

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/275830031>

# Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище. Курсове проектування: навчальний посібник. Навчальний посібник

Book · January 2015

CITATIONS

0

READS

1,369

5 authors, including:



**Vasyl Petruk**

Vinnytsia National Technical University

208 PUBLICATIONS 85 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



**Igor Vasilkivskij**

Vinnytsia National Technical University

72 PUBLICATIONS 2 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



**Sergey Kvaternyuk**

Vinnytsia National Technical University

189 PUBLICATIONS 86 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



**Vitalii Ishchenko**

Vinnytsia National Technical University

93 PUBLICATIONS 41 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Geochemical state of the city roadside areas [View project](#)



Development of environmental safety measures in the field of hazardous waste management and investigation of their impact on water bodies using biosensor technologies [View project](#)

# **НОРМУВАННЯ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ (курсове проектування)**



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК**  
**НОРМУВАННЯ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ**  
**НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ**  
(курсове проектування)

для студентів напрямку 6.040106  
“Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване  
природокористування”

**Вінниця**  
**ВНТУ**  
**2014**

**УДК 504.05 (075)**

**ББК 20.18**

**Н82**

Автори:

**Петрук В. Г., Васильківський І. В., Кватернюк С. М.,  
Іщенко В. А., Турчик П. М.**

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки (протокол №2 від 27 вересня 2012 р.)

Рецензенти:

**А. П. Ранський**, доктор хімічних наук, професор

**Д. І. Крикливий**, доктор технічних наук, професор

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

**Нормування** антропогенного навантаження на навколишнє  
**Н82** середовище. Курсове проектування: навчальний посібник /  
В. Г. Петрук, І. В. Васильківський, С. М. Кватернюк та ін. –  
Вінниця : ВНТУ, 2014. – 112 с.

Навчальний посібник містить пояснення та вимоги до виконання та оформлення курсової роботи з дисципліни “Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище”. Наводяться загальні рекомендації до виконання курсової роботи, вимоги до оформлення пояснювальної записки, рекомендації до виконання еколого-технологічних розрахунків.

Розрахований для студентів напряму 6.040106 “Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування”.

**УДК 504.05**

**ББК 20.18**

## 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 Зміст.....	13
1.7.3 Вступ.....	14
1.7.4 Основна частина пояснювальної записки.....	15
1.7.5 Висновки.....	17
2 ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ....	18
2.1 Вимоги до оформлення розділів та підрозділів.....	18
2.2 Правила написання тексту.....	19
2.3 Оформлення формул.....	20
2.4 Оформлення ілюстрацій.....	22
2.5 Оформлення таблиць.....	22
2.6 Оформлення переліку літературних джерел.....	24
2.7 Додатки.....	27
3 ВИКОНАННЯ ЕКОЛОГО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РОЗРАХУНКІВ .....	29
3.1 Нормування забруднюючих речовин в атмосфері	29
3.1.1 Якість атмосферного повітря.....	29
3.1.2 Оцінювання стану повітряного середовища.....	30
3.1.3 Сумарна допустима концентрація забруднюючих речовин в атмосферному повітрі.....	31
3.1.4 Визначення максимального значення приземної концентрації шкідливої речовини.....	34
3.1.5 Визначення реального хімічного навантаження на людину при забрудненні повітряного середовища.....	40
3.2 Нормування забруднюючих речовин у водних об'єктах .....	44
3.2.1 Нормативні показники якості води.....	44
3.2.2. Нормативи якості води водойм рибогосподарського призначення .....	48
3.2.3 Методи оцінювання якості води.....	49
3.2.3.1 Метод інтегрального оцінювання якості води.....	49
3.2.3.2 Метод оцінювання сумарного ефекту якості води.....	50
3.2.3.3 Комплексне оцінювання рівня забрудненості води за заданою лімітуючою ознакою шкідливості.....	51

