.

Під час скидання стічних вод або інших видів господарської діяльності, що впливають на стан рибогосподарських водотоків або водойм, норми якості поверхневих вод (або їх природний склад і властивості у випадку природного перевищення цих норм) мають дотримуватись впродовж усієї ділянки водокористування, починаючи з контрольного створу, який визначають у кожному конкретному випадку органи Держеконагляду, але далі як на відстані 500 м від місця скидання стічних вод або розташування інших джерел забруднення поверхневих вод (наприклад, місця добування корисних копалин, виконання певних робіт на водному об'єкті тощо).

У випадку, якщо значення ГДС за об'єктивних причин не може бути досягнутим, то для таких підприємств (джерел забруднення) встановлюють тимчасово узгоджені обсяги скидів шкідливих речовин (ТУС) і вводять плани поетапного зменшення показників скидів шкідливих речовин до значень, які забезпечували б дотримання ГДС.

Ступінь екологічної безпеки водних об'єктів $P_{\text{еб}}$ визначають за нерівністю

$$P_{\text{еб}} = \frac{\sum P_{\phi}(t)}{\sum P_n(t)} \leq 1, \quad (3.46)$$

де P_{ϕ} – фактичні значення показників якості води;

P_n – нормовані значення показників якості води;

t – функція часу.

3.6 Нормування показників накопичення відходів

Лімітування розташування твердих промислових відходів (розробку проєктів лімітів розташування) виконують на підставі «Тимчасових правил охорони навколишнього природного середовища від відходів виробництва і споживання».

3.6.1 Джерела утворення відходів та їх класифікація

В Україні накопичено близько 20 млрд т виробничих відходів, їх переробка та утилізація є однією з актуальних проблем захисту довкілля від шкідливих речовин.

Усі види промислових відходів поділяють на тверді, рідкі та газоподібні. Тверді відходи класифікують за трьома категоріями: промислові, сільськогосподарські та відходи міського господарства (побутові). Основна маса твердих промислових відходів утворюється на підприємствах:

- гірничої та гірничо-хімічної промисловості (шлаки, відвали та ін.);
- чорної та кольорової металургії (шлаки, шлами, пил та ін.);
- металообробної промисловості (стружка, браковані вироби та ін.);
- лісової та деревообробної промисловості (лісозаготівельні відходи, відходи лісопиляння, деревостружкових, деревоволокнистих плит, шаруватих пластиків, карболітових, королітових плит, відходи клеїв, смол і лакофарбових матеріалів);
- енергетичного господарства – теплових електростанцій (зола, шлаки);
- хімічної та суміжних галузей промисловості (фосфогіпс, галіт, огарок, шлаки, шлами, цементний пил, відходи органічних виробництв: гума, пластмаси та ін.);
- харчової промисловості (кістки, шерсть та ін.);
- легкої промисловості (шматки тканини, шкіри, гуми, пластмас та ін.).

До рідких відходів належать осад стічних вод після їх обробки, а також шлами пилу мінерального та органічного походження в системах мокрого очищення газів.

Для повного використання відходів як вторинної сировини розроблено їх промислову класифікацію. Наприклад, лом і відходи металів за фізичними ознаками поділяють на класи, за хімічним складом – на групи та марки, за показниками якості – на сорти. Оскільки тверді відходи скидають на ґрунт контрольованих та неконтрольованих звалищ, полігонів тощо або захороняють у ґрунті, важливе значення мають показники нормативів гранично допустимих концентрацій токсичних речовин у ґрунті (ГДК_г).

3.6.2 Показники накопичення відходів

ГДК хімічної речовини в орному шарі ґрунту – це кількість речовини, що не має спричиняти прямого або опосередкованого негативного впливу на ґрунт та інші компоненти довкілля, а найважливіше – на здоров'я людей. Водночас ГДК шкідливих речовин мають сприяти самоочищенню ґрунту. У разі відсут-

ності ГДК_г забрудненість оцінюють зіставленням вмісту хімічних речовин у забруднених (досліджуваних) і контрольних зразках ґрунту. Обґрунтовуючи ГДК_г, орієнтуються на основні показники, визначають експериментально:

- МА – міграційний атмосферний показник шкідливості, що характеризує перехід хімічної речовини з органічного шару ґрунту в атмосферу, мг/м;
- МВ – міграційний водний показник шкідливості, що характеризує перехід хімічної речовини з орного шару ґрунту в ґрунтові та поверхневі води, мг/дм³;
- ТВ – транслокаційний водний показник, що характеризує перехід із орного шару ґрунту через кореневу систему в зелену масу та плоди рослин, мг/кг;
- ЗС – загальносанітарний показник шкідливості, що характеризує вплив хімічної речовини на самоочисну здатність ґрунту та ґрунтовий мікробіоценоз, мг/кг.

Значення ГДК для різних хімічних речовин, що містяться в промислових відходах, наведено в табл. 3.27.

Таблиця 3.27 – Значення ГДК для різних хімічних речовин

Речовина	ГДК, мг/кг	Речовина	ГДК, мг/кг
Марганець	1500 за ЗС	Бромфос	0,4 за ТВ
Миш'як	2 за ЗС	Перхлоридввініл	0,5 за ТВ
Ртуть	2,1 за ЗС	Ізопропилбензол	0,5 за МА
Свинець	20 за ЗС	Фосфорооксид	200 за МА
Хром	0,05 за МВ	Формальдегід	7 за ЗС
Бенз(а)пірен	0,2 за ЗС		

Якщо ГДК відомо, можна розрахувати клас небезпеки (токсичності) відходів. Згідно з рекомендаціями для визначення токсичності промислових відходів їх поділяють на 4 класи токсичності:

- I – надзвичайно небезпечні,
- II – високонебезпечні,
- III – помірно небезпечні,
- IV – малонебезпечні.

Критерієм для визначення класу небезпеки відходів є індекс токсичності – K_i , що визначають за формулою

$$K_i = \frac{ГДК_i}{(k_p + g_e)}, \quad (3.47)$$

де $ГДК_i$ – гранично допустима концентрація в ґрунті токсичної хімічної речовини, що міститься у відході;

k_p – безрозмірний коефіцієнт, що характеризує розчинність речовини у воді;

g_n – вміст цього компонента в загальній масі відходів.

Розрахувавши значення K_i для деяких компонентів відходів, вибирають 1-3 основних компоненти, що мають мінімальне значення K_i . Сумарний індекс токсичності (небезпеки) $K_{\text{сум}}$ визначають за формулою

$$K_{\text{сум}} = \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n K_i, \quad (3.48)$$

де n – кількість компонентів, $n < 3$.

За відомими значенням $K_{\text{сум}}$ встановлюють клас токсичності (табл. 3.28).

Таблиця 3.28 – Класи токсичності шкідливих речовин

Сумарний індекс токсичності $K_{\text{сум}}$	Клас токсичності (небезпеки)	Ступінь небезпеки
2	I	Надзвичайно небезпечні
2-16	II	Високонебезпечні
16,1-30	III	Помірно небезпечні
>30	IV	Малонебезпечні

Якщо для конкретних речовин відсутні дані ГДК у ґрунті, коефіцієнт K_i розраховують за формулою

$$K_i = \frac{\lg_{(ЛД_{50})i}}{(k_p + 0.1k_l + g_s)}, \quad (3.49)$$

де $ЛД_{50}$ – середня летальна доза речовини залежно від маси тіла людини, мг/кг;

k_l – коефіцієнт леткості цього компонента в частках одиниці (для CCl_4 $P_{\text{нас}}=112,2$ мм рт. ст., звідки $k_l=112,2 \cdot 760^{-1} = 0,15$).

Знаючи K_i , визначають $K_{\text{сум}}$.

У цьому випадку класам небезпеки відповідають такі значення K_i :

I менше 1,3; II – 1,2–3,3; III – 3,3–10; IV – понад 10.

За відсутності значень ГДК у ґрунті та $ЛД_{50}$ для деяких речовин, що є компонентами відходів, і за наявності даних з ГДК речовин для повітря робочої зони, а також відповідних класів небезпеки, користуються умовною величиною $ЛД_{50}$.

Класи небезпеки речовин для повітря робочої зони та відповідні умовні величини $ЛД_{50}$ наведено в табл. 3.29.

Таблиця 3.29 – Класи небезпеки у повітрі робочої зони та умовні величини $ЛД_{50}$

Клас небезпеки	Умовна величина $ЛД_{50}$
I	15
II	150
III	5000

Проби ґрунту відбирають на ділянці площею 25 м² у 3–5 точках по діагоналі з глибини 0,25 м, а під час визначення впливу забруднень на ґрунтові води пробу беруть з глибини 0,75–2,0 м у кількості 0,2–1,0 кг.

Рівень накопичення відходів на території підприємства встановлюють за двома показниками:

- гранична кількість токсичних промислових відходів на території підприємства;
- гранично допустимий вміст токсичних сполук у промислових відходах.

Гранична кількість відходів на території підприємства – це така їх кількість, яку можна розмістити за умови, що можливе накопичення шкідливих речовин у повітрі не перевищує 30 % ГДК у повітрі робочої зони, тобто ГДК. Граничну кількість визначають шляхом:

- вимірювання (визначення) вмісту токсичних речовин у повітрі з урахуванням ефекту сумачії;
- отримання середньозваженої концентрації ($C_{сз}$) поділом її на відповідне значення $0,3 ГДК_{рз}$.

Якщо це відношення більше 1, тобто

$$\frac{C_{сз}}{0,3ГДК_{рз}} > 1, \quad (3.50)$$

то кількість відходів, що знаходяться на території, є граничною і їх необхідно негайно вилучити. Граничний вміст токсичних сполук у відходах визначає клас небезпечності цих відходів.

3.7 Система нормування в галузі радіаційної безпеки

Діюча нині система нормування в галузі радіаційної безпеки побудована на понятті дозового навантаження. Екологічних нормативів, які встановлювали б допустимі впливи на екосистеми, в галузі радіаційної безпеки не існує.

У системі нормування використовують такі основні поняття.

Поглинена доза – фундаментальна дозиметрична величина, яку визначають кількістю енергії, що передана випромінюванням одиниці маси речовини. За одиницю поглиненої дози випромінювання прийнято грей (Гр) – поглинена доза випромінювання, передана масі опромінюваної величини в один кілограм і вимірювана енергією в 1 Дж будь-якого іонізуючого випромінювання:

$$1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг.}$$

Еквівалентна доза. Оскільки шкідлива дія іонізуючого випромінювання залежить не лише від поглиненої дози, але і від іонізуючої спроможності еквівалентної дози. Для розрахунку еквівалентної дози ($D_{екв}$), поглинену дозу ($D_{погл}$) множать на коефіцієнт якості ІВ (Q), який відображає здатність цього виду випромінювання ушкоджувати тканини організму

$$D_{екв} = D_{погл} \cdot Q. \quad (3.51)$$

Значення коефіцієнта Q , наведено в табл. 3.30.

Таблиця 3.30 – Значення коефіцієнта якості іонізуючого випромінювання (Q) для різних видів випромінювання

Види випромінювання	Q
Фотони і β -випромінювання (незалежно від енергії випромінювання)	1
Протони з енергією понад 2 МеВ	5
Нейтрони з енергією: менше 10 кеВ	5
10-100 кеВ	10
0,1-2 МеВ	20
2-20 МеВ	10
понад 20 МеВ	5
α -випромінювання	20

Одиницею еквівалентної дози є Зіверт (Зв), тобто доза будь-якого виду випромінювання, яку поглинув 1 кг біологічної тканини, і така, що створює такий самий біологічний ефект, як і поглинена доза в 1 Гр фотонного випромінювання. 1 Зіверт = 100 бер. α -випромінювання вважають у 20 разів небезпечнішим за інші види випромінювання.

Ефективна еквівалентна доза. Потрібно враховувати, що одні частини тіла або внутрішні органи більш чутливі до радіаційних ушкоджень, ніж інші. Тому дози опромінювання органів і тканин враховують з різними коефіцієнтами. Ефективна еквівалентна доза ($D_{\text{еод}}$) відображає сумарний ефект опромінювання для організму загалом, і її визначають за формулою

$$D_{\text{еод}} = \sum W_T D_{\text{екв}}, \quad (3.52)$$

де W_T – коефіцієнт, який характеризує відношення ризику опромінювання цього органу до сумарного ризику за рівномірного опромінювання всього тіла (табл. 3.31).

Таблиця 3.31 – Значення коефіцієнта W_T для різних органів і тканин організму людини

Органи і тканини	W_T
Гонади	0,20
Червоний кістковий мозок	0,12
Товста кишка	0,12
Легені	0,12
Шлунок	0,12
Сечовий міхур	0,05
Молочна залоза	0,05
Печінка	0,05
Стравохід	0,05
Щитоподібна залоза	0,05
Шкіра	0,01
Кісткова тканина	0,01
Інші органи	0,05

Відповідно до «Норм радіаційної безпеки України – НРБУ-97» встановлено такі категорії населення, яке зазнає опромінювання:

- категорія А – персонал, який працює безпосередньо з ІВ;
- категорія Б – обмежена частина населення (люди, які безпосередньо не працюють з ІВ, але за умовами проживання або розміщення робочих місць можуть зазнавати опромінювання);
- категорія В – населення.

Визначено три групи органів тіла людини, опромінювання яких спричинює різні наслідки:

- усе тіло, червоний кістковий мозок, гонади;
- м'язи, щитоподібна залоза, жирова тканина, внутрішні органи;
- кісткова тканина, шкірний покрив, кисті, передпліччя, щиколотки і стопи.

Залежно від груп критичних органів для осіб категорії А встановлено ГДД за рік, а для категорії Б – границю дози (ГД) за рік.

В Україні згідно з «Нормами радіаційної безпеки – НРБУ-97» встановлено межі доз опромінювання (табл. 3.32).

Таблиця 3.32 – Межі доз опромінювання, мЗв/рік

Нормовані величини	Категорії опромінюваних осіб		
	А	Б	В
Межа ефективної дози	20	2	1
Межі ефективної зовнішньої дози			
для кришталика ока	150	15	15
шкіри	500	50	50
кистей і стоп	500	50	

Еквівалентна доза (H) накопичення в критичному органі за час T (років) від початку професійної роботи не має перевищувати значень, визначених за формулою

$$H = ГДД \cdot T. \quad (3.53)$$

Отже, для персоналу ефективна доза за період трудової діяльності 50 років становить $50 \cdot 20 = 1000$ мЗв (1 Зв), а ефективна доза впродовж життя для населення (70 років) становить 70 мЗв. Цей рівень відповідає концепції безпечного проживання. Потрібно особливо зазначити, що наведені в табл. 3.32 межі доз належать до умов нормальної експлуатації джерел іонізуючого випромінювання.

3.7.1 Нормування вмісту радіоактивних речовин у повітрі

Основним джерелом опромінення населення є природне випромінювання НПС, у якому людина проводить 80 % усього часу – житлові будинки та виробничі приміщення.

Якщо порівняти повітря в наших квартирах із забрудненим міським, то у приміщенні воно виявиться у 4–6 разів бруднішим і у 8–10 разів токсичнішим.