3.2.3.4 Екотоксикологічний критерій оцінювання ступеня забруднення води.....	53
3.2.4. Оцінювання стану водних об'єктів з гідрологічних позицій ....	54
3.2.5. Оцінювання стану водних об'єктів за гідрохімічними показниками .....	54
3.2.6. Оцінювання стану водних об'єктів за гідробіологічними показникам.....	56
3.2.7. Визначення рівнів токсичного забруднення.....	58
3.2.8. Класифікація якості поверхневих вод за мікробіологічними показниками.....	60
3.3. Нормування забруднюючих речовин в ґрунті.....	61
3.3.1. Нормативні показники якості ґрунту.....	61
3.3.2. Оцінювання рівня хімічного забруднення ґрунтів.....	62
3.3.3. Оцінювання санітарного стану ґрунтів.....	64
3.3.4. Нормативи оцінок пестицидного забруднення ґрунтів.....	65
3.3.5. Екологічна оцінка ґрунтів населених пунктів.....	66
3.4. Нормування забруднення харчових продуктів.....	68
3.4.1. Нормативи пестицидного забруднення харчових продуктів.....	70
3.4.2. Санітарне оцінювання продуктів тваринництва.....	71
3.4.3. Нормування вмісту важких металів у харчових продуктах.....	72
3.4.4. Нормування забруднення харчових продуктів антибактеріальними речовинами .....	74
3.5. Науково-технічні нормативи впливів на навколишнє природне середовище.....	76
3.5.1. Визначення ГДВ шкідливих речовин у приземному шарі атмосфери .....	76
3.5.2. Гранично допустимий скид.....	79
3.5.3. Розрахунок допустимої концентрації забруднюючої речовини у стічних водах.....	79
3.6. Нормування показників накопичення відходів.....	81
3.6.1. Джерела утворення відходів та їх класифікація.....	81
3.6.2. Показники накопичення відходів.....	81
3.7. Система нормування в галузі радіаційної безпеки.....	84
3.7.1. Нормування вмісту радіоактивних речовин у повітрі.....	87
3.7.2. Нормування вмісту радіоактивних речовин у воді.....	88
3.7.3. Нормування вмісту радіоактивних речовин у харчових продуктах.....	88
3.8. Нормування шумового забруднення.....	90
3.8.1. Основні параметри шуму.....	90
3.8.2. Санітарне та технічне нормування шуму.....	91
3.8.3. Нормування впливу інфразвукових шумів.....	93
3.8.4. Нормування впливу ультразвукових шумів.....	94

3.9 Нормування впливу вібраційного навантаження.....	95
3.9.1 Джерела вібрації.....	95
3.9.2 Основні параметри вібрації.....	95
3.9.3 Нормування вібрації.....	96
3.10 Нормування складових ЕМП.....	99
3.10.1 Допустимі рівні ЕМП на робочих місцях.....	99
3.10.2 Гранично допустимі рівні ЕМП радіочастотного діапазону для населення .....	100
3.10.3 Гранично допустимі рівні складових ЕМП промислових частот .....	101
3.10.4 Гранично допустимі значення енергетичної експозиції .....	102
4 ТЕРМІНИ ВИКОНАННЯ ТА ПОРЯДОК ЗАХИСТУ КУРСОВОЇ РОБОТИ.....	103
4.1 Порядок захисту курсової роботи.....	103
4.2 Критерії оцінювання.....	104
ЛІТЕРАТУРА.....	107
Додаток А. Зразок індивідуального завдання до курсової роботи ...	109
Додаток Б. Приклад оформлення титульного аркуша.....	111

## ВСТУП

В усіх сферах природокористування антропогенні навантаження на навколишнє природне середовище повинні забезпечувати безпеку середовища мешкання людини і не призводити до деградації природних екосистем. Оцінка 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 області природокористування і охорони навколишнього середовища [1,7].

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 слід розглядати як складну соціально-еколого-економічну систему, всередині якої повинна 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 і воду 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 студентів, які одержані при вивченні 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” студент повинен:

- знати системи управління якістю природного середовища, екологічного нормування антропогенних забруднень, форми і методи оцінювань якості природного середовища, екологічні стандарти, методи визначення екологічних навантажень;
- уміти визначити ГДК, ГДН, ГДВ, ГДЕН, користуватися нормативними документами при виконанні екологічних оцінок та експертиз, складати відповідні акти і звіти, брати участь у вдосконаленні і поновленні екологічних нормативних документів.

Знання з дисципліни “Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище” необхідні студенту напряму 6.040106 для вивчення в подальшому таких дисциплін як “Екологічна паспортизація територій і підприємств”, “Природоохоронне інспектування”, “Геоаномальні зони і біота”, “Утилізація та рекуперація відходів”, “Штучні екосистеми” та інших. При вивченні вищеназваних дисциплін студент має можливість застосувати набуті знання з нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище для вирішення конкретних практичних задач. Для закріплення матеріалу, що вивчається на лекційних та практичних заняттях, студенти виконують курсові роботи за тематикою дисципліни. 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.

Автори висловлюють особливу подяку за рецензування рукопису і критичні зауваження щодо покращення навчального посібника доктору технічних наук, професору кафедри хімії Д. І. Крикливому і доктору біологічних наук, професору, завідувачу кафедри біології Вінницького державного педагогічного університету ім. М. Коцюбинського та доктору хімічних наук, професору А. П. Ранському завідувачу кафедри хімії та хімічної технології Вінницького національного технічного університету.

Матеріали навчального посібника підготовлені авторами відповідно до розділів: В. Г. Петрук (вступ, розд. 1), І. В. Васильківський (розд. 3), В. А. Іщенко (розд. 2), П. М. Турчик (розд. 4), С. М. Кватернюк (підрозділи 3.2, 3.3, додатки).

# **1 ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ**

## **1.1 Загальні положення і методичні рекомендації**

Навчальним планом напряму підготовки 6.040106 “Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування” передбачено виконання курсової роботи (КР) з дисципліни “Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище”.

Навчальний посібник розроблено відповідно до “Положення про виконання курсових робіт у ВНТУ”. Вони регламентують вимоги до виконання курсової роботи з дисципліни “Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище”, а також визначають компетенцію 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 студентом об'єкт або проблема може в подальшому досліджуватись в курсових роботах з дисциплін “Економіка природокористування”, “Природоохоронні технології”, “Фізико-хімічні методи аналізу навколишнього середовища”, “Екологічна безпека”, “Моделювання та прогнозування стану довкілля”. Цілісний комплекс таких курсових робіт є, як показує практика, основою дипломної роботи бакалавра, спеціаліста та магістра. Виконання даної КР на третьому курсі дає можливість студенту 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 студент 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 студент повинен 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 студента.

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

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

У першому розділі наведені 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 в даних методичних вказівках виділені курсивом.

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

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

В додатках наведено:

- орієнтовний перелік тем КР;
- зразок індивідуального завдання до КР;
- приклад оформлення титульного аркуша;
- зразок змісту КР;
- зразок вступу КР;
- варіанти завдань для розрахунку реального хімічного навантаження на людину при забрудненні повітряного середовища;
- зразок висновків КР;
- зразок оформлення переліку літературних джерел;
- нормативи інградієнтного забруднення атмосфери, гідросфери, літосфери та продуктів харчування;
- нормативи фізичного забруднення навколишнього природного середовища.

Дані навчального посібника можуть суттєво допомогти студентам денної та заочної форми навчання при виконанні КР з дисципліни, оскільки містять приклади екологічних розрахунків та зразки оформлення складових частин КР.

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

Обсяг текстової частини визначено кількістю годин самостійної роботи студента, виділених на курсову роботу робочою навчальною програмою дисципліни (18 год), – 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” повинні 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.

За тематикою курсова робота буває двох видів:

- науково-дослідна робота із дослідження окремої екологічної проблеми, яка може бути частиною госпдогвірної та держбюджетної тематики кафедри;
- екологічне оцінювання впливу техногенного об'єкта на стан навколишнього середовища.

У випадку зацікавленості підприємства, установи чи організації у розробленні конкретної теми, за умови її збігу із даним 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.

При виборі теми слід враховувати, що курсові роботи, об'єктом дослідження яких є конкретне підприємство, зазвичай оцінюються вище. Теми курсових робіт затверджуються на засіданні кафедри.

### **1.3 Індивідуальне завдання**

Індивідуальне завдання на курсову роботу видається керівником. На ньому обов'язково повинен 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 А.

### **1.4 Обов'язки кафедри**

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

- розробляє відповідне “Положення про виконання курсових робіт на кафедрі”, критерії оцінювання та іншу необхідну методичну документацію, щорічно переглядаючи їх на початку навчального року і доводячи до відома студентів 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 проектування 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 студентами графіка виконання курсових робіт;
- формує комісії для захисту курсових робіт і організовує їх роботу;
- здає захищені роботи до архіву, де вони зберігаються у встановленому порядку;
- 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, у зв'язку з чим:

- своєчасно інформує кафедру про недопуск до виконання курсових робіт студентів, 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 студента;
- складає графік захисту курсових робіт;
- виносить на розгляд Вченої Ради інституту 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 графік виконання курсової роботи і контролює його виконання кожним студентом;
- у випадку необхідності контролює виконання студентом індивідуального графіка виконання курсової роботи;
- організовує і проводить консультації з питань виконання курсових робіт;
- згідно з графіком виконання курсових робіт, на прохання студентів, переглядає окремі частини роботи;
- перевіряє та візує до захисту (чи відхиляє) виконану, оформлену та підписану студентом курсову роботу;
- після завершення графіка виконання курсових робіт продовжує консультування, але переглядає та перевіряє вже повністю закінчену і оформлену курсову роботу.

Підпис керівника на курсовій роботі та допуск її до захисту свідчить не тільки про відповідність роботи всім нормативним вимогам, але й про підготовленість студента 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 студента та керівника.

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

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

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

Текст курсової роботи повинен бути викладений у лаконічному обґрунтовальному стилі. Не дозволяється “описування” чи переписування літературних джерел.

Використання засобів обчислювальної техніки повинно бути доцільним, з обґрунтуванням вибору типу персонального комп'ютера чи ПЕОМ 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 (при необхідності) і не передбачає виконання графічної частини [3-8].

Пояснювальна записка курсової роботи повинна містити такі структурні елементи:

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

Текст пояснювальної записки необхідно подавати лаконічно та обґрунтовано.

Додатки розміщують після основної частини пояснювальної записки курсової роботи.