Джерелами природного випромінювання є: по-перше – будівельні матеріали, виготовлені з природної сировини, що мають у своєму складі природні радіонукліди (РН) ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , які є джерелом зовнішнього випромінювання всередині приміщень; по-друге – радіоактивний газ радон, що утворюється під час розпаду ^{226}Ra і ^{232}Th та надходить у повітря приміщень зі стін, ґрунту, водопроводу, побутового газу. Сумарно ці джерела вносять до 70 % у загальну дозу випромінювання. Допустимі рівні потужності поглиненої дози (ППД) γ -випромінювання в повітрі будинків та приміщень (поширюються на α -випромінювання, сформоване за рахунок активності природних радіонуклідів, включно природний радіаційний фон):

- ППД всередині приміщень, будівель та споруд, які проєктують, будують та реконструюють для експлуатації з постійним перебуванням людей, не має перевищувати $0,27 \text{ мкГр}\cdot\text{год}^{-1}$ ($30 \text{ мкР}\cdot\text{год}^{-1}$). До приміщень з постійним перебуванням людей належать житлові приміщення, приміщення дитячих закладів, санаторно-курортних та лікувально-оздоровчих закладів.

- ППД всередині приміщень, будівель і споруд, які експлуатують з постійним перебуванням людей, не має перевищувати $0,45 \text{ мкГр}\cdot\text{год}^{-1}$ ($50 \text{ мкР}\cdot\text{год}^{-1}$), за винятком дитячих, санаторно-курортних та лікувально-оздоровчих закладів.

Для повітря приміщень встановлено допустимі рівні середньоквадратичної еквівалентної рівноважної концентрації ізотопів радону (ЕРК).

- Для повітря приміщень, які проєктують і будують, та у разі реконструкції будинків і споруджень з постійним перебуванням людей ЕРК ^{222}Rn не має перевищувати $50 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$, а для ^{220}Rn – $3 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$.

- ЕРК ^{220}Rn у повітрі будинків, що експлуатуються з постійним перебуванням людей, не має перевищувати $100 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$, а для ^{222}Rn – $6 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$.

3.7.2 Нормування вмісту радіоактивних речовин у воді

Допустимі концентрації радіонуклідів у поверхневих водах водойм встановлюють, виходячи з умов, щоб у разі потрапляння радіонуклідів щодня в організм упродовж усього життя створюване внутрішнє опромінення було безпечним для людини. Важкорозчинні радіонукліди, потрапляючи в травний канал, легко надходять у кров, поширюючись по всьому організму, накопичуються у печінці, кісткових тканинах, щитоподібній залозі тощо.

ГДК найпоширеніших радіонуклідів у воді відкритих водойм наведено в табл. 3.33.

Таблиця 3.33 – ГДК радіонуклідів у воді відкритих водойм

Радіонуклід	Критичний орган	ГДК, Бк·кг ⁻¹
³² P	Кров	18
⁵⁶ Fe	Кров	37
⁶⁴ Cu	Печінка	22
⁸⁹ Sr	Кісткова тканина	11,1
¹³⁷ Cs	М'язова тканина	37
⁹⁰ Sr	Кісткова тканина	1,1
¹³¹ I	Щитоподібна залоза	22,2
¹⁴⁰ Ba	Кісткова тканина	259
¹⁴⁴ Ce	Травний канал	110

Допустимі рівні питомої активності природних радіонуклідів у воді джерел господарсько-питного призначення наведено в табл. 3.34.

Таблиця 3.34 – Допустимі рівні питомої активності природних РН у воді джерел господарсько-питного призначення

Допустимі рівні, Бк·л ⁻¹			
²²² Rn	Ізотопи U	²²⁶ Ra	²²⁸ Ra
100	1	1	1

3.7.3 Нормування вмісту радіоактивних речовин у харчових продуктах

Вільна міграція радіоактивних забруднювачів через кореневу систему і накопичення їх у рослинній масі призводить до акумуляції забруднювачів в організмі людини через ланцюги «рослина-людина» та «рослина-тварина-людина». Нині основне дозове навантаження формують радіонукліди цезію та стронцію. Рівень активності ¹³⁷Cs та ⁹⁰Sr у продуктах харчування, вирощених у небезпечних за радіаційним фактором регіонах, залежить від типів ґрунтів, особливостей сільськогосподарського виробництва, виду культур тощо. Велике значення має вибір сорту рослин, оскільки сорт визначає їхні властивості.

Допустимі рівні вмісту радіонуклідів у харчових продуктах і питній воді встановлено державним нормативом ДР-97, який регламентує вміст ¹³⁷Cs та ⁹⁰Sr у харчових продуктах на території України, і тих, що ввозитимуться на територію України з метою реалізації.

Значення допустимих рівнів встановлено з розрахунку, що вміст радіонуклідів у харчових продуктах не перевищує річної дози внутрішнього опромінювання 1 мЗв. При цьому опромінювання внаслідок надходження інших техногенних та природних радіонуклідів не враховуються. Під час розробки ДР-97 за критичні було прийнято групи дорослих осіб (у розрахунках за ¹³⁷Cs та ⁹⁰Sr), дітей і підлітків у віці 12–17 років (у розрахунках за ⁹⁰Sr). Допустимі рівні вмісту радіонуклідів у харчових продуктах наведено у додатку К.

В табл. 3.35 наведено результати статистичного аналізу даних про вміст радіонуклідів у харчових продуктах в різних місцевостях.

Продукти, крім продуктів спеціального дитячого харчування, придатні до реалізації та вживання, якщо виконується співвідношення

$$\frac{C_{Cs}}{DU_{Cs}} + \frac{C_{Sr}}{DU_{Sr}} \leq 1 \quad (3.54)$$

де C_{Cs} і C_{Sr} – результати вимірювання питомої активності радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr у цьому харчовому продукті;

DU_{Cs} і DU_{Sr} – нормативний вміст ^{137}Cs та ^{90}Sr в цьому харчовому продукті згідно з табл. 3.35.

Таблиця 3.35 – Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr у харчових продуктах та питній воді (Бк·кг⁻¹, Бк·л⁻¹)

Назва продукту	^{137}Cs	^{90}Sr
Хліб, хлібопродукти	20	5
Картопля	60	20
Овочі (листяні, коренеплоди, столова зелень)	40	20
Фрукти	70	10
М'ясо, м'ясні продукти	200	20
Риба, рибопродукти	150	35
Молоко, молочні продукти	100	20
Яйця	6	2
Вода	2	2
Молоко згущене й консервоване	300	60
Молоко сухе	500	100
Свіжі дикорослі ягоди та гриби	500	50
Сушені дикорослі ягоди та гриби	2500	250
Лікарські рослини	600	200
Спеціальні продукти дитячого харчування	40	5

У разі невиконання співвідношення реалізація цього продукту забороняється.

У разі виникнення радіаційних аварій можуть бути введені в установленому порядку тимчасово аварійно допустимі рівні вмісту радіонуклідів у продуктах харчування та питній воді (ТДР).

Якщо випромінювання від продуктів харчування, забруднених цезієм, перевищує рівень фону на 0,09-135 мкЗв·год⁻¹ (10-15 мкР·год⁻¹), що відповідає приблизно 3,7 кБк·кг⁻¹, рекомендується відмовитися від їх споживання або обмежити споживання вдвічі, порівняно зі звичайним раціоном, а якщо випромінювання від продуктів харчування підвищить потужність дози 0,27 мкЗв·год⁻¹ (30 мкР·год⁻¹) над рівнем фону, то споживання має становити не більше 0,25 звичайного раціону, за 0,9 мкЗв·год⁻¹ (100 мкР·год⁻¹) – не більше 0,1 звичайного раціону.

У разі потрапляння радіоактивних речовин (радіонуклідів) всередину організму, людина зазнає постійного опромінювання до того часу, поки

радіоактивні речовини не виведуться з організму внаслідок розпаду або фізіологічного обміну. Це опромінювання дуже небезпечне, воно спричинює ураження різних органів і призводить до незворотних процесів в організмі людини. Змінюється склад найважливіших тканин живого організму (зокрема крові, кісткового та спинного мозку), що з часом може призвести до летального наслідку [8, 18–24].

Приклад. Визначити ступінь забрудненості харчових продуктів РН. Дані для виконання розрахункової роботи наведено в табл. 3.36. Зробити відповідні висновки.

Таблиця 3.36 – Вихідні дані для виконання розрахункової роботи

Радіонукліди	Хліб, Бк/кг	Овочі, Бк/кг	М'ясо, Бк/кг	Молоко, Бк/л
^{137}Cs	12	27	110	60
^{90}Sr	3	7	3	11

Розв'язання. Ступінь забрудненості продуктів харчування РН визначають за формулою (3.54).

$$\text{Хліб: } \frac{12}{20} + \frac{3}{5} = 1,2.$$

$$\text{Овочі: } \frac{27}{40} + \frac{7}{20} = 1,025.$$

$$\text{М'ясо: } \frac{100}{200} + \frac{3}{20} = 0,7.$$

$$\text{Молоко: } \frac{60}{100} + \frac{11}{20} = 1,15.$$

Висновок. Продукти, крім продуктів спеціального дитячого харчування, придатні до реалізації та вживання, якщо виконується співвідношення згідно з формулою (3.54). У нашому випадку до реалізації та вживання придатне тільки м'ясо і певною мірою овочі після ретельного промивання гарячою водою.

3.8 Нормування шумового забруднення

3.8.1 Основні параметри шуму

Слуховий аналізатор людини характеризується межами сприйняття. Розрізняють нижню і верхню межу сприйняття звуку:

- нижня абсолютна межа чутливості – це мінімальна величина подразника, яка спричинює відчуття;
- верхня абсолютна межа – максимально допустима величина подразника, яка ще не спричинює у людини болю.

Нижня межа сприйняття звуку називається порогом слухового сприйняття, верхня – больовим порогом. Порогом слухового сприйняття називають найменшу величину звукового тиску, яка відчувається органом слуху. Він є різним для звуків різної частоти. Для частоти 1000 Гц (на цій частоті вухо має найбільшу чутливість) поріг слухового сприйняття становить $p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Н/м}^2$.

Поріг больового відчуття – це максимальний звуковий тиск (p), що сприймається вухом як звук. Перевищення больового порогу призводить до виникнення больових відчуттів і може пошкодити орган слуху. Для звуків частотою 1000 Гц за больовий поріг взято $p = 20 \text{ Н/м}^2$. Відношення звукових

тисків за больового порогу і порогу сприйняття становить 10^6 . Це діапазон звукового тиску, що сприймається вухом.

Звуковий тиск не повністю характеризує джерело звуку. Для більш повної характеристики джерела звуку введено його основні параметри:

- інтенсивність звуку (сила звуку);
- звукова потужність;
- рівень сили звуку;
- рівень звукового тиску;
- рівень звукової потужності.

Під час оцінення шуму і шумових характеристик джерел шуму важливе значення мають такі поняття, як імісія та емісія.

Імісія – це вплив шумів на людину, яка перебуває в зоні дії джерела шуму. Імісію оцінюють і вимірюють там, де знаходиться людина, на яку впливає шум. Оцінення імісії виконують, насамперед, для порівняння з нормами допустимого шуму.

Емісія – це випромінювання шуму в НПС, вона характеризує безпосередньо джерело шуму.

3.8.2 Санітарне та технічне нормування шуму

Санітарні норми встановлюють максимально допустимі значення (рівні) інтенсивності шуму з метою захисту людей від його шкідливого впливу. В основу санітарно-гігієнічного нормування шуму закладено запобігання виникненню функціональних розладів або захворювань, надмірного стомлення і зниження працездатності як за короткочасних, так і повторних дій несприятливих чинників виробничого середовища. За даними медиків, дія шуму може спричиняти нервові, серцево-судинні захворювання, виразкову хворобу, порушення обмінних процесів та функціонування органів слуху тощо.

Наближену дію шуму різних рівнів можна охарактеризувати таким чином. Шум до 50 дБА, зазвичай, не спричинює шкідливого впливу на людину в процесі її трудової діяльності. Шум з рівнем 50–60 дБА може мати психологічний вплив, що проявляється у погіршенні розумової діяльності, послабленні уваги, швидкості реакції тощо. За рівня шуму 65–90 дБА можливі фізіологічні зміни: частішає пульс, тиск крові підвищується, судини звужуються, що погіршує постачання органів кров'ю. Дія шуму з рівнем 90 дБА і вище може призвести до функціональних порушень в органах та системах організму людини: знижується слухова чутливість, погіршується діяльність шлунку та кишечника, з'являється відчуття нудоти, головний біль, шум у вухах.

Шум у 120 дБА та вище здійснює механічний вплив на органи слуху. Це проявляється у порушенні зв'язків між окремими частинами внутрішнього вуха, можливий навіть розрив барабанної перетинки. Звукові хвилі, проникаючи через шкіру, спричинюють механічні коливання тканин організму, внаслідок чого відбувається руйнування нервових клітин, розрив дрібних судин тощо.

Допустимі рівні звуку на території житлових забудов наведено в табл. 3.37.

Технічне нормування встановлює граничні значення характеристик шуму для різних типів обладнання з урахуванням технічних можливостей.

Отже, якщо санітарні норми визначаються необхідною для здоров'я величиною зниження шуму, то технічні норми встановлюють граничні норми шуму для окремих видів машин і механізмів.

Основною шумовою характеристикою машини є рівні її звукової потужності в октавних смугах з середньгеометричними частотами 63–8000 Гц, на основі яких машини порівнюють за шумовими властивостями. Значення гранично допустимих рівнів шумових характеристик машин (ГДРШХМ) встановлюють з урахуванням вимог забезпечення на робочих місцях допустимих рівнів шуму відповідно до головного призначення машини і вимог [11, 21, 27–29].

Значення ГДШХ (L_{oi}), яке встановлюють в октавних смугах частот рівнів звукового тиску, визначають для кожної октавної смуги за формулою

$$L_{oi} = L_{dr} + 10Lg \frac{S_n}{S_0} - \Delta L, \quad (3.55)$$

де L_{dr} – гранично допустимий рівень звукового тиску в октаві, рівень звуку або еквівалентний рівень звуку на робочих місцях, або в місцях знаходження людини згідно з відповідними нормативами, дБ (дБА) (табл. 3.38);

S_n – площа вимірювальної поверхні, що знаходиться на відстані 1 м від зовнішнього контура машини, м²;

$S_0 = 1 \text{ м}^2$;

ΔL – поправка на групове встановлення машин у типових умовах експлуатації.

Таблиця 3.37 – Допустимі рівні звуку на території житлових забудов

Види території	Рівні звуку, дБА		Час доби
	еквівалентні	максимальні	
Території, що безпосередньо прилягають до будівель лікарень, санаторіїв	45	60	Вдень
	35	50	Вночі
Території, що безпосередньо прилягають до житлових будинків, будівель поліклінік, амбулаторій, будинків відпочинку, пансіонатів, будинків-інтернатів, дитячих дошкільних закладів, шкіл та інших навчальних закладів, бібліотек	55	70	Вдень
	45	60	Вночі
Території, що прилягають до будівель готелів та гуртожитків	60	75	Вдень
	50	65	Вночі
Майданчики відпочинку на територіях лікарень та санаторіїв	35	50	Вдень
Майданчики відпочинку на території мікрорайонів, груп житлових будинків, будинків відпочинку, пансіонатів, майданчиків дитячих закладів, шкіл та інших навчальних закладів, будинків-інтернатів	45	60	Вночі

Примітка 1. Еквівалентні та максимальні рівні звуку, що створюються засобами автомобільного, залізничного, авіаційного транспорту за 2 м від огорожувальних конструкцій першого ешелону житлових будинків, готелів, гуртожитків, повернутих у бік магістральних вулиць загальноміського значення.