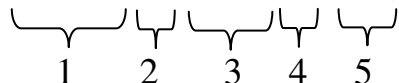
### 1.7.1 Титульний аркуш

Титульний аркуш повинен бути встановленого зразка. На ньому вказується назва міністерства, ВУЗу, інституту, факультету, кафедри і тема курсової роботи (у точній відповідності з індивідуальним завданням). Титульний аркуш є першою сторінкою КР, яка не нумерується. Згідно з діючим стандартом на текстову конструкторську документацію (ДСТУ 3008-95) титульний аркуш оформляється за встановленим зразком (приклад наведено у додатку Б).

На титульному аркуші до курсової роботи подаються:

- тема КР;
- запис „Пояснювальна записка ...” із зазначенням спеціальності, цифрового коду кафедри та умовних позначень документів КР.

Предметна система умовних позначень повинна мати таку структуру:

**XX-XX.XX.XXX.XX.XX,**  
  
1      2      3      4      5

де 1 /XX-XX/ – числовий шифр кафедри, прийнятий у ВНТУ (кафедра екології та екологічної безпеки – 08-48);

2 /XX/ – умовний код дисципліни (для дисципліни “Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище” – НАН);

3 /XXX/ – порядковий номер індивідуального завдання на курсову роботу (перша цифра – номер академічної групи, друга і третя цифри – порядковий номер прізвища студента у списку групи);

4 /XX/ – порядковий номер варіанта індивідуального завдання;

5 /XX/ – код неосновного конструкторського документа – пояснювальної записки (для дисципліни “Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище” – 00).

Перераховується науковий ступінь та звання керівника. Підписи керівника та студента із зазначенням термінів обов’язкові.

Після захисту курсової роботи на титульному аркуші керівником виставляється оцінка з підписом і датою. Викладач, що входить до складу комісії, також підписує титульний аркуш.

### 1.7.2 Зміст

Зміст розташовують безпосередньо після індивідуального завдання, починаючи з нової сторінки. До змісту включають:

- перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів (при необхідності);

- вступ;
- послідовно перелічені назви всіх розділів і підрозділів курсової роботи;
- висновки;
- перелік посилань;
- назви додатків.

До змісту включають номери сторінок, які містять початок матеріалу. Зміст за нумерацією пояснювальної записки є другою сторінкою. З даного аркуша проставляється номер сторінки без крапки в кінці (2) в правому верхньому куту. До змісту включаються всі заголовки, які слідує після змісту так, як вони подані в тексті, а також всі додатки. Назви заголовків змісту повинні однозначно відповідати назвам заголовків пояснювальної записки за текстом. Нумерація сторінок повинна бути наскрізною. При виконанні курсової роботи обсяг пояснювальної записки враховується до додатків.

“ВСТУП”, “ВИСНОВКИ”, ”ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ”, додатки як розділи не нумеруються.

Структура змісту курсової роботи наведена нижче:

#### ЗМІСТ

ВСТУП.....	
1 ЗАГОЛОВОК РОЗДІЛУ .....	
1.1 Заголовок підрозділу.....	
1.1.1 Заголовок пункту.....	
ВИСНОВКИ.....	
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	
Додаток А Заголовок додатку.....	

### 1.7.3 Вступ

Вступ розміщують з нової пронумерованої сторінки із заголовком по середині (ДСТУ 3008-95) **великими** літерами.

Текст вступу повинен бути коротким. У вступі і далі за текстом не дозволяється використовувати скорочені слова, терміни, крім загальноприйнятих.

У вступі коротко викладають:

- оцінку сучасного стану проблеми;
- актуальність роботи і обґрунтування вибору об’єкта досліджень;
- мету роботи;
- загальну постановку задачі.

Обсяг вступу не повинен перевищувати 1 – 2 сторінки. Вступ не повинен містити посилань на літературні джерела.



#### **1.7.4 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.

При виконанні аналітичної частини КР слід дотримуватись обґрунтовального стилю викладення та врахувати 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-технологічної та економічної точок зору і вибирається оптимальніший з них. При цьому 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 вибирати оптимальний.

Аргументація по тексту повинна підсилюватись відповідними таблицями, діаграмами, графіками тощо. При викладенні матеріалу цієї частини КР необхідно враховувати основні положення сучасного природоохоронного законодавства України.

Якщо темою роботи є дослідження окремої екологічної проблеми, то аналітична частина КР повинна 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 повинна 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 даного 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 даного 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, включаючи віддалені наслідки.

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

Розрахункова частина повинна 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 студента 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 даного об'єкта;
- охарактеризувати і надати пропозиції щодо підвищення екологічної безпеки технологічного процесу даного техногенного об'єкта та зменшення негативного впливу забрудників на елементи природного середовища і організм людини.

Методичні рекомендації до виконання основних еколого-технологічних розрахунків наведено у розділі 3 даних методичних вказівок.

При викладенні тексту пояснювальної записки забороняється переписування матеріалів літературних джерел, використання сканованих рисунків. При 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 повинні бути посилання до рисунків, таблиць, додатків, що входять до змісту роботи.