Примітка 2. Вдень – з 7-ї до 23-ї години, вночі – з 23-ї до 7-ї години.

Значення поправки (ΔL) вибирають 10; 6 і 3 дБ для машин з габаритними (P_r) розмірами відповідно до 1,5; 3,5, і 5 м. Для одиночного встановлення машин з габаритними розмірами понад 5 м – 0 дБ.

Таблиця 3.38 – Допустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот на робочих місцях у виробничих приміщеннях

Рівні звукового тиску в дБ, в октавних смугах частот, Гц								
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
107	95	87	82	78	75	73	71	69

Якщо фактичні значення октавних рівнів звукового тиску на робочих місцях за типових умов експлуатації машин менші за встановлені стандартом, то їх підставляють у формулу як L_{dr} .

Площу вимірюваної поверхні полусфери визначають за формулою

$$S_n = 2\pi R^2, \quad (3.56)$$

де R – відстань від робочого місця до центра проекції машини, м.

3.8.3 Нормування впливу інфразвукових шумів

Інфразвук – це коливання в пружному середовищі, що мають однакову з шумом фізичну природу, але поширюються з частотою, меншою за 20 Гц.

Інфразвук (ІЗ) генерується природними джерелами (вітри, водоспади, хвилі морів, озер, водосховищ, грози, землетруси тощо) і штучними (міські транспортні засоби, сільськогосподарські машини, поїзди, дорожньо-будівельні машини, водний та повітряний транспорт, вибухи, промислові підприємства тощо).

Основними джерелами виробничого інфразвуку є двигуни внутрішнього згорання, вентилятори, поршневі компресори та інші тихохідні машини.

Хоча людина і не чує інфразвуку, він чинить несприятливий вплив на весь організм людини, зокрема на орган слуху. Внаслідок дії інфразвуку з рівнями 100–120 дБ виникають головні болі, спостерігається зниження працездатності, виникнення почуття страху, порушення функції вестибулярного апарата, а за частоти 5–10 Гц – відчуття вібрації внутрішніх органів. Інфразвук з частотою 7–8 Гц найнебезпечніший для людини через те, що ця частота збігається з альфа-ритмами біострумів мозку і може спричинити резонансні явища.

Інфразвук поділяють на постійний та непостійний. У першого рівень звукового тиску змінюється не більше, у другого – більше ніж на 10 дБ за 1 хв.

Параметрами постійного інфразвуку на робочих місцях, що нормуються, є рівні звукового тиску у октавних смугах частот з середньгеометричними частотами 2, 4, 8, 16 Гц.

Відповідно до ДСН 3.3.6.037-9 допустимі рівні інфразвуку наведено в табл. 3.39.

Таблиця 3.39 – Допустимі рівні інфразвуку

Середньгеометричні частоти, Гц	Допустимі рівні звукового тиску, дБ	Загальний рівень звукового тиску, дБ
2	105	110
4	105	
8	105	
16	105	

Примітка. Загальний еквівалентний рівень звукового тиску ($L_{p_{\text{лін}}}$) за шкалою «Лін» шумоміра в дБ_{лін} (для непостійного інфразвуку).

3.8.4 Нормування впливу ультразвукових шумів

Ультразвук – це коливання у пружному середовищі, що перевищують частоту поширення 20 кГц.

Джерелами ультразвукового випромінювання у промисловості, медицині, науково-дослідних інститутах є ультразвукове технологічне обладнання – магнітострикційні перетворювачі (що працюють на частоті 22–44 кГц) та ультразвукові генератори (в медицині потужністю 10–30 Вт, у техніці – до 60 кВт і більше).

Ультразвук так само, як й інфразвук, орган слуху людини не сприймає, але за тривалої дії ультразвук небезпечних рівнів негативно впливає на організм людини, а саме:

- відбуваються різні порушення нервової системи;
- змінюється тиск, склад і властивості крові;
- втрачається слухова чутливість.

За спектром ультразвук поділяють на:

- низькочастотний (від $1,2 \cdot 10^4$ до $1,0 \cdot 10^5$ Гц);
- високочастотний (від $1,0 \cdot 10^5$ до $1,0 \cdot 10^9$ Гц).

Параметрами повітряного ультразвуку, що нормується в робочій зоні, є рівні звукового тиску в третинооктавних смугах з середньгеометричними частотами 12,5; 16,0; 20,0; 31,5; 40,0; 63,0; 80,0; 100,0 кГц.

Для контактного ультразвуку параметром, що нормується, є пікове значення віброшвидкості в частотному діапазоні від 0,1 до 10 МГц, або його логарифмічний рівень у дБ, який визначають за формулою

$$L_v = 20Lg \frac{v_n}{v_0}, \quad (3.57)$$

де v_n – пікове значення віброшвидкості, м/с;

v_0 – опорне значення віброшвидкості, $v_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ м/с.

Відповідно до ДСН 3.3.6.037-99 допустимі рівні ультразвукових тисків в октавних та третинооктавних смугах не мають перевищувати значень, наведених у табл. 3.40.

Таблиця 3.40 – Допустимі рівні ультразвукових тисків

Середньгеометричні частоти третинооктавних смуг, кГц	12,5	16	20	25	31,5-100
Допустимі рівні ультразвукового тиску, дБ	80	90	100	105	110

Запобігти дії інфразвукових та ультразвукових шумів можна, протидіючи водночас шумам слухового діапазону (20–20000 Гц).

Проблема зниження шумового навантаження на довкілля є багатогалузевою, у розв'язанні якої беруть участь різні спеціалісти: конструктори, лікарі-гігієністи, будівельники, архітектори, містобудівники, економісти тощо. В сучасних наукових дослідженнях щодо шумозахисту можна виділити основні аспекти:

- санітарно-гігієнічний – вивчає гігієнічні умови проживання та стану здоров'я працівників, а також особливості впливу зовнішніх шумів на організм загалом і на функції окремих органів та систем;

- інженерно-технічний – передусім пов'язаний з вивченням процесів шумоутворення від промислових установок і агрегатів, транспортних машин, технологічного та інженерного обладнання, а також з розробленням більш досконалих мал шумних конструктивних рішень. Це також розроблення норм гранично допустимих рівнів шуму на верстати, агрегати, транспортні засоби тощо;

- архітектурно-планувальний – пов'язаний з урахуванням вимог шумозахисту в проєктах планування і забудови міст, житлових районів і мікрорайонів шляхом застосування ефективних екранів, територіальних розривів, шумозахисних будівель, захисних смуг озеленення, шумозахисних конструкцій, зонування і районування джерел та об'єктів захисту;

- будівельно-акустичний – передбачає розроблення для житлових будівель огорожувальних конструкцій з необхідними звукоізолювальними характеристиками – перекриттів, зовнішніх стін, вікон, кватирок, балконних дверей, а також розроблення нових типів житлових і громадських будівель, пристосованих до високих шумових навантажень;

- економіко-соціальний – виявлення економічних та соціальних збитків, що наносяться шумом населенню і об'єктам господарської діяльності, виявлення економічно доцільних напрямів зниження шумів тощо.

3.9 Нормування впливу вібраційного навантаження

3.9.1 Джерела вібрації

Тривалі вібрації завдають великої шкоди здоров'ю людини – від сильної втоми до змін багатьох функцій організму: порушення серцевої діяльності, нервової системи, спазмів судин, деформації м'язів, струсу головного мозку тощо. Особливо небезпечна вібрація з частотою, яка є резонансною з частотою коливання окремих органів чи частин тіла людини, що може призвести до їх пошкодження.

Тривала дія вібрації може спричинити професійне захворювання – вібраційну хворобу. Для нормування вібрації необхідно ознайомитися з її основними параметрами.

3.9.2 Основні параметри вібрації

Вібрація характеризується абсолютними та відносними параметрами. До основних абсолютних параметрів належать:

- вібропереміщення (S) – миттєве значення кожної з координат, які описують положення тіла чи матеріальної точки під час вібрації;
- амплітуда вібропереміщення (A) – найбільше відхилення точки, що коливається з певною частотою, від положення рівноваги, м;
- віброшвидкість (V) – кінематичний параметр, що дорівнює швидкості переміщення (перша похідна вібропереміщення) точки, яка коливається з певною частотою, м/с;
- віброприскорення (a) – кінематичний параметр, що дорівнює прискоренню переміщення (друга похідна вібропереміщення) точки, яка коливається з певною частотою, м/с²;
- період вібрації (T) – найменший інтервал часу, через який під час вібрації повторюється кожне значення величини, що характеризує вібрацію, с;
- частота вібрації (f) – величина, обернено пропорційна періоду вібрації, Гц.

Оскільки абсолютні параметри, що характеризують вібрації, змінюються в широких межах, то на практиці частіше використовують відносні параметри, які визначають відносно опорного значення відповідного параметра і вимірюють у децибелах (дБ).

Стандартні опорні значення:

- амплітуда вібропереміщення $A_0 = 8 \cdot 10^{-12}$ м;
- віброшвидкість $V_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ м/с;
- віброприскорення $a_0 = 3 \cdot 10^{-4}$ м/с².

Найчастіше для оцінення вібрації використовують логарифмічний рівень віброшвидкості L_v , який визначають за формулою

$$L_v = 20Lg \frac{v_n}{v_0}, \text{ дБ.} \quad (3.58)$$

Типові значення віброшвидкості для різних джерел вібрації наведено в табл. 3.41.

Таблиця 3.41 – Типові значення віброшвидкостей

Джерело	Віброшвидкість, мм/с
Рейковий транспорт	0,3-160
Промислові установки	0,05-5
Будівельна техніка	0,002-1,6
Автотранспорт	0,005-0,07
Денний фон у місті	0,006-0,02
Нічний фон у місті	0,003-0,01
Безпечний геологічний рівень	0,225
Безпечний фізіологічний рівень	0,12

3.9.3 Нормування вібрації

Нормування вібрацій поділяють на технічне та санітарне (гігієнічне). Під час санітарного нормування регламентують відповідні умови щодо захисту людини від вібрації, а під час технічного – щодо захисту машин, устаткування, будівель і т. д. від вібрації, яка може призвести до їх пошкодження чи передчасного виходу з ладу. Вібрації можуть негативно впливати на довкілля. Наприклад, якщо буде пошкоджено від вібраційного впливу велику ємність з отруйними речовинами, це може призвести до небезпечної екологічної ситуації.

Дія вібрації на організм людини залежить від таких її характеристик (параметрів): інтенсивність, спектральний склад, тривалість впливу, напрямок дії). Санітарна (гігієнічна) оцінка вібрації, що діє на людину у виробничих умовах, ґрунтується на таких методах:

- частотного (спектрального) аналізу її параметрів;
- інтегрального оцінення за спектром частот, що нормуються;
- дози вібрації.

У разі частотного аналізу параметрами, що нормуються, є середні квадратичні значення віброшвидкості та віброприскорення або їх логарифмічні рівні (в дБ) в діапазоні октавних смуг із середньоквадратичними частотами:

- 1,0; 2,0; 4,0; 8,0; 16,0; 31,5; 63 Гц – для загальної вібрації;
- 8,0; 16,0; 31,5; 63,0; 125,0; 250,0; 500,0; 1000,0 Гц – для локальної вібрації.

Кількісні та якісні критерії і показники несприятливого впливу вібрації на людину вказано у санітарних нормативних документах Міністерства охорони здоров'я. Згідно з ними введено такі критерії оцінення несприятливого впливу вібрації:

- критерій «безпека», за якого не порушується здоров'я оператора і виключена можливість виникнення травмонебезпечних чи аварійних ситуацій через дію вібрації;
- критерій «межа зниження продуктивності праці» забезпечує підтримку нормативної продуктивності, яка не знижується через розвиток втоми під впливом вібрації;

- критерій «комфорт», за якого людина має відчуття комфортності умов праці.

Для загальної вібрації норми вібраційного навантаження встановлюють для категорій вібрації (табл. 3.42).

Таблиця 3.42 – Норми вібраційного навантаження для відповідних категорій вібрації

Категорія вібрації за санітарними нормами і критерій безпеки	Характеристика умов праці	Приклад джерела вібрації
1 – безпека	Транспортна вібрація впливає на операторів самохідних машин, автомобілів та бронетехніки (колісної і гусеничної) за їх пересування на місцевості	Гусенична і колісна техніка, зокрема бульдозери, скрепери, грейдери, катки, снігоочисники і т. п.; вібрація літаків під час роботи двигунів
2 – межа зниження продуктивності праці	Транспортно-технологічна вібрація, яка діє на оператора машин, що пересуваються тільки на спеціально підготованих поверхнях приміщень майданчиків	Екскаватори, будівельні крани, шляхові машини, бетоноукладачі і т. п.
3 тип «а» – межа зниження продуктивності праці	Технологічна вібрація, яка діє на оператора стаціонарних машин і обладнання або передається на робочі місця, що не мають джерел вібрації	Насосні агрегати, вентилятори, верстати ремонтно-поновлювальних майстерень, електричні машини, верстати дерево- і металообробні
3 тип «б» – комфорт	Вібрація на робочих місцях працівників розумової праці і персоналу, який не займається фізичною працею	Навчальні класи, лабораторії, штабні приміщення, медчастини, бібліотеки і т. п.

Санітарні норми показників вібраційного навантаження на оператора (для 8-годинної роботи) наведено в табл. 3.43.

Таблиця 3.43 – Санітарні норми вібраційного навантаження за 8 год

Вид вібрації	Категорія за санітарними нормами	Нормативні значення			
		віброприскорення		віброшвидкості	
		м/с	дБ	м/с 10^{-2}	дБ
Локальна	-	2,0	126	2,0	112
	2	0,4	112	1,2	116
Загальна	3 тип «а»	0,28	109	0,56	101
	3 тип «б»	0,1	100	0,2	92
		0,014	83	0,028	75

Оцінювати вібраційну безпеку праці потрібно на робочих конкретно визначених місцях під час виконання певної операції.

3.10 Нормування складових ЕМП

3.10.1 Допустимі рівні ЕМП на робочих місцях

Простір навколо джерела ЕМП умовно поділяють на ближню зону (зону індукції) та дальню зону (зону випромінювання). Для оцінення 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 (переважно несприятлива дія ЕМП в цій зоні зумовлена 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 – знаходяться практично завжди у дальній зоні, в якій електромагнітна хвиля вже сформувалася. У цій зоні ЕМП оцінюється за кількістю енергії (потужністю), що переноситься хвилею в 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, регламентуються за [12, 14, 17, 21]. Допустимі рівні напруженості поширюються на ЕМП діапазону частот 60 кГц – 300 МГц. Електромагнітні поля цього радіочастотного діапазону потрібно оцінювати напруженістю електричної та магнітної складових, а в діапазоні частот 300 МГц – 300 ГГц – поверхневою густиною потоку енергії.

Напруженість ЕМП у діапазоні частот 60 кГц – 300 МГц на робочих місцях персоналу впродовж однієї доби не має перевищувати встановлених ГДР (див. табл. 3.44).

Допустиму поверхневу густину потоку енергії ЕМП в діапазоні частот 300 МГц – 300 ГГц на робочих місцях персоналу потрібно визначати, виходячи з допустимого енергетичного навантаження на організм людини з урахуванням часу впливу за формулою

$$ГДЗ_{ГДР} = \frac{ЕН_{ГДР}}{T}, \quad (3.59)$$

де $ГДЗ_{ГДР}$ – гранично допустиме значення щільності потоку енергії, $\text{Вт}/\text{м}^2$;

$ЕН_{ГДР}$ – нормативна величина енергетичного навантаження за робочу добу 2–20 $\text{Вт}/\text{м}^2$ год;

T – час впливу, год.

Таблиця 3.44 – Гранично допустимі рівні напруженості ЕМП

Діапазон частот	За електричною складовою, В/м	За магнітною складовою, А/м
60 кГц – 3 МГц	50	5
3–30 МГц	20	-
30–50 МГц	10	0,3
50–300 МГц	5	-
300 МГц – 300 ГГц	-	-

3.10.2 Гранично допустимі рівні ЕМП радіочастотного діапазону для населення

Гранично допустимі рівні ЕМП (електрична складова) радіочастотного діапазону для населення наведено в табл. 3.45.

Контролювати інтенсивність опромінювання необхідно не рідше одного разу на рік, а також під час введення в дію нових чи реконструйованих старих генераторних установок.

За інтенсивності 6 мВт/см² відбуваються зміни:

- у статевих залозах;
- у складі крові;
- у кришталикові ока – зростає каламутність;
- у судинах – підвищується кров'яний тиск, мають місце розриви капілярів та крововиливи у легені та печінку.

Таблиця 3.45 – Гранично допустимі рівні ЕМП для населення

Місце перебування людей	Границі діапазону				
	30–300 кГц	0,3–3,0 МГц	3–30 МГц	30–300 МГц	0,3–300,0 ГГц
Територія житлової за- будови, місця відпочин- ку, приміщення, робочі місця для працюючих ві- ком до 18 років та вагітних жінок	25 В/м	15 В/м	10 В/м	3 В/м	10 мкВ/см

За інтенсивності до 100 мВт/см² спостерігаються:

- стійка гіпотонія;
- стійкі зміни серцево-судинної системи;
- двостороння катаракта.

Подальше опромінювання помітно впливає на тканини, спричинює бо-
льові відчуття, а якщо воно перевищує 1 Вт/см², дуже швидко втрачається зір.

У разі роботи кількох джерел випромінювання електромагнітних хвиль у
діапазоні частот 60 кГц – 300 МГц, для яких встановлено єдині значення ГДР,
сумарна інтенсивність впливу для електричної (E) та магнітної (H) складових
ЕМП визначається за формулами

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + \dots + E_n^2}; \quad (3.60)$$

$$H = \sqrt{H_1^2 + H_2^2 + \dots + H_n^2}. \quad (3.61)$$

У тому ж діапазоні частот, для яких встановлено різні значення ГДР, має
виконуватися така умова

$$\left(\frac{E_1}{E_{ГДР_1}}\right)^2 + \left(\frac{E_2}{E_{ГДР_2}}\right)^2 + \dots + \left(\frac{E_n}{E_{ГДР_n}}\right)^2 \leq 1 \quad (3.62)$$

де $E_1, E_2 \dots E_n$ – виміряні значення напруженості електричної складової поля;

$E_{ГДР_1}, E_{ГДР_2} \dots E_{ГДР_n}$ – гранично допустимі рівні впливу для відповідного частотного діапазону.

Приклад. Визначити ступінь сумарної дії кількох джерел ЕМП (за електричною складовою) в радіочастотному діапазоні, зробити відповідні висновки. Дані для розрахунків наведено в табл. 3.46.

Таблиця 3.46 – Дані для розрахунків

Джерело 1	Джерело 2	Джерело 3	Джерело 4
Частотний діапазон			
60 кГц – 3 МГц	3 МГц – 30 МГц	30 МГц – 50 МГц	50 МГц – 300 МГц
Напруженість ЕМП, в/м			
26	18	4,8	1,3

Розв'язання. Визначаємо ступінь сумарної дії чотирьох джерел ЕМП у радіочастотному діапазоні за формулою (3.62):

$$\left(\frac{26}{50}\right)^2 + \left(\frac{18}{15}\right)^2 + \left(\frac{4,8}{10}\right)^2 + \left(\frac{1,3}{5}\right)^2 = 0,27 + 1,44 + 0,23 + 0,067 = 2.$$

Висновок. Ступінь сумарної дії чотирьох джерел ЕМП у радіочастотному діапазоні для населення перевищує допустимий рівень – це потребує прийняття рішень щодо зниження потужності другого джерела, для якого

$$\left(\frac{E_2}{E_{ГДР_2}}\right)^2 > 1.$$

3.10.3 Гранично допустимі рівні складових ЕМП промислових частот

Гранично допустимі рівні електростатичного поля в житлових та нежитлових приміщеннях не мають перевищувати 15 кВ/м. Такий самий ГДР встановлено для телевізорів, відеомоніторів, осцилографів, які експлуатують у побутових умовах.

Гранично допустимий рівень напруженості електростатичного поля в житлових приміщеннях (за мережі живлення 50 Гц) становить 500 В/м.

Для електричних полів, що випромінюються повітряними ЛЕП напругою 300 кВ і вище, ГДР напруженості встановлено:

- всередині житлових будівель – 500 В/м;
- на території зони житлової забудови – 1 кВ/м;

- у населеній місцевості, зокрема зоні житлової забудови, а також на території присадибних ділянок – 5 кВ/м;
- на ділянках перехресть високовольтних ліній з автомобільними шляхами категорії 1–4–10 кВ/м;
- у важкодоступній місцевості та на ділянках спеціально огорожених для виключення доступу населення – 20 кВ/м.

Що стосується магнітного поля промислової частоти, то ГДР напруженості магнітного поля має становити:

- для часу опромінювання до 2 год на добу – 500 мкТл;
- для часу опромінювання до 24 год – 100 мкТл.

3.10.4 Гранично допустимі значення енергетичної експозиції

Оскільки дія ЕМП на людину залежить від часу (за вахту, робочий день або бойове чергування), існують гранично допустимі значення енергетичної експозиції електричної та магнітної складових ЕМП (табл. 3.47).

Таблиця 3.47 – Гранично допустимі значення енергетичної експозиції

Діапазон частот	За електричною складовою (Е), В/м/год	За магнітною складовою (Н), А/м/год	За щільністю потоку енергії, мкВ/м ² /год
30 кГц – 3 МГц	20000	200	-
3 МГц – 30 МГц	7000	Не розроблено	-
30 МГц – 60 МГц	800	0,72	-
60 МГц – 300 МГц	800	Не розроблено	-
300 МГц – 300 ГГц	800	-	200

Профілактичні заходи, спрямовані на оздоровлення умов праці, передбачають екранування джерел випромінювання за допомогою камер із листового заліза або алюмінію завтовшки не менше ніж 0,5 мм. Крім того, потрібно застосовувати поглиначі потужності біля генераторів НВЧ, користуватися спеціальними одягом та окулярами. Найефективнішим заходом є дистанційне керування. Ті, хто контактує з джерелами НВЧ- і УВЧ-випромінювань, мають щороку проходити медичні огляди, працювати за скороченим робочим днем і одержувати додаткову відпустку.

Заборонено працювати з електромагнітними установками особам із захворюваннями нервово-психічної системи, вираженими ендокринно-вегетативними та серцево-судинними недугами, а також хворим на туберкульоз.

4 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ ТА ЗАХИСТУ КУРСОВОЇ РОБОТИ

4.1 Порядок виконання курсової роботи

На першому занятті з навчальної дисципліни, для якої навчальним планом передбачено виконання КР, керівник повідомляє здобувачів вищої освіти про це та пропонує для ознайомлення орієнтовний перелік тем.

Здобувач вищої освіти може запропонувати власну тему КР, яка має бути узгоджена з керівником.

Здобувачі вищої освіти денної форми навчання вибирають собі тему КР не пізніше першого тижня теоретичного семестру. Здобувачі вищої освіти заочної форми навчання вибирають собі тему протягом сесії, під час якої проводяться лекційні заняття з відповідної навчальної дисципліни. Якщо здобувач вищої освіти не вибрав собі тему, її призначає для нього керівник.

На основі визначених тем КР керівник формує індивідуальні завдання. Тема та індивідуальне завдання на виконання КР видається керівником здобувачам вищої освіти не пізніше другого тижня теоретичного семестру. Для здобувачів освіти заочної форми навчання індивідуальне завдання видається до завершення сесії, під час якої проводяться лекційні заняття з відповідної навчальної дисципліни. Індивідуальне завдання підписується керівником та здобувачем вищої освіти із зазначенням дати його отримання.

Керівник надає здобувачам вищої освіти методичне забезпечення для виконання КР та розміщує його в навігаторі відповідної навчальної дисципліни у системі JetIQ. Методичне забезпечення має містити критерії оцінювання КР, з якими керівник має ознайомити здобувачів вищої освіти протягом перших двох тижнів теоретичного семестру (протягом сесії для здобувачів вищої освіти заочної форми навчання).

Упродовж теоретичного семестру керівник проводить періодичні консультації з питань виконання КР та контролює дотримання графіка виконання КР здобувачами вищої освіти.

Здобувачі вищої освіти мають самостійно виконувати індивідуальне завдання, дотримуючись встановленого графіка.

КР виконується у вигляді комп'ютерного файлу за допомогою будь-якого програмного текстового редактора, який здатний забезпечити виконання вимог до оформлення КР.

Здобувачі вищої освіти можуть надсилати на перевірку завершений етап або повний текст КР через інструмент «Файл-Експрес» системи JetIQ у вигляді одного файлу у форматі Portable Document Format (*.pdf).

Керівник зобов'язаний дати відповідь на надісланий файл протягом семи діб з моменту отримання файлу. У відповіді керівник має вказати, що він приймає етап чи повний текст КР до захисту або зазначити, що потрібно виправити або доопрацювати. Під час прийняття рішення враховується якість виконання завдань та оформлення КР, а також відповідність вимогам академічної доброчесності.

Повернення КР для виправлення або доопрацювання допускається тільки протягом теоретичного семестру. Файли, надіслані після завершення теоретичного семестру, вважаються остаточними, а їх заміна або виправлення не допускаються.

Якщо КР виконано у повному обсязі, відповідно до індивідуального завдання, не містить ознак академічної недоброочесності, не містить суттєвих помилок, оформлена згідно зі встановленими вимогами та надіслана здобувачем вищої освіти у вигляді одного файлу у форматі Portable Document Format (*.pdf), керівник приймає КР до захисту, про що повідомляє здобувача вищої освіти у відповіді на файл, надісланий через інструмент «Файл-Експрес» системи JetIQ.

Якщо остаточний файл КР виконано не в повному обсязі, або не відповідно до індивідуального завдання, або він містить ознаки академічної недоброочесності, або суттєві помилки, або не оформлено згідно зі встановленими вимогами, або файл не надійшов через інструмент «Файл-Експрес» системи JetIQ (станом на визначений у розкладі день захисту), така КР визнається керівником недопущеною до захисту із виставленням незадовільної оцінки у відомість успішності (від 0 до 59 балів).

Якщо оцінка за стобальною шкалою становить від 35 до 59 балів включно, то здобувач вищої освіти має право на доопрацювання і захист КР з виставленням оцінки у другу відомість. Якщо оцінка за стобальною шкалою становить від 0 до 34 балів включно, то здобувач вищої освіти вважається таким, що має академічну заборгованість. Для її ліквідації здобувачеві потрібно виконати КР за новою темою (або зміненим індивідуальним завданням) відповідно до «Положення про порядок ліквідації академічної заборгованості, академічної різниці та надання платної послуги з проведення занять з вивчення окремої навчальної дисципліни понад обсяги, встановлені навчальним планом» [1, 7–9].

Перевірку КР на наявність помилок у їх змісті та оформленні, нормоконтроль (за необхідності) здійснює керівник КР, а в разі його тимчасової відсутності – інший науково-педагогічний працівник відповідної кафедри, визначений розпорядженням завідувача кафедри.

4.2 Порядок захисту курсової роботи

Приклад графіка виконання КР з дисципліни «Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище» подано у додатку Б.

В терміни, зазначені деканатом, курсова робота подається керівникові на перевірку. Після перевірки КР повертається здобувачу з відміткою «до захисту» або «на доопрацювання».

Доопрацювання потребує КР, яка не відповідає індивідуальному завданню, містить грубі помилки у розрахунках. Після внесення змін та доповнень КР повертається на повторну перевірку.

У роботі, повернутій з поміткою «до захисту», що містить зауваження керівника стосовно оформлення відповідно до діючих вимог, мають бути виправлені помилки.

До захисту допускаються курсові роботи, виконані в повному обсязі згідно із затвердженням індивідуальним завданням і перевірені керівником. Стан справ з виконання курсової роботи не пов'язується з допуском до складання іспиту з цієї дисципліни.

Для захисту курсових робіт кафедрою призначається комісія у складі не менше двох викладачів, склад якої затверджується завідувачем кафедри.

Захист курсової роботи проводиться публічно у формі співбесіди зі з'ясуванням всіх питань, що виникли у керівника під час перевірки курсової роботи та у членів комісії. Захист відбувається за встановленим графіком перед комісією таким чином:

- здобувач робить доповідь за матеріалами КР до 5 – 10 хвилин (або допускається інша форма прийому КР, що визначається комісією);
- після доповіді здобувач відповідає на запитання членів комісії;
- за результатами захисту комісія на закритому засіданні визначає оцінку, яка потім оголошується здобувачу;
- у випадку виявлення керівником роботи чи членами комісії факту несамотійного виконання роботи, здобувач до захисту не допускається.

Після захисту курсової роботи і визначення відповідної оцінки подається в електронному вигляді до архіву системи через JetIQ.

На оцінку за курсову роботу впливають:

- 1) якість виконання курсової роботи;
- 2) компетентність та загальна ерудиція під час відповідей на запитання під час захисту.

Якщо подано на захист несамотійно виконану роботу, про що свідчить некомпетентність здобувача у матеріалах роботи, ухвалою кафедри, на подання керівника, курсова робота до захисту перед комісією не допускається, що супроводжується записом «не допущений» в екзаменаційній відомості. Такий самий запис робиться у випадку, якщо курсова робота не завершена на час захисту. В цих випадках запис «не допущений» еквівалентний отриманню незадовільної оцінки і свідчить про появу академзаборгованості, яка ліквідується на загальних підставах.

4.3 Критерії оцінювання

Оцінювання курсових робіт здійснюється на підставі критеріїв оцінювання, поданих у таблиці 4.1.

Під час публічного захисту здобувачем курсової роботи, оцінюються також відповіді на запитання членів комісії. Критерії оцінювання відповідей на запитання членів комісії подано у таблиці 4.2.