### **1.7.5 Висновки**

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

У цьому розділі у максимально лаконічній формі наводять перелік основних висновків, отриманих при виконанні роботи, наукове значення результатів досліджень.

## **2 ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ**

Оформлення пояснювальної записки (ПЗ) курсової роботи виконують відповідно до вимог ДСТУ 3008-95 [2-10].

Текст ПЗ виконується із застосуванням друкувальних пристроїв виведення ЕОМ:

- на одному боці аркуша білого паперу формату А4;
- з висотою букв і цифр не менше 2,5 мм (кегель – № 14);
- через один інтервал;
- відстань від країв аркуша: верхня, ліва і нижня – не менше 20 мм, правий – не менше 10 мм;
- абзац – 5 знаків;
- нумерація сторінок в правому верхньому куту, починаючи зі змісту.

Пояснювальна записка відноситься до текстових документів, які подаються технічною мовою. Графічна інформація подається у вигляді ілюстрацій (схеми, рисунки, графіки, діаграми тощо). Цифрова – у вигляді таблиць.

### **2.1 Вимоги до оформлення розділів та підрозділів**

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

Розділ – головна ступінь поділу тексту, позначена 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 (при 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 повинні 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 при постановці та розв’язанні задачі оптимізації технологічних процесів є:*

- а) загальна постановка задачі:*
  - 1) аналіз процесу роботи об’єкта;*
  - 2) оцінка 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.*

## **2.2 Правила написання тексту**

При написанні тексту слід дотримуватися таких правил:

- а) текст необхідно викладати обґрунтовано в лаконічному технічному стилі;
- б) умовні буквені позначення фізичних величин і умовні графічні позначення компонентів повинні відповідати установленим стандартам. Перед буквеним позначенням фізичної величини повинно бути її пояснення (*концентрація C*);
- в) числа з розмірністю слід записувати цифрами, а без розмірності словами (*об’єм  $1\text{ м}^3$ , вимірювання виконувались три рази*);
- г) позначення одиниць слід писати в рядок з числовим значенням без перенесення в наступний рядок. Між останньою цифрою числа і позначенням одиниці слід робити пропуск ( *$20\text{ мг/м}^3$* );
- д) якщо наводиться ряд числових значень однієї і тієї ж фізичної величини, то одиницю фізичної величини вказують тільки після останнього числового значення ( *$0,5$ ;  $8,4$ ;  $67,8\text{ г/с}$* );
- е) позначення величин з граничними відхиленнями слід записувати так:  *$100 \pm 5\text{ мг}$* ;
- ж) буквені позначення одиниць, які входять в добуток, розділяють точкою на середній лінії ( $\cdot$ ); знак ділення замінюють похилою рискою ( $/$ );

и) порядкові числівники слід записувати цифрами з відмінковими закінченнями (*9-й день, 4-а проба*); при 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:

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

знак множення “×” замінювати точкою “.”;

м) **не дозволяється:**

– 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*”, слід писати конкретну дату “*в червні 2001 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 слід писати словами “*нуль*”, “*номер*” і т. д.;

– використовувати індекси стандартів (*ДСТУ, СНіП, СТІП*) без реєстраційного номера.

## 2.3 Оформлення формул

Кожну формулу записують з нового рядка, симетрично до тексту. Між формулою і текстом пропускають один рядок.

Умовні буквенні позначення (символи) в формулі повинні відповідати ГОСТ 1494-77. 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 повинен починатися з абзацу із 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 закін-

чення 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 повинен визначатися за кожною забруднюючою (шкідливою) речовиною. Ступінь очищення поділяється на проектний та фактичний, а за рівнем – на максимальний та експлуатаційний.*

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

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

*де  $T_t$  – час роботи газоочисних установок, год;*

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

*Одиниці вимірювання, при 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<sup>3</sup>;*

*$Q_B$  – потужність вентиляційної системи, м<sup>3</sup>/год.*

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

Розмірність одного й того ж параметра в межах документа повинна бути однаковою.

Якщо формула велика, то її можна переносити в наступні рядки. Перенесення виконують тільки математичними знаками, повторюючи знак на

початку наступного рядка. При цьому знак множення “ · ” замінюють знаком “×”.

Формула є частиною речення, тому до неї застосовують такі ж правила граматики, 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)”.

## 2.4 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 даній 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 дають зі скороченим словом “дивись” відповідно в дужках (див. рисунок 1.3). ДСТУ 3008-95 допускає 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”, *аркуш 2*. Пояснювальні дані розміщують під кожною частиною ілюстрації.

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

## 2.5 Оформлення таблиць

Таблицю розміщують симетрично до тексту після першого посилання на даній сторінці або на наступній, якщо на даній вона не уміщується і та-



ким чином, щоб зручно було її розглядати без повороту або з поворотом на кут  $90^\circ$  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. При необхідності нумерації, номери вказують в боковику таблиці перед найменуванням рядка.

Найменування граф може складатися із заголовків і підзаголовків, які записують в однині, симетрично до тексту графи малими буквами, починаючи з великої. Якщо підзаголовок складає 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, які наведені 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 винятком випадку, коли вказують інтервал. Інтервал вказують від меншого числа до більшого з тире між ними:

$$\begin{array}{c} 15 - 48 \\ 142 - 250. \end{array}$$

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

Таблиці нумерують в межах розділів і позначають зліва над таблицею, 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, починаючи від слова “Таблиця”.

### Приклад :

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

Назва речовини	Джерело викиду	Обсяг викиду
Карбон (IV) оксид	Котельня	67,881
Нітроген (IV) оксид	Котельня	0,119
Нітроген (I) оксид	Котельня	0,003
Карбон (II) оксид	Котельня	0,129
Метан	Котельня	0,003
Тверді суспендовані частинки (до 10 мкм)	Котельня	0,0003
Тверді суспендовані частинки (до 10 мкм)	Цех механічної обробки	0,0003
Пил абразивно-металевий	Цех механічної обробки	0,0001

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 при розміщенні 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.

При перенесенні частин таблиці на інші сторінки повторюють або продовжують найменування граф. Допускається виконувати нумерацію граф на початку таблиці і при перенесенні 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.

## 2.6 Оформлення переліку літературних джерел

Список містить перелік літературних джерел, на які повинні 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.

Літературу записують мовою оригіналу. В списку кожне літературне джерело записують з абзацу, нумерують арабськими цифрами, починаючи з одиниці. Приклади запису джерел інформації наведено в таблиці 2.1.

Як розділ перелік літератури не нумерується.

Таблиця 2.1 – Форми запису джерел інформації

Характеристика джерела	Форма запису
1	2
Монографії (один, два або три автори)	Запольський А. К. Водопостачання, водовідведення та якість води: Підручник / Запольський А. К. – К. : Вища шк., 2005. – 671 с.
	Білявський Г. О. Практикум із загальної екології: Навчальний посібник / Г. О. Білявський, Р. С. Фурдуй. – К. : Либідь, 1997. – 160 с.
	Білявський Г. О. Основи екології: Теорія і практикум: Навчальний посібник / Білявський Г. О., Бутченко Л. І., Навроцький В. М. – К. : Лібра, 2002. – 352 с.
Чотири автори	Принципи моделювання та прогнозування в екології : [підручник] / В. В. Богобоящий, К. Р. Курбанов, П. Б. Палій, В. М. Шмандій. – К. : Центр навчальної літератури, 2004. – 216 с.
П'ять та більше авторів	Хімія та екологія атмосфери : навчальний посібник / [Б. М. Федішин, Б. В. Борисюк, М. В. Вовк та ін.] – К. : Алерта, 2003. – 272 с.
Багатотомні видання в цілому	Одум Ю. Экология: В 2 т. / Ю. Одум. – М. : Мир, 1986. – Т. 1. – 326 с.; Т. 2. – 376 с.
Окремий том багатотомного видання	Небел Б. Наука об окружающей среде. Как устроен мир: В 2 т. – М. : Мир, 1993. – Т. 2 – 340 с.
Стандарти	ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М. : Министерство здравоохранения СССР, Всесоюзный Совет Профессиональных Союзов, 1988. – 46 с.
	ГОСТ 17.2.1.04-77. Методологические аспекты загрязнения и промышленные выбросы. – М. : Изд-во стандартов, 1987. – 14 с.
Складові частини книги	Пономаренко К. А. Организующая система // Автоматизация технологических процессов в прокатном производстве. – М. : Металургия, 1979. – С. 141 – 148.

Продовження таблиці 2.1

Складові частини журналу	Мищук Н. А. Теоретический анализ процессов дезинфекции воды при озонировании / Мищук Н. А., Гончарук В. В., Потапченко Н. Г., Савлук О. С. // Химия и технология воды. – 2006. – Т. 28, № 5. – С. 417 – 437.
	Мудрак О. В., Палій С. В. Екологічні аспекти сучасного стану агроландшафтів Вінницької області // Агроекологічний журнал. – 2003. – № 2. – С. 8 – 16.
Складові частини енциклопедії	Долматовский Ю. А. Электромобиль // БСЭ. – 3-е изд. – М., 1988. – Т. 30. – С. 72.
	Мельник Л. Г. Екологічна економіка // Екологічна енциклопедія / Мельник Л. Г. – К.: ТОВ “Центр екологічної освіти та інформації”, 2006. – Т. 1. – С. 315.
Тези доповідей	Звуздецька Н. С. Проблема знезараження питної води в централізованому водопостачанні України // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції “І-ий Всеукраїнський з’їзд екологів” / Н. С. Звуздецька, В. М. Загнітко, А. С. Кудлаєнко, Л. П. Шуткевич. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – С. 248.
Авторські свідоцтва	А. с. 1469423 СССР, МКИ G 01 N 27/06. Устройство для измерения концентрации СО / А. А. Зорин, Р. В. Лагуш, С. В. Мащенко, Н. А. Ярошенко, Л.Ф. Забашта (СССР). – Заявлено 6.04.87; Опубл. 30.03.89, Бюл. № 12. – 2 с.
Звіт про науково-дослідну роботу	Інвентаризація викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел ВАТ “Агропромкомбінат”: Звіт / ТОВ “Еколог”. – Вінниця, 2006. – 135 с.
	Дослідження спектрофотометричних характеристик світлорозсіювальних середовищ для екологічного моніторингу довкілля: Звіт про НДР (завершальний) / Вінницький національний технічний університет. – № 16-Д-284; Інв. № 0105U002417. – Вінниця, 2007. – 200 с.
Інструкції	Інструкція про зміст та порядок складання звіту проведення інвентаризації викидів забруднюючих речовин на підприємстві: Затв. Мінприроди України від 10.02.1995 № 7.
Сайти мережі Internet	Офіційний сайт Міністерства екології та природних ресурсів України <a href="http://www.menr.gov.ua">www.menr.gov.ua</a>

## 2.7 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.

### Приклад :

#### Додаток В

Вихідні дані для розрахунку реального хімічного навантаження на людину при забрудненні повітряного середовища

Таблиця В.1 – Вихідні дані

Умови перебування	Час перебування, год	Забруднюючі речовини	Середньодобова концентрація речовини, мг/м <sup>3</sup>	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

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. До-

датки позначають послідовно великими українськими буквами, за винятком букв *Г, Є, З, І, Ї, Й, О, Ч, Ь*, наприклад, *Додаток А, Додаток Б* і т. д.

Кожен додаток повинен мати 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.

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

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

## **3 ВИКОНАННЯ ЕКОЛОГО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РОЗРАХУНКІВ**

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

### **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 при диханні повітрям упродовж 20 хв. Значення  $ГДК_{\text{мр}}$  використовують при встановленні науково-технічних нормативів гранично допустимих викидів ( $ГДВ$ ) забруднюючих речовин. У результаті 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 при необмежено тривалому споживанні людиною повітря.

При забрудненні 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<sub>нп</sub> - це максимальна концентрація домішки, віднесена до періоду усереднення, що при періодичному впливі або впродовж всього життя людини не здійснює на неї шкідливого впливу, включаючи віддалені наслідки).

Гранично допустима концентрація шкідливої речовини в повітрі робочої зони (ГДК<sub>рз</sub> - це концентрація, за якої при щоденній (окрім вихідних днів) роботі впродовж 8 год (або іншій тривалості робочого дня, однак не більше 41 год на тиждень), впродовж усього робочого стажу працівника не повинно 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<sub>тп</sub>) приймають рівною 0,3ГДК<sub>рз</sub>. Природно, що ГДК<sub>тп</sub> < ГДК<sub>рз</sub>. В останньому випадку йдеться про обмежене перебування людини в забрудненій зоні, тоді як ГДК<sub>тп</sub> визначає безпечне перебування людини впродовж необмеженого часу вдихання забруднюючої речовини. В умовах великих міст (з населенням понад 200 тис. чол.) та курортів ГДК<sub>мр</sub> = 0,8 ГДК<sub>тп</sub>.

### 3.1.2 Оцінювання стану повітряного середовища

Для оцінювання стану повітряного середовища в цілому 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 підвищення  $ГДК_{сдi}$ .

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

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 (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Класи небезпечності нормованих речовин

Клас небезпечності	Ступінь небезпечності	Величина ГДК, мг/м <sup>3</sup>	$a_i$
I	Надзвичайно небезпечні	<0,1	1,7
II	Високонебезпечні	0,1-1,0	1,3
III	Помірhoneбезпечні	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

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

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

Комплексний індекс забруднення атмосферного повітря (КІЗА)  $I_{\text{КІЗА}}$  - це кількісна характеристика рівня забрудненості атмосфери, що створюється  $n$  речовинами, присутніми в атмосферному повітрі. Його розраховують як суму нормованих за  $\text{ГДК}_{\text{сд}}$  і приведених до концентрації діоксиду сірки середнього вмісту різних шкідливих речовин

$$I_{\text{КІЗА}} = \sum_{i=1}^n I_i = \sum_{i=1}^n \left( \frac{C_{\text{сеп}}}{\text{ГДК}_{\text{сд}i}} \right)^{a_i} \quad (3.3)$$

### 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) 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

$$\frac{C_1}{\text{ГДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ГДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ГДК}_n} \leq 1, \quad (3.4)$$

де  $C_1, C_2, C_n$  – фактичні концентрації речовин в атмосферному повітрі при одночасному відбиранні проб в одній місцевості,  $\text{мг/м}^3$ ;

$ГДК_1, ГДК_2, ГДК_n$  – гранично допустимі концентрації цих речовин в атмосферному повітрі,  $\text{мг/м}^3$ .

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.