Таблиця 4.1 – Критерії оцінювання курсових робіт

Рівень компетен-тності	За бальною шкалою	Оцінка ECTS	Критерії оцінювання
IV Високий (творчий)	90 – 100	A	1) КР виконана на високому (творчому) рівні; 2) обґрунтована актуальність розробки; 3) чітко визначена мета роботи і очікувані результати; 4) зміст курсової роботи в повному обсязі відповідає індивідуальному завданню на КР; 5) наявний системний глибокий аналіз основної задачі на основі літературного та патентного пошуку новітніх вітчизняних та зарубіжних досліджень і розробок, їх переваг та недоліків; 6) розглянуто декілька можливих варіантів рішень основної задачі, проведено їх аналіз, на підставі якого здійснено вибір оптимального; 7) засоби обчислювальної техніки використано обґрунтовано і раціонально; 8) обґрунтовано вибір методів аналізу і моделювання, методики розрахунку тощо; 9) вибрані методи та методики відповідають сучасному рівню науки і техніки в екологічній галузі; 10) оформлення курсової роботи відповідає вимогам діючих стандартів та показує досвід написання наукових праць; 11) чітко, без помилок виконану розрахункову частину; 12) висновки сформульовано чітко, з науковим обґрунтуванням; 13) доповідь під час захисту викладається вільно з використанням ілюстративних матеріалів; 14) стиль викладення курсової роботи характеризує високий рівень технічної та загальної ерудиції фахівця.
III Достатній (конструктивний)	82-89	B	1) КР виконано на достатньому (конструктивному) рівні; 2) не змогли чітко побудувати доповідь під час захисту КР; 3) не дали відповідь на 1 – 2 питання членів комісії.
	75-81	C	4) в курсовій роботі обґрунтовано мету і доцільність досліджень, виходячи з науково-технічної літератури, але очікувані результати визначено не зовсім чітко; 5) засоби обчислювальної техніки використано для вирішення основних та допоміжних питань, але вибір їх не завжди аргументовано, як для апаратних, так і для програмних засобів; 6) проведено аналіз, моделювання і розрахунки, але вибір методів та методик є неоптимальним або необґрунтованим; 7) оформлення курсової роботи показує грамотність фахівця, але стиль викладення потребує вдосконалення.
II Середній (репродуктивний)	64-74	D	1) КР виконано на середньому (репродуктивному) рівні; 2) у доповіді під час захисту не відобразили структуру КР, не висвітлили мету та висновки; 3) не дали відповідь на 2 – 3 питання членів комісії;
	60-63	E	4) принцип вирішення основної задачі правильний, але вибір його не є оптимальним; 5) в курсовій роботі обґрунтовано доцільність розробки; 6) засоби обчислювальної техніки використано для вирішення допоміжних завдань; 7) проведено розрахунки окремих характеристик; 8) оформлення курсової роботи вирізняється описовим стилем викладення.
I Низький	35-59	FX з можливістю повторного захисту	Курсова робота повертається здобувачу «на доопрацювання»
	0-34	F з обов'язковим повторним виконанням КР	

Таблиця 4.2 – Критерії оцінювання відповідей на запитання членів комісії

Рівень компетен-тності	За бальною шкалою	Оцінка ECTS	Критерії оцінювання
IV Високий (творчий)	90 – 100	A	1) дано відповіді на всі запитання членів комісії, що стосуються суті роботи; 2) здобувач вільно й аргументовано відповідає на запитання, демонструючи знання останніх досягнень у екологічній галузі; 3) відповіді відзначаються конкретністю та лаконічністю; 4) відповіді здобувача розкривають екологічну ерудицію та глибокі знання кваліфікованого фахівця; 5) культура мови характеризує загальну ерудицію здобувача, здатність переконливо відстоювати прийняті рішення.
III Достатній (конструк-тивний)	82-89	B	1) відповіді на питання є аргументованими, але не завжди повними; 2) у відповідях на запитання допускається некоректність, хоча за своєю суттю вони правильні;
	75-81	C	3) допускаються окремі неточності у термінології; 4) мова показує культуру здобувача, переконаність у прийнятих рішеннях
II Середній (репродук-тивний)	64-74	D	1) відповіді на запитання є неповними або неаргументованими; 2) відповіді відзначаються розпливчастістю та неконкретністю;
	60-63	E	3) допускаються помилки або суттєві неточності у спеціальній термінології, хоча в цілому здобувач екологічно грамотний.
I Низький	35-59	FX з можливістю повторного захисту	Курсова робота повертається здобувачу «на доопрацювання»
	0-34	F з обов'язковим повторним виконанням КР	

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Положення про курсове проектування у Вінницькому національному технічному університеті / Уклад. Д. Х. Штофель – Вінниця : ВНТУ, 2024. – 52 с. URL: <https://vntu.edu.ua/uploads/2024/StateofKurs.pdf>
2. ДСТУ 3008:2015 «Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення».
3. ДСТУ 1.5:2015 «Національна стандартизація. Правила розроблення, викладання та оформлення національних нормативних документів»
4. ДСТУ 8302:2015 «Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання».
5. ДСТУ 3321:2003 «Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять».
6. ДСТУ ГОСТ 2.104:2006 «Єдина система конструкторської документації. Основні написи».
7. Положення про академічну доброчесність у ВНТУ.
8. Положення про запобігання академічному плагіату та порядку його виявлення у навчальних, наукових, кваліфікаційних та науково-методичних роботах у ВНТУ.
9. Положення про рейтингову систему оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти у ВНТУ.
10. Концепція екологічного нормування / О. Г. Васенко (розроб.) - К., 1997. - 24 с.
11. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище. Частина 1. Нормування інгредієнтного забруднення : навчальний посібник / Васильківський І. В. та ін. Вінниця : ВНТУ, 2013. 146 с.
12. Екологія з основами біобезпеки. Частина 1. Інгредієнтне забруднення : навчальний посібник для практичних занять / Васильківський І. В. Та ін. Херсон : Олді-плюс, 2019. 196 с.
13. Методичне керівництво по розрахунку антропогенного навантаження і класифікації екологічного стану малих річок України: НТД 33-4759129-03-04-92 / Український НДІ водогосподарсько- екологічних проблем. К., 1992. 39 с.
14. Морозова Т. В. Нормування антропогенного навантаження : навч. посібник Чернівці : Рута, 2008. 99 с.
15. Набивач В. М., Сухий М. П.. Основи екологічного нормування і промислової токсикології Д. : УДХТУ, 2002. 193 с.
16. Фурдичко О. І., Славов В. П., Войцицький А. П. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище : навч. посіб. К. : Основа, 2008. 360 с.
17. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище: підруч. для студ. екол. спец. вищ. навч. закл. / Некос В. Ю. та ін. Харків : ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2007. 288 с.

18. Інженерна екологія : навч. посібник для підгот. бакалаврів 0708 «Екологія» / Б. А. Шелудченко та ін. Кам'янець-Подільський : Видавець ПП Зволейко Д. Г., 2007. 172 с.
19. Технології захисту навколишнього середовища. Частина 1. Захист атмосфери : підручник / Васильківський І. В. та ін. Херсон : Олді-плюс, 2019. 432 с.
20. Технології захисту навколишнього середовища. Частина 2. Методи очищення стічних вод: підручник / Васильківський І. В. та ін. Херсон : Олді-плюс, 2019. 298 с.
21. Гумницький Я. М., Петрушка І. М. Інженерна екологія. Загальний курс. Ч. 1. : навч. посіб. Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2015. 259 с.
22. Методика розрахунку викидів забруднюючих речовин та парникових газів у повітря від транспортних засобів. Затверджено наказом № 452 Держкомстату 13.11.2008.
23. Нормативи гранично-допустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел: Затв. М-вом охорони навколишнього природного середовища України від 27.06.2006 № 309.
24. Матеріали з впровадження нового механізму регулювання викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря / За ред. С. С. Куруленка. К. : ДЕІ Мінприроди України, 2007. 216 с.
25. Джигерей В. С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища : навч. посібн. К. : Т-во «Знання», КОО, 2000. 203 с.
26. Посібник по охороні атмосферного повітря для фахівців, які надають дозволи (ліцензії) на викиди забруднюючих речовин. Том 1, 2. Видавництво ВАТ «УкрНТЕК», 2000. 754 с.
27. Двигуни внутрішнього згоряння : Серія підручників у 6 томах. Т. 5. Екологізація ДВЗ / За ред. проф. А. П. Марченка та засл. діяча науки України проф. А. Ф. Шеховцова. Харків : Прапор, 2004. 360 с.
28. Говорун А. Г., Скорченко В. Ф., Худолій М. М. Транспорт і навколишнє середовище. К. : Урожай, 1992. 144 с.
29. Сухарев С. М., Чундак С. Ю., Сухарева О. Ю. Технологія та охорона навколишнього середовища : навчальний посібник. Львів : Новий світ, 2004. 252 с.

Додаток А
Орієнтовний перелік тем курсових робіт

1. Нормування летких органічних сполук в атмосферному повітрі.
2. Нормування канцерогенних речовин в атмосферному повітрі.
3. Нормування забруднення поверхневих вод нафтовими вуглеводнями.
4. Нормування пилу та сажі в атмосферному повітрі.
5. Нормування теплового забруднення навколишнього середовища.
6. Нормування сполук сірки у навколишньому середовищі.
7. Нормування сполук ртуті у навколишньому середовищі.
8. Нормування бензолу у навколишньому середовищі.
9. Нормування фреонів у навколишньому середовищі.
10. Нормування діоксинів у навколишньому середовищі.
11. Нормування інсектицидів у навколишньому середовищі.
12. Нормування хрому у навколишньому середовищі.
13. Нормування поверхнево-активних речовин у навколишньому середовищі.
14. Нормування ціанідів у навколишньому середовищі.
15. Нормування акарицидів у навколишньому середовищі.
16. Нормування гербіцидів у навколишньому середовищі.
17. Нормування аміаку у навколишньому середовищі.
18. Нормування толуолу у навколишньому середовищі.
19. Нормування сульфатів у навколишньому середовищі.
20. Нормування поліциклічних ароматичних вуглеводнів у навколишньому середовищі.
21. Нормування хлорорганічних ХЗЗР у навколишньому середовищі.
22. Нормування електромагнітного забруднення навколишнього середовища.
23. Нормування поліхлорованих біфенілів у навколишньому середовищі.
24. Нормування біологічного забруднення навколишнього середовища.
25. Нормування ванадію і олова у навколишньому середовищі.
26. Нормування міді і свинцю у навколишньому середовищі.
27. Нормування цинку і нікелю у навколишньому середовищі.
28. Нормування заліза і алюмінію у навколишньому середовищі.
29. Нормування сполук бром у навколишньому середовищі.
30. Нормування ртутьорганічних ХЗЗР у навколишньому середовищі.
31. Нормування фосфорорганічних ХЗЗР у навколишньому середовищі.
32. Нормування СДОР у навколишньому середовищі.
33. Нормування сполук вуглецю у навколишньому середовищі.
34. Нормування альдегідів у навколишньому середовищі.
35. Нормування сполук свинцю у навколишньому середовищі.
36. Нормування азотовмісних сполук у навколишньому середовищі.
37. Нормування сполук бром у навколишньому середовищі.
38. Нормування органічних полімерів у навколишньому середовищі.
39. Нормування формальдегідів у навколишньому середовищі.
40. Нормування сполук карбонових кислот у навколишньому середовищі.

41. Нормування аліциклічних сполук в об'єктах навколишнього середовища.
42. Нормування бензапіренів у навколишньому середовищі.
43. Нормування шумового і вібраційного забруднення навколишнього середовища.
44. Нормування сполук кадмію у навколишньому середовищі.
45. Нормування алкенів у навколишньому середовищі.
46. Нормування металорганічних сполук у навколишньому середовищі.
47. Нормування глікозидів в об'єктах навколишнього середовища.
48. Нормування нафтопродуктів у навколишньому середовищі.
49. Нормування алкалоїдів в об'єктах навколишнього середовища.
50. Нормування поліциклічних ароматичних вуглеводнів у навколишньому середовищі.
51. Нормування сполук кадмію і хрому у навколишньому середовищі.
52. Нормування сим-триазинів у навколишньому середовищі.
53. Нормування сполук кобальту у навколишньому середовищі.
54. Нормування фенолів у навколишньому середовищі.
55. Нормування вібраційного забруднення навколишнього середовища.
56. Нормування стимуляторів росту у навколишньому середовищі.
57. Нормування бактерицидів у навколишньому середовищі.
58. Нормування сполук миш'яку у навколишньому середовищі.
59. Нормування інсектицидів у навколишньому середовищі.
60. Нормування радіаційного забруднення навколишнього середовища.
61. Нормування ксенобіотиків у продуктах харчування.
62. Нормування оптичного випромінювання у навколишньому середовищі.
63. Нормування галогеновмісних сполук у навколишньому середовищі.
64. Нормування параметричного забруднення навколишнього середовища.

Додаток Б
Зразок індивідуального завдання до курсової роботи

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ЕХТЗД,
к.т.н., професор
_____ В. А. Іщенко
(підпис)
« ____ » _____ 2025 р.

ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ
на курсову роботу

з дисципліни «Нормування антропогенного навантаження на навколишнє сере-
довище»

здобувача _____ Вишнівської Вікторії Леонідівни _____
(прізвище, ім'я, та по-батькові)

Курс _____ третій _____, група _____ ЕКО-236 _____, семестр _____

- 1. Тема роботи** Нормування забруднення ґрунтів важкими металами
- 2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи:** 10 травня 2025 р.
- 3. Вихідні дані до роботи** Дані забруднення ґрунтів важкими металами: свинцем, хромом та ртуттю окремих територій. ГДК свинцю становить 21,5 мг/кг; ГДК хрому – 0,24 мг/кг; ГДК ртуті – 0,041 мг/кг.
- 4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці)**
 1. Характеристика забруднення ґрунтів важкими металами
 2. Розрахунок антропогенного впливу важких металів на ґрунти
 3. Заходи зі зменшення антропогенного впливу важких металів на ґрунти
- 5. Перелік графічного матеріалу** (з точним вказанням обов'язкових діаграм, схем, графіків, додатків) 1. Гранично допустимі концентрації деяких хімічних елементів в основних групах харчових продуктів. 2. Зменшення врожайності ґрунтів внаслідок забруднення їх важкими металами. 3. Характеристика природного та допустимого вмісту важких металів у ґрунті. 4. Вміст важких металів у ґрунтах. 5. Діаграми: Вмісту свинцю, хрому та ртуті у ґрунтах. 6. Сумарний показник забруднення ґрунтового покриву.
- 6. Дада видачі завдання** 10 березня 2025 року

ГРАФІК виконання курсової роботи

Ч.ч.	Найменування етапів курсової роботи	Термін виконання етапів курсової роботи	Відомості про виконання
1.	Отримання теми курсової роботи і методичних вказівок до її виконання	10.03.2025 р.	
2.	Робота із літературними джерелами	20.03.2025 р.	
3.	Складання плану КР	30.04.2025 р.	
4.	Робота над I частиною	10.04.2025 р.	
5.	Робота над II частиною	20.04.2025 р.	
6.	Робота над III частиною	20.04.2025 р.	
7.	Робота над вступом і висновками	25.04.2025 р.	
8.	Оформлення додатків	1.05.2025 р.	
9.	Оформлення списку використаних джерел	3.05.2025 р.	
10.	Оформлення титульних аркушів, зшивання роботи і здавання її на перевірку.	8.05.2025 р.	
11.	Захист курсової роботи	10.05.2025 р.	

Дата видачі ” 10 ” березня 2025 р.

Здобувач _____ **Вишнівська Вікторія Леонідівна**
(підпис) (прізвище, ім'я, та по-батькові)

Керівник _____ **Васильківський Ігор Володимирович**
(підпис) (прізвище, ім'я, та по-батькові)

Додаток В

Приклад оформлення титульного аркуша

Вінницький національний технічний університет
Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії
Кафедра екології, хімії та технологій захисту довкілля

КУРСОВА РОБОТА

з дисципліни «Нормування антропогенного навантаження на навколишнє
середовище»

на тему: «Нормування забруднення ґрунтів важкими металами»

Здобувач 3 курсу, групи ЕКО-23б
спеціальність 101- Екологія
Корсун Ігор Сергійович
(прізвище та ініціали)

Керівник: доц. каф. ЕХТЗД Васильківський І. В.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)
Кількість балів: _____ Оцінка: ECTS _____

Члени комісії:	_____	<u>Васильківський І. В.</u>
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
	_____	<u>Полив'янчук А.П.</u>
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
	_____	<u>Іщенко В.А.</u>
	(підпис)	(прізвище та ініціали)

м. Вінниця – 2025 рік

Додаток Г
Приклад оформлення анотації курсової роботи

АНОТАЦІЯ

Паредес Трухільйо Рікардо Ніколас. Нормування впливу гідроелектростанцій на іхтіофауну Південного Бугу: курсова робота з дисципліни «Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище»

У курсовій роботі розглянуто антропогенне навантаження на річку Південний Буг, яке виникло внаслідок будівництва і експлуатації малих гідроелектростанцій.

Досліджено екологічні умови існування іхтіофауни Південного Бугу в межах Сабарівського і Ладжинського водосховищ, зокрема екологічний вплив гідроелектростанцій на ріст та здоров'я іхтіофауни Південного Бугу. Проаналізовано механічні, біологічні пошкодження і аномальна поведінка риб під час проходження гідротурбін ГЕС.

Для покращення екологічного стану річки Південний Буг та відновлення втраченого біорізноманіття іхтіофауни запропоновано ефективні природоохоронні заходи і рекомендації.

Проведений розрахунок еколого-економічного ефекту будівництва рибохідно-нерестового каналу і заміни звичайних гідротурбін на fish-friendly турбіни.

Ключові слова: Південний Буг, гідроелектростанція, іхтіофауна, родина осетрових, гідротурбіна, fish-friendly турбіна, природоохоронні заходи.

Додаток Д
Зразок змісту курсової роботи

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ФОСФОРООРГАНІЧНИХ ХЗЗР.....	3
1.1 Фізико-хімічні властивості фосфороорганічних ХЗЗР.....	5
1.2 Об'єми забруднення навколишнього природного середовища фосфороорганічними ХЗЗР.....	5
1.3 Фосфороорганічні пестициди у навколишньому середовищі.....	6
1.3.1 Фосфороорганічні ХЗЗР в атмосфері.....	7
1.3.2 Фосфороорганічні ХЗЗР в гідросфері.....	8
1.3.3 Фосфороорганічні ХЗЗР в ґрунті.....	9
1.3.4 Фосфороорганічні ХЗЗР у продуктах харчування.....	
1.4 Токсикологічна характеристика фосфороорганічних ХЗЗР.....	10
1.5 Метаболізм фосфороорганічних ХЗЗР у навколишньому середовищі	10
2 МЕТОДИКИ НОРМУВАННЯ ФОСФОРООРГАНІЧНИХ ПЕСТИЦИДІВ У НАВКОЛИШНЬОМУ СЕРЕДОВИЩІ.....	11
2.1 Методика екологічного нормування забруднення ХЗЗР ґрунту.....	13
2.2 Методика нормування забруднення ХЗЗР в атмосфері.....	14
2.3 Методика екологічного нормування забруднення ХЗЗР у водоймах.....	15
2.4 Методика екологічного нормування забруднення ХЗЗР у харчових продуктах.....	17
3 ЗАХОДИ ЗІ ЗМЕНШЕННЯ ВПЛИВУ ФОСФОРООРГАНІЧНИХ ПЕСТИЦИДІВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ.....	19
3.1 Заходи охорони ґрунту від забруднень пестицидами.....	19
3.2 Сучасні методи знезараження та деструкції пестицидів.....	19
3.3.1 Аналіз та вибір схеми деструкції та переробки пестицидів.....	21
3.2.2 Деструкційне окислення фосфороорганічних сполук.....	22
3.2.3 Спосіб рідкофазного окислення непридатних фосфороорганічних пестицидів.....	24
3.3 Шляхи вилучення фосфороорганічних пестицидів з харчових продуктів.....	27
ВИСНОВКИ.....	29
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	31
Додаток А Схема розсіювання фосфороорганічних ХЗЗР на території ТОВ «Фаворит».....	33
Додаток Б Структурна схема мобільної установки для знешкодження фосфороорганічних ХЗЗР.....	34

Додаток Е

Зразок вступу курсової роботи

ВСТУП

Головним антропогенним джерелом утворення і викидів поліциклічних ароматичних вуглеводнів (ПАВ) є підприємства коксохімічного, металургійного, енергетичного комплексів, нафтохімічна промисловість і автотранспорт. Внаслідок викидів промислових підприємств і автотранспорту середньомісячні концентрації бенз(а)пірену в окремих районах України становлять від 1,2 до 9 ГДК. Ароматичні вуглеводні широко застосовують у виробництві барвників, пластичних мас, хіміко-фармацевтичних препаратів, вибухових речовин, синтетичних волокон, моторного палива тощо.

Основний представник класу поліциклічних ароматичних вуглеводнів – бензен, що є основою палива і широко використовується у промисловості разом із своїми похідними, наприклад бенз(а)пірен, 7, 12-диметилбензантрацен, 1, 2, 5, 6-дибензантрацен та інші, більшість з яких є хімічними канцерогенами, та належать до першого класу токсичності. До природних абіогенних джерел, що формують природній фон поліциклічних ароматичних вуглеводнів, відносять вулканічну діяльність, процеси нафто-, вугле- та сланцеутворення.

Будучи хімічно порівняно стійким, бенз(а)пірен та його похідні можуть довго мігрувати з одних природних об'єктів в інші. Як результат – багато об'єктів і процесів навколишнього середовища, що не володіють здатністю синтезувати бенз(а)пірен, самі стають його вторинними джерелами. Оскільки таких речовин є досить велика кількість і переважна більшість з них є сильними токсикантами, то постає проблема екологічного нормування техногенного впливу поліциклічних ароматичних вуглеводнів на навколишнє середовище.

Мета роботи – нормування поліциклічних ароматичних вуглеводнів у навколишньому середовищі.

Завдання роботи. Для досягнення поставленої мети було сформульовано такі задачі:

- 1) оцінення впливу поліциклічних ароматичних вуглеводнів на навколишнє середовище і організм людини;
- 2) розрахунок величини антропогенного впливу окремих джерел забруднення ПАВ та порівняння їх із діючими екологічними нормативами антропогенного навантаження;
- 3) планування природоохоронних заходів для зменшення наслідків антропогенного впливу джерел забруднення ПАВ на навколишнє середовище і організм людини.

Об'єктом дослідження є процес утворення викидів поліциклічних ароматичних вуглеводнів у довкілля.

Предметом дослідження є кількісний та якісний рівень забруднення довкілля ПАВ промисловими підприємствами і автотранспортом.

Додаток Ж
Зразок висновків курсової роботи

ВИСНОВКИ

В значних кількостях поліциклічні ароматичні вуглеводні завдають майже непоправної шкоди біосфері. Тому вкрай важливим є завдання нормування концентрації антропогенних джерел забруднення ПАВ, зокрема для автотранспорту.

На основі результатів виконання курсової роботи можна зробити такі висновки:

1) в курсовій роботі оцінено вплив поліциклічних ароматичних вуглеводнів на навколишнє середовище (атмосферне повітря, поверхневі води, ґрунт) та організм людини;

2) в першому розділі досліджено токсикологічну характеристику декількох сполук ПАВ, які є дуже токсичними і сильними канцерогенами, що навіть за дуже незначних концентрацій, але у разі постійної дії можуть викликати ракові пухлини;

3) в другому розділі проведено розрахунок гранично допустимого викиду забруднюючої речовини бенз(а)пірену для автотранспортного підприємства, що є його джерелом викиду.

4) в третьому розділі проаналізовано заходи зі зменшення негативного впливу поліциклічних ароматичних вуглеводнів на навколишнє середовище, а саме:

- рідинна екстракція, як метод вилучення поліциклічних ароматичних вуглеводнів із ґрунту та стічних вод;
- електроімпульсно-флотаційний метод очищення вод від поліциклічних ароматичних вуглеводнів;
- біологічна деградація поліциклічних ароматичних вуглеводнів грибами.

Додаток И
Приклади оформлення бібліографічних посилань у списку використаних джерел

Характеристика джерела	Приклади оформлення
Книги: Один автор	1. Бичківський О. О. Міжнародне приватне право : конспект лекцій. Запоріжжя : ЗНУ, 2015. 82 с. 2. Бондаренко В. Г. Немеркнуча слава новітніх запорожців: історія Українського Вільного козацтва на Запоріжжі (1917–1920 рр.). Запоріжжя, 2017. 113 с. 3. Бондаренко В. Г. Український вільнокозацький рух в Україні та на еміграції (1919–1993 рр.) : монографія. Запоріжжя : ЗНУ, 2016. 600 с.
Два автори	1. Аванесова Н. Е., Марченко О. В. Стратегічне управління підприємством та сучасним містом: теоретико-методичні засади : монографія. Харків : Щедра садиба плюс, 2015. 196 с. 2. Батракова Т. І., Калюжна Ю. В. Банківські операції : навч. посіб. Запоріжжя : ЗНУ, 2017. 130 с. 3. Білобровко Т. І., Кожуховська Л. П. Філософія науки й управління освітою : навчально-методичний посібник. Переяслав-Хмельницький, 2015. 166 с.
Три автори	1. Аніловська Г. Я., Марушко Н. С., Стоколоса Т. М. Інформаційні системи і технології у фінансах : навч. посіб. Львів : Магнолія 2006, 2015. 312 с. 2. Городовенко В. В., Макаренков О. Л., Сантос М. М. О. Судові та правоохоронні органи України : навч. посіб. Запоріжжя : ЗНУ, 2016. 206 с. 3. Кузнецов М. А., Фоменко К. І., Кузнецов О. І. Психічні стани студентів у процесі навчально-пізнавальної діяльності : монографія. Харків : ХНПУ, 2015. 338 с.
Чотири і більше авторів	1. Науково-практичний коментар Кримінального кодексу України : станом на 10 жовт. 2016 р. / К. І. Беліков та ін. ; за заг. ред. О. М. Литвинова. Київ : ЦУЛ, 2016. 528 с. 2. Бікулов Д. Т., Чкан А. С., Олійник О. М., Маркова С. В. Менеджмент : навч. посіб. Запоріжжя : ЗНУ, 2017. 360 с. 3. Операційне числення : навч. посіб. / С. М. Гребенюк та ін. Запоріжжя : ЗНУ, 2015. 88 с.
Автор(и) та редактор(и) / упорядники	1. Березенко В. В. PR як сфера наукового знання : монографія / за заг. наук. ред. В. М. Манакіна. Запоріжжя : ЗНУ, 2015. 362 с. 2. Бутко М. П., Неживенко А. П., Пепа Т. В. Економічна психологія : навч. посіб. / за ред. М. П. Бутко. Київ : ЦУЛ, 2016. 232 с. 3. Дахно І. І., Алієва-Барановська В. М. Право інтелектуальної власності : навч. посіб. / за ред. І. І. Дахна. Київ : ЦУЛ, 2015. 560 с.

Без автора	1. Міжнародні економічні відносини : навч. посіб. / за ред.: С. О. Якубовського, Ю. О. Ніколаєва. Одеса : ОНУ, 2015. 306 с. 2. Науково-практичний коментар Бюджетного кодексу України / за заг. ред. Т. А. Латковської. Київ : ЦУЛ, 2017. 176 с. 3. Службове право: витоки, сучасність та перспективи розвитку / за ред.: Т. О. Коломоєць, В. К. Колпакова. Запоріжжя, 2017. 328 с. Сучасне суспільство: філософсько-правове дослідження актуальних проблем : монографія / за ред. О. Г. Данильяна. Харків : Право, 2016. 488 с.
Багатотомні видання	1. Енциклопедія Сучасної України / редкол.: І. М. Дзюба та ін. Київ : САМ, 2016. Т. 17. 712 с.
Частина видання (статті)	1. Заболотна Н. І., Шолота В. В., Загоруйко В. І. Система багатопараметричного поляризаційно-фазового картографування біологічних шарів із бінарною класифікацією. <i>Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології</i>. 2021. № 2. С. 44–52. Mamurbayev O., Pavlov S., Karas O., et al. Increasing the reliability of diagnosis of diabetic retinopathy based on machine learning. <i>Eastern-European Journal of Enterprise Technologies</i>. 2024. Vol. 128 (9). P. 17–26.
Частина видання (матеріали конференцій)	1. Анциперова І. І. Історико-правовий аспект акту про бюджет. <i>Дослідження проблем права в Україні очима молодих вчених</i> : тези доп. всеукр. наук.-практ. конф. (м. Запоріжжя, 24 квіт. 2014 р.). Запоріжжя, 2014. С. 134–137. 2. Павлов С. В., Задолотна Н. І., Карась О. В. Мультифункціональна інтелектуалізована система лазерної поляриметрії. <i>VIII International Conference on Optoelectronic Information Technologies «PHOTONICS-ODS 2018»</i>, Ukraine, Vinnytsia, VNTU October 2-4, 2018. Vinnytsia, 2018. P. 130–131.
Автореферати дисертацій	1. Бондар О. Г. Земля як об'єкт права власності за земельним законодавством України : автореф. дис. канд. юрид. наук: 12.00.06. Київ, 2005. 20 с. 2. Гнатенко Н. Г. Групи інтересів у Верховній Раді України: сутність і роль у формуванні державної політики : автореф. дис. ... канд. політ. наук : 23.00.02. Київ, 2017. 20 с. 3. Кулініч О. О. Право людини і громадянина на освіту в Україні та конституційно-правовий механізм його реалізації : автореф. дис. ... канд. юрид. наук : 12.00.02. Маріуполь, 2015. 20 с.
Дисертації	1. Авдєєва О. С. Міжконфесійні відносини у Північному Приазов'ї (кінець XVIII - початок XX ст.) : дис. канд. іст. наук : 07.00.01 / Запорізький національний університет. Запоріжжя, 2016. 301 с. 2. Левчук С. А. Матриці Гріна рівнянь і систем еліптичного типу для дослідження статичного деформування складених тіл : дис. ... канд. фіз.-мат. наук : 01.02.04. Запоріжжя, 2002. 150 с. Вініченко О. М. Система динамічного контролю соціально-економічного розвитку промислового підприємства : дис. д-ра екон. наук : 08.00.04. Дніпро, 2017. 424 с.