Таблиця 3.2 – Гранично допустимі концентрації деяких шкідливих речовин у повітрі населених пунктів,  $\text{мг/м}^3$

Речовина	$ГДК_{CD}$	$ГДК_{mp}$	K
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  $SO_2$ .

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, у тому числі атмосферних домішок на рослинність. Дослідники пропонують встановити гранично допустимі концентрації для деяких видів забруднюючих речовин, аби використовувати ці нормативи

для оцінювання збитків і обмеження шкідливого впливу на природні об'єкти, що охороняються, наприклад, заповідні території (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – ГДК забруднюючих речовин в атмосферному повітрі для рослин

Назва забруднюючої речовини	Для рослин у цілому (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

Однак широке використання чутливості рослин використовують лише 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/м<sup>3</sup>.

$ГДК_{CD}^{реч}$  для SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S та CO наведено в табл. 3.2.

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

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

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 повинна перевищувати  $0,9 \text{ мг/м}^3$ , 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 при проектуванні нових і реконструкції діючих підприємств, тому що при викидах 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 при викиді газоповітряної суміші з одиночного точкового джерела досягається при несприятливих метеорологічних умовах на відстані (х, 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 при викиді газоповітряної суміші,  $\text{мг/м}^3$ ;

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 по різних формулах;

$\eta$  – 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 при розрахунках приймається  $H = 2 \text{ м}$ );

$V_1$  – витрата газоповітряної суміші,  $\text{м}^3/\text{з}$ ;

$\Delta T$  – різниця між температурою газоповітряної суміші, що викидається, t, і температурою навколишнього атмосферного повітря t,  $^{\circ}\text{C}$ .

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 ( $V_{1e}$ , м<sup>3</sup>/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, при яких концентрація шкідливих речовин в атмосферному повітрі максимальна, приймається рівним 200 для України.

Значення потужності викиду ( $M$ ) і витрати газоповітряної суміші ( $V_1$ ) при проектуванні підприємств визначаються розрахунком у технологічній частині чи проекті приймаються відповідно до діючого для даного виробництва (процесу) нормативами. У розрахунку приймаються значення  $M$  і  $V_1$ , які реально мають місце протягом року при встановлених (звичайних) умовах експлуатації підприємства, при яких досягається максимальне значення  $c_m$ .

Відзначимо, що:

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

$$\frac{M_c}{ГДК} > \Phi;$$

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

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

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

ГДК – максимально разова гранично допустима концентрація, мг/м<sup>3</sup>;

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

Значення безрозмірного коефіцієнта  $F$  приймається:

- для газоподібних шкідливих речовин і дрібнодисперсних аерозолів (пилу, золи, швидкість упорядкованого осідання яких практично дорівнює нулю) – 1;

– для дрібнодисперсних аерозолів (крім зазначених вище) при середньому експлуатаційному коефіцієнті очищення викидів не менше 90 % – 2; від 75 до 90 % – 2,5; менше 75 % і при відсутності очищення – 3.

Значення коефіцієнтів  $n$  і  $m$  визначаються в залежності 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 в залежності від  $f$ :

при  $f < 100$

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

при  $f > 100$   $m = \frac{1,47}{\sqrt[3]{f}};$

при  $f_e < f < 100$  значення коефіцієнта  $m$  обчислюється при  $f = f_e$ .

Коефіцієнт  $n$  при  $f < 100$  залежить від  $v_m$ :

при  $v_m \geq 2$   $n = 1$ ,

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

при  $v_m < 0,5$   $n = 4,4 \cdot v_m$ ,

при  $f \geq 100$  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) при 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/м<sup>3</sup>) при несприятливих метеорологічних умовах досягає максимального значення ( $x_m$ , см)

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

де  $d$  – безрозмірний коефіцієнт.

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

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

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

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

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

$$\begin{aligned} \text{при } v_m' \leq 0,5 \quad d &= 5,7, \\ \text{при } 0,5 < v_m' \leq 2 \quad d &= 11,4 \cdot v_m', \\ \text{при } v_m' > 2 \quad d &= 16\sqrt{v_m'}. \end{aligned}$$

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

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

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

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

Максимальне значення приземної концентрації шкідливої речовини ( $c_{mu}$ , мг/м<sup>3</sup>) при несприятливих метеорологічних умовах 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 в залежності від відношення  $u/u_m$ :

при  $u/u_m \leq 1$

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

при  $u/u_m > 1$

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

Слід зазначити, що при проведенні 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 даній місцевості в середньому багаторічному режимі в 5 % випадків. Це значення визначається за кліматичним довідником.

Відстань від джерела викиду ( $x_{mu}$ , м), на якому при швидкості вітру  $u$  і несприятливих метеорологічних умовах приземна концентрація шкідливих речовин досягає максимального значення ( $c_{mu}$ , мг/м<sup>3</sup>), визначається за формулою

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

де  $p$  – безрозмірний коефіцієнт