Законодавчі та нормативні документи	1. Конституція України : офіц. текст. Київ : КМ, 2013. 96 с. 2. Про вищу освіту : Закон України від 01.07.2014 р. № 1556-VII. Дата оновлення: 23.04.2024. URL: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1556-18 (дата звернення: 15.08.2024). 3. Деякі питання стипендіального забезпечення : Постанова Кабінету Міністрів України від 28.12.2016 р. № 1050. <i>Офіційний вісник України</i>. 2017. № 4. С. 530–543.
Патенти	1. Люмінесцентний матеріал : пат. 25742 Україна. МПК6 C09K11/00, G01T1/28, G21H3/00. № 200701472 ; заявл. 12.02.07 ; опубл. 27.08.07, Бюл. № 13. 4 с. 2. Спосіб лікування синдрому дефіциту уваги та гіперактивності у дітей : пат. 76509 Україна. № 2004042416 ; заявл. 01.04.2004 ; опубл. 01.08.2006, Бюл. № 8 (кн. 1). 120 с.
Препринти	1. Панасюк М. І., Скорбун А. Д., Сплошной Б. М. Про точність визначення активності твердих радіоактивних відходів гамма- методами. Чорнобиль : Ін-т з проблем безпеки АЕС НАН України, 2006. 7, [1] с. (Препринт. НАН України, Ін-т проблем безпеки АЕС; 06-1). 2. Загладько І., Дувіряк А. Взаємодія скалярних частинок через тахійонне поле. Львів : Ін-т фізики конденс. систем НАН України, 2002. 38 с. (Препринт. Ін-т фізики конденс. систем НАН України; ISMP-02-02U).
Стандарти	1. ДСТУ 7152:2010. Видання. Оформлення публікацій у журналах і збірниках. [Чинний від 2010-02-18]. Вид. офіц. Київ, 2010. 16 с. (Інформація та документація). 2. ДСТУ ISO 6107-1:2004. Якість води. Словник термінів. Частина 1 (ISO 6107-1:1996, IDT). [Чинний від 2005-04-01]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2006. 181 с.
Каталоги	1. Історико-правова спадщина України: кат. вист. / Харків. держ. наук. б-ка ім. В. Г. Короленка; уклад.: Л. І. Романова, О. В. Земляніщина. Харків, 1996. 64 с. 2. Пам'ятки історії та мистецтва Львівської області : кат.-довід. / авт.-упоряд.: М. Зобків та ін. ; Упр. культури Львів. облдержадмін., Львів. іст. музей. Львів: Новий час, 2003. 160 с.
Бібліографічні покажчики	1. Микола Лукаш : біобібліогр. покажч. / уклад. В. Савчин. Львів : Вид. центр ЛНУ ім. І. Франка, 2003. 356 с. (Українська біобібліографія ; ч. 10). 2. Яценко О. М., Любовець Н. І. Українські персональні бібліографічні покажчики (1856-2013). Київ : Національна бібліотека України ім. В. І. Вернадського, 2015. 472 с. (Джерела української біографістики; вип. 3).
Електронні ресурси	1. Шарая А. А. Принципи державної служби за законодавством України. <i>Юридичний науковий електронний журнал</i>. 2017. № 5. С. 115–118. URL: http://lsei.org.ua/5_2017/32.pdf. 2. Ганзенко О. О. Основні напрями подолання правового нігілізму в Україні. <i>Вісник Запорізького національного університету. Юридичні науки</i>. Запоріжжя, 2015. № 3. С. 20–27. URL: http://ebooks.znu.edu.ua/Fakhovivydannya/vznu/juridichni/5.pdf (дата звернення: 15.08.2024).

Додаток К

Нормативи забруднення навколишнього середовища

Таблиця К.1 – Значення ГДК забруднюючих речовин у повітрі

Ч.ч.	Назва речовини	ГДК, мг/м ³	
		Максимальна разова	Середньодобова
1.	Азоту діоксид	0,2	0,04
2.	Азоту оксид	0,4	0,06
3.	Акрилонітрил	-	0,03
4.	Акролеїн	0,03	0,03
5.	Аліл хлористий	0,07	0,01
6.	Альдегід каприловий	0,02	-
7.	Альдегід каприновий	0,02	-
8.	Альдегід капроновий	0,02	-
9.	Альдегід масляний	0,015	0,015
10.	Альдегід пеларгоновий	0,02	-
11.	Алюмінію оксид (у перерахунку на алюміній)	-	0,01
12.	Аміак	0,2	0,04
13.	Аміл бромистий (1-бромпентан)	0,03	0,01
14.	Амілени (суміш ізомерів)	1,5	1,5
15.	Аміни аліфатичні C ₁₅ -C ₂₀	0,003	0,003
16.	5/6 Аміно-(2-параамінофеніл) бензі-мідазол	-	0,01
17.	2-Аміно-1,3,5-триметилбензол (мезидін)	0,003	0,003
18.	Ангідрид малеїновий (пара, аерозоль)	0,2	0,05
19.	Ангідрид сірчистий	0,5	0,05
20.	Ангідрид фталевий (пара, аерозоль)	0,1	0,1
21.	Анілін	0,05	0,03
22.	Ацетальдегід	0,01	0,01
23.	Ацетон	0,35	0,35
24.	Ацетофенон	0,003	0,003
25.	Бенз(а)пірен	-	0,1 мкг на 100 м ³
26.	Бензин (нафтовий, малосірчистий, у перерахунку на вуглець)	5,0	1,5
27.	Бензин сланцевий (у перерахунку на вуглець)	0,05	0,05
28.	Бензол	1,5	0,1
29.	Білок пилу білкововітамінного концентрату (БВК)	-	0,001
30.	Бромбензол	-	0,03
31.	1,3-Бутадієн (дивініл)	3,0	1
32.	Бутан	200	-
33.	2-Бутеналь (кротоновий альдегід, β-метилакролеїн, метилпропеналь)	0,005	0,001
34.	Бутил бромистий (1-бромбутан)	0,03	0,01

35.	Бутил хлористий	0,07	-
36.	Бутилацетат	0,1	0,1
37.	Бутилен	3,0	3
38.	Бутиловий ефір акрилової кислоти (бутилакрилат)	0,008	-
39.	Ванадію п'ятиоксид	-	0,002
40.	Вінілацетат	0,15	0,15
41.	Водень хлористий (соляна кислота) за молекулою HCl	0,2	0,2
42.	Водень ціаністий (синильна кислота)	-	0,01
43.	Вуглець чотирьохлористий	4,0	0,7
44.	Вуглецю оксид	5,0	3,0
45.	Гексаметилендіамін	0,001	0,001
46.	Гексаметиленімін	0,1	0,02
47.	Гексан	60,0	-
48.	Гексафторбензол	0,8	0,1
49.	Гексил бромистий (1-бромгексан)	0,03	0,01
50.	Гептил бромистий (1-бромгептан)	0,03	0,01
51.	Гідроперекис ізопропілбензолу (гідроперекис кумолу)	0,007	0,007
52.	Децил бромистий (1-бромдекан)	0,03	0,01
53.	п-Дибромбензол	0,2	-
54.	Дикетен	0,007	-
55.	Диметиламін	0,005	0,005
56.	Диметиланілін	0,006	0,0055
57.	N,N'-Диметилацетамід	0,2	0,006
58.	4,4-Диметилдіоксан-1,3	0,01	0,004
59.	Диметиловий ефір терефталевої кислоти (диметилтерефталат)	0,05	0,01
60.	Диметилсульфід	0,08	-
61.	Диніл (суміш 25% дифенілу і 75% дифенілоксида)	0,01	0,01
62.	Дифторхлорметан (фреон-22)	100	10
63.	3,4-Дихлоранілін	0,01	0,01
64.	Дихлордифторметан(фреон-12)	100	10
65.	Дихлоретан	3,0	1
66.	1,2-Дихлорпропан	-	0,18
67.	1,3-Дихлорпропілен	0,1	0,01
68.	Дихлорфторметан (фреон-21)	100	10
69.	Діетиламін	0,05	0,05
70.	N-Діетиламіноетилмеркаптан	0,6	0,6
71.	Діетиловий ефір	1,0	0,6
72.	Епіхлоргідрин	0,2	0,2
73.	Етилацетат	0,1	0,1
74.	Етилбензол	0,02	0,02
75.	Етилен	3,0	3
76.	Етиленімін	0,001	0,001

77.	Етиленсульфід	0,5	-
78.	Етилену оксид	0,3	0,03
79.	Зола вугільна теплоелектростанцій з вмістом оксиду кальцію 35-40%, дисперсністю до 3 мкм і нижче не менш 97%**	0,05	0,02
80.	Зола мазутна теплоелектростанцій (у перерахунку на ванадій)	-	0,002
81.	Зола сланцева	0,3	0,1
82.	Ізоаміл бромистий (1-бром-3-метилбутан)	0,03	0,01
83.	Ізобутил бромистий (1-бром-2-метилпропан)	0,03	0,01
84.	Ізопропіл бромистий (2-бромпропан)	0,03	0,01
85.	Ізопропілбензол (кумол)	0,014	0,014
86.	Кадмію оксид (у перерахунку на кадмій)	-	0,0003
87.	Капролактам (пара, аерозоль)	0,06	0,06
88.	Кислота азотна за молекулою HNO_3	0,4	0,15
89.	Кислота акрилова	0,1	0,04
90.	Кислота мурашина	0,2	0,05
91.	Кислота оцтова	0,2	0,06
92.	Кислота перфторвалеріанова	0,1	-
93.	Кислота пропіонова	0,015	-
94.	Кислота сірчана за молекулою H_2SO_4	0,3	0,1
95.	Кобальт металічний	-	0,001
96.	Ксилол	0,2	0,2
97.	Марганець і його сполуки (у перерахунку на діоксид марганцю)	0,01	0,001
98.	2-Меркаптоетанол (монотіоетиленгліколь)	0,07	0,07
99.	Метальдегід (ацетальдегід тетрамер)	0,003	0,003
100.	Метилацетат	0,07	0,07
101.	Метилен хлористий	8,8	-
102.	Метилізобутилкетон	0,1	-
103.	Метилмеркаптан	0,0001	-
104.	Метилнітрофос	0,005	-
105.	Метиловий ефір акрилової кислоти (метилакрилат)	0,01	0,01
106.	Метиловий ефір метакрилової кислоти (метилметакрилат)	0,1	0,01
107.	α -Метилстирол	0,04	0,04
108.	Миш'як, неорганічні сполуки (у перерахунку на миш'як)	-	0,003
109.	Міді оксид (у перерахунку на мідь)	-	0,002
110.	Моноетиламін	0,01	0,01

111.	Моноізобутиловий ефір етиленгліколю (бутилцелозольв)	1,0		0,3
112.	Моноізопропіловий ефір етиленгліколю (пропілцелозольв)	1,5		0,5
113.	Монометиламін	0,004		0,001
114.	Нафталін	0,003		0,003
115.	1,4-Нафтахінон	0,005		0,005
116.	1-Нафтол	0,006		0,003
117.	Нікель металічний	-		0,001
118.	Нітробензол	0,008		0,008
119.	м-Нітробромбензол	0,12		0,01
120.	м-Нітрохлорбензол	0,004		0,004
121.	о-Нітрохлорбензол	0,004		0,004
122.	п-Нітрохлорбензол	0,004		0,004
123.	Пентан	100,0		25
124.	Пил зерновий	0,2		0,03
125.	Пил неорганічний, з вмістом діоксиду кремнію в %: 70–20 (шамот, цемент і ін.)	0,3		0,1
126.	Пил неорганічний, з вмістом діоксиду кремнію в %: вище 70 (динас і ін.)	0,15		0,05
127.	Пил неорганічний, з вмістом діоксиду кремнію в %: нижче 20 (доломіт, цемент і ін.)	0,5		0,15
128.	Піридин	0,08		0,08
129.	Пропіл бромистий (1-бромпропан)	0,03		0,01
130.	Пропілен	3,0		3
131.	Пропілену оксид	0,08		-
132.	Розчинник бутилформіатний (БЭФ) /контроль за сумою ацетатів/	0,3		-
133.	Ртуть металічна	-		0,0003
134.	Сажа	0,15		0,05
135.	Свинець і його неорганічні сполуки (у перерахунку на свинець)	0,001		0,0003
136.	Свинець сірчастий (у перерахунку на свинець)	-		0,0017
137.	Селену діоксид (у перерахунку на селен)	0,1 мкг/м ³	0,05 мкг/м ³	
138.	Сірководень	0,008	-	
139.	Сірковуглець	0,03	0,005	
140.	Скипидар	2,0	1	
141.	Спирт аміловий	0,01	0,01	
142.	Спирт бутиловий	0,1	0,1	
143.	Спирт етиловий	5,0	5	
144.	Спирт ізобутиловий	0,1	0,1	
145.	Спирт ізооктиловий (2-етилгексанол)	0,15	0,15	
146.	Спирт ізопропіловий	0,6	0,6	
147.	Спирт метиловий	1,0	0,5	

148.	Спирт пропіловий	0,3	0,3
149.	Стирол	0,04	0,002
150.	Тетрагідрофуран	0,2	0,2
151.	Тетраметилтіурамдисульфід (тіурам Д, ТМТД)	0,05	0,02
152.	Тетрафторетилен	6,0	0,5
153.	Тетрахлоретилен (перхлоретилен)	0,5	0,06
154.	Тетрахлорпропен	0,07	0,04
155.	Тіофен (тіофуран)	0,6	-
156.	Толуїлендіізоціанат	0,05	0,02
157.	Толуол	0,6	0,6
158.	Трибромметан (бромформ)	-	0,05
159.	Триетиламін	0,14	0,14
160.	Трикрезол (суміш ізомерів: орто-, мета-, пара-)	0,005	0,005
161.	Триметиламін	0,15	-
162.	Трихлоретилен	4,0	1
163.	Трихлорметан (хлороформ)	0,1	0,03
164.	1,2,3-Трихлорпропан	-	0,05
165.	Трихлофторметан (фреон 11)	100	10
166.	Фенол	0,01	0,003
167.	Фенольна фракція легкої смоли високошвидкісного піролізу бурого вугілля	0,008	-
168.	Ферит марганець-цинковий (у перерахунку на марганець)	-	0,002
169.	Флюс каніфольний активований (ФКТ) /контроль за каніфоллю/	0,3	0,3
170.	Формальдегід	0,035	0,003
171.	Формамід	-	0,03
172.	Фтористі газоподібні сполуки (фтористий водень, чотирифтористий кремній) /у перерахунку на фтор/	0,02	0,005
173.	Фурфурол	0,05	0,05
174.	Хлор	0,1	0,03
175.	м-Хлоранілін	0,01	0,01
176.	п-Хлоранілін	0,04	0,01
177.	Хлорбензол	0,1	0,1
178.	Хлоропрен	0,02	0,002
179.	Хром шестивалентний (у перерахунку на триоксид хрому)	0,002	0,0015
180.	Циклогексан	1,4	1,4
181.	Циклогексанол	0,06	0,06
182.	Циклогексанон	0,04	-

Таблиця К.2 – Значення ГДК забруднюючих речовин у водоймах

Показники	ГДК риб. госп. призначення	ГДК госп.-побут. призначення
Алюміній, мг/л	0,04	0,5
Амоній сольовий (NH ₄), мг/л	0,5	2,0 (по N)
БСК ₅ , мг/л		3-6
Завислі речовини, мг/л	20,0	20,0
Залізо, мг/л	0,1	0,3
Кадмій, мг/л	0,005	0,001
Калій, мг/л	50	-
Кальцій, мг/л	180	-
Кобальт, мг/л	0,01	0,1
Магній, мг/л	50	-
Марганець, мг/л	0,01	0,1
Мідь, мг/л	0,001 до фону	1,0
Натрій, мг/л	120	200
Нафтопродукти, мг/л	0,05	0,3
Нікель, мг/л	0,01	0,1
Нітрати(NO ₃), мг/л	40,0	45
Нітриди(NO ₂), мг/л	0,08	3,3
Окислюваність перманганатна, мг/л	10,0	10,0
pH	6,5-8,5	6,5-8,5
Розчинений кисень, мг/л	4,0	4,0
Ртуть, мг/л	0,00001	0,0005
СПАР, мг/л	0,028 за алкілбензосульфатом натрію	0,4 за алкілбензосульфатом натрію
Свинець, мг/л	0,1	0,03
Сульфати, мг/л	100	500
Сухий залишок, мг/л		не більше 1000
Феноли, мг/л	0,001	0,001
Фосфати, мг/л, PO ₄	0,17	3,5
Фториди, мг/л	0,05 до фону (але не більше сумарного вмісту 0,75)	0,70
ХСК, мг/л	-	15-30
Хлориди, мг/л	300	350
Хром Cr ³⁺ , мг/л	-	0,5
Хром Cr ⁶⁺ , мг/л	0,001	0,05
Цинк, мг/л	0,01	1,0

Таблиця К.3 – Значення ГДК забруднюючих речовин у ґрунтах

Назва показника	Значення ГДК з урахуванням фону, мг/кг
Альфа-метилстирол або α -метилстирол	0,5
Ацетальдегід	10,0
Бенз(а)пірен	0,02
Бензин	0,1
Бензол	0,3
Ванадій (валовий вміст)	150,0
Відходи флотації вугілля (ВФВ)	3000,0
Ізопропілбензол	0,5
Ізопропілбензол + альфа-метилстирол	0,5
Калій (рухомі форми)	560,0
Кобальт (рухомі форми)	5,0
Комплексні гранульовані азотно-калійні мінеральні добрива (КГД) складу N:P:K=64:0:15 за вмістом нітратів в ґрунті	120,0 (76,8 у перерахунку на N)
Ксилоли (орто-, мета-, пара-)	0,3
Марганець (валовий вміст)	1500
Марганець (витяжка 0,1н H ₂ SO ₄) чорноземи:	700,0
дерново-слабопідзолисті ґрунти:	
з рН 4,0	300,0
з рН 5,1-6,0	400,0
з рН≥6,0	500,0
Марганець (рухомі форми) чорноземи:	140,0
дерново-слабопідзолисті ґрунти:	
з рН 4,0	60,0
з рН 5,1-6,0	80,0
з рН≥6,0	100,0
Миш'як	2,0
Мідь (рухомі форми)	3,0
Нітрати	130,0
Нікель (рухомі фоФФФФрми)	4,0
Рідкі комплексні добрива (РКД) з добавками марганцю складу N:P:K=10:34:0 за вмістом фосфору (рухомих форм) в ґрунті	80,0 (27,2 у перерахунку на P)
Ртуть (валовий вміст)	2,1
Свинець (валовий вміст)	32,0
Свинець (рухомі форми)	6,0
Сірководень	0,4
Сірчана кислота	160,0
Стирол	0,1
Сульфати	160,0
Суперфосфат або фосфор (загальний)	200,0
Сурма	4,5
Толуол	0,3
Формальдегід	7,0
Цинк (рухомі форми)	23,0
Фтор (рухомі форми)	2,8
Хром (рухомі форми)	6,0
Хром (VI)	0,05
Фтор (водорозчинні рухомі форми)	10,0

Таблиця К.4 – Значення допустимих рівнів питомої активності радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr у продуктах харчування та питній воді

Ч.ч.	Найменування продукту	ДР $_{\text{Cs}}$, Бк/кг	ДР $_{\text{Sr}}$, Бк/кг
1	Зерно, борошно-круп'яні та хлібобулочні вироби		
	1.1. Зерно продовольче, зокрема пшениця, жито, овес, ячмінь, просо, гречка, рис, кукурудза, сорго та інших зернових культур	50	20
	1.2. Зерно бобових сушене, зокрема квасоля, сочевиця, боби та інше	50	30
	1.3. Борошно, борошняні хлібопекарські суміші, крупа, крохмаль, зерно плющене чи перероблене в пластівці; макаронні вироби, круп'яні вироби, толокно; напівфабрикати зернові; готові продукти, виготовлені із зерна, зернових культур, зокрема сухі сніданки, мюслі, продукти, одержані шляхом здуття чи обсмажування зернових та інше	30	10
	1.4. Соеві боби сушені, продукти переробки сої, зокрема соєвий білок, борошно, готові вироби та інше	50	30
	1.5. Хліб та хлібобулочні вироби, зокрема з добавками; продукти борошняні, зокрема борошняні кондитерські вироби, напівфабрикати з тіста	20	5
2	Молоко та молочні продукти		
	2.1. Сире товарне молоко для промислової переробки (крім продуктів дитячого харчування), молоко рідке та вершки, сироватка молочна; продукти кисломолочні, зокрема сири свіжі, йогурти, йогуртові продукти, десерти кисломолочні свіжі, напої кисломолочні та інші; продукти, вироблені на основі молока та вершків, зокрема з додаванням немолочних компонентів (морозиво, виготовлене на основі молока чи вершків, торти з морозива, напої молочні, десерти молочні та інше)	100	20
	2.2. Масло вершкове (зокрема масло коров'яче, спреди, молочний жир та інше); бутербродні пасти на основі масла вершкового	200	40
	2.3. Сири сичужні тверді, сири розсільні, сири плавлені, сири голубі	200	100
	2.4. Молоко та вершки концентровані або згущені, молоко та вершки згущені з наповнювачами	300	60
	2.5. Продукти молочні сухі, зокрема молоко, вершки, казеїн та інші; сухі молочні суміші, концентрати харчові на основі молока	500	100
	2.6. Сире товарне молоко для промислової переробки (для продуктів дитячого харчування)	40	5
3	М'ясо та м'ясомолочні продукти		
	3.1. М'ясо забійних тварин, птиці (свіже, охолоджене, заморожене) без кісток для промислової переробки, м'ясо, харчові субпродукти (зокрема кишки-сирець, кров харчова) забійних тварин та свійської птиці свіжі, заморожені, різних способів обробки; продукти їх переробки, зокрема напівфабрикати, готові продукти, ковбаси, консерви м'ясні та м'ясо-рослинні	200	20

	3.2. М'ясо диких тварин та птиці	400	40
	3.3. Жир забійних тварин (зокрема шпик) та свійської птиці, продукти його переробки	100	30
	3.4. М'ясо забійних тварин, свійської птиці сушене та продукти його переробки	400	40
	3.5. Кістки тварин та птиці всіх видів	50	200
	3.6. Желатин	150	50
4	Риба, нерибні об'єкти промислу та продукти їх переробки		
	4.1. Риба свіжа та морожена, різних способів обробки; риб'ячий жир, ікра (зокрема штучна), молочко та інші рибні продукти, продукти переробки, зокрема рибні напівфабрикати, готові продукти з риби (масло-ікра, рибні пасти та інші), рибні пресерви та консерви	150	35
	4.2. Нерибні об'єкти промислу (ракоподібні, молюски та інші водяні безхребетні, м'ясо земноводних, плазунів та морських ссавців) свіжі та морожені, різних способів обробки; продукти їх переробки, зокрема напівфабрикати, готові продукти, консерви; жир морських ссавців	150	35
	4.3. Сушені або в'ялені риба та нерибні об'єкти промислу (ракоподібні, молюски та інші водяні безхребетні, м'ясо земноводних плазунів та морських ссавців)	300	70
	4.4. Водорості, морські трави та продукти їх переробки	200	70
	4.5. Водорості та морські трави сушені	600	200
5	Яйця птиці та продукти їх переробки		
	5.1. Яйця птиці та рідкі яєчні продукти; напівфабрикати та готові вироби з яєць птиці	100	30
	5.2. Сушені продукти переробки яєць птиці, зокрема яєчний порошок, сушені білок, жовток; сухі суміші, вироблені на основі яєць птиці	400	100
6.	Овочі та продукти їх переробки		
	6.1. Картопля свіжа та продукти переробки картоплі, зокрема картопля консервована, картопля заморожена; кулінарні картопляні вироби, напівфабрикати з картоплі та ін.	60	20
	6.2. Свіжі овочі (листові, зокрема столова зелень, плодови, баштанні, коренеплоди), бобові, кукурудза цукрова, гриби (культивовані); продукти переробки овочів, зокрема напівфабрикати, готові продукти, соки, консерви та інше	40	20
	6.3. Овочеві концентрати (зокрема томатна паста, томатні соуси, кетчупи тощо)	120	50
	6.4. Сушені овочі (зокрема картопля), гриби (культивовані) та овочеві суміші; продукти переробки сушених овочів	240	80
7	Фрукти та ягоди		
	7.1. Фрукти та ягоди свіжі, заморожені, консервовані; соки фруктові та ягідні	70	10
	7.2. Продукти переробки фруктів та ягід (варення, пасти, джеми, повидло, желе та ін.)	140	20
	7.3. Сухі фрукти та ягоди, зокрема, продукти сублімаційної сушки, сухі суміші на фруктовій та ягідній основі	280	40
	7.4. Горіхи та продукти їх переробки	70	10
	7.5. Суміші соків фруктових-ягідних з овочевими	50	15
8	Цукор, кондитерські вироби (карамель, ірис, пастила, мармелад тощо), желейні вироби, шоколад та вироби з нього;	50	30

	гумка жувальна		
9	Гриби та ягоди дикорослі свіжі, заморожені, консервовані	500	50
10	Гриби та ягоди дикорослі сушені	2500	250
11	Насіння олійних культур (соняшнику, кунжуту, арахісу, маку та інших, за винятком сої); продукти їх переробки, за винятком рослинних жирів та олій	70	10
12	Жири та олії рослинні, продукти, вироблені на їх основі, зокрема маргарини, кулінарні жири, кондитерські жири, креми та ін.	100	30
13	Чай байховий, пресований, ароматизований, з рослинними домішками; кава зелена, смажена (у зернах, мелена, розчинна); какао-боби, какао терте, какао-порошок; сухі розчинні напої на основі чаю, кави та замінники кави (обсмажений солод, цикорій та ін.)	200	50
14	Вода питна (з підземних джерел питного водопостачання вода нормується і за вмістом природних радіонуклідів)	2	2
15	Напої		
	15.1. Мінеральна вода (з підземних джерел питного водопостачання вода нормується і за вмістом природних радіонуклідів)	10	5
	15.2. Безалкогольні та слабоалкогольні напої, зокрема на основі рослинної сировини; пиво, квас, морозиво соковмісне; концентрати напоїв, які не внесені до інших розділів	20	20
	15.3. Алкогольні напої (за винятком пива)	50	30
16	Лікарські рослини сушені; фіточаї, мате (парагвайський чай), каркаде (суданська троянда) та ін.	200	100
17	Тютюн та тютюнові вироби	120	50
18	Біологічно активні добавки (БАД) усіх видів; екстракти та згущувачі харчові рослинного походження (речовини з вмістом пектину, пектинати та пектати; агар-агар та інші клеї та загусники рослинного походження)	200	50
19	Прянощі; спеції та їх суміші; приправи, зокрема соуси (соевий соус, грибний та інші), за винятком томатних соусів, гірчиця (готова, гірчичний порошок), салатні заправки, майонез та інше	120	50
20	Харчові добавки та їх суміші (барвники натуральні та штучні, стабілізатори, емульгатори, ароматизатори, наповнювачі та інші); оцет, сода харчова; дріжджі; харчові концентрати для виготовлення перших і других страв, десертів, мусів, кремів та ін., які не внесені до переліку в інших пунктах; супи та бульйони швидкого приготування; солодовий екстракт	150	50
21	Сіль кухонна харчова та сольові суміші	120	30
22	Мед та продукти бджільництва	200	50
23	Продукти дитячого харчування		
	Готові продукти дитячого харчування, сухі молочні суміші	40	50

Таблиця К.5 – ГДК важких металів у харчових продуктах, мг/кг

Продукти	Cd	Cu	Hg	Pb	Zn	Sn	As
Картопля і овочі (свіжі, свіжозаморожені)	0,03	5	0,02	0,5	10	–	0,2
Фрукти і ягоди свіжозаморожені	0,03	5	0,02	0,4	10	–	0,2
Гриби свіжі і консервовані	0,1	10	0,05	0,5	20	–	0,2
Консерви овочеві	0,03	5	0,02	0,5	10	–	0,2
Консерви в металевій тарі	0,05	5	0,02	1	10	200	0,2
Консерви фруктово-ягідні	0,03	5	0,02	0,4	10	–	0,2
Консерви фруктово-ягідні в збірній металевій тарі	0,05	5	0,02	1	10	200	0,2
Картопля, овочі сушені і консервовані	0,03	5	0,02	0,5	10	–	0,2
Фрукти, ягоди сушені і консервовані	0,03	5	0,02	0,4	10	–	0,2
Консерви для дитячого харчування на овочевій і фруктовій основі	0,02	5	0,01	0,3	10	–	0,2
Овочево-молочні і плодово-молочні суміші	0,02		0,01	0,3	50	–	0,2

Таблиця К.6 – Токсикологічна класифікація речовин (Залеський І. І., Клименко М. О., 2005 р.)

Клас токсичності	ЛД ₅₀ для людини, мг/кг маси	Середня смертельна доза	Приклади
Надтоксичні	Менше 0,01	Менше 1 краплі	Нервово-паралітичні гази, ботулінічний токсин, діоксин
Вкрай токсичні	Менше 5	Менше 7 крапель	Ціаністий калій, героїн, атропін, нікотин та ін.
Дуже токсичні	5-50	Від 7 крапель до 1 чайної ложки	Солі ртуті, морфій, кодеїн
Токсичні	50-500	Від 1 чайної ложки до 1 унції (28,35 г)	Солі свинцю, ДДТ, гідроксид натрію, сірчана кислота, кофеїн, тетрафтор вуглець
Помірно токсичні	500-5000	Від 1 унції до 1 пінти (0,473 л)	Метиловий спирт, ефір, фенobarбітал, амфетамін, керосин, аспірин
Малотоксичні	5000-15000	Від 1 пінти до 1 кварта (0,9463 л)	Етиловий спирт, мило

Електронне навчальне видання

**Ігор Володимирович Васильківський
Андрій Павлович Полив'янчук**

**Нормування антропогенного
навантаження
на навколишнє середовище
Курсове проєктування**

Навчальний посібник

Рукопис оформлено *І. Васильківським*

Редактор *Т. Старічек*

Оригінал-макет виготовлено *Т. Старічек*

Підписано до видання 01.07.2025 р.

Гарнітура Times New Roman.

Зам. № P2025-097.

Видавець та виготовлювач

Вінницький національний технічний університет,

Редакційно-видавничий відділ.

ВНТУ, ГНК, к. 114.

Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021.

press.vntu.edu.ua;

E-mail: irvc.vntu@gmail.com.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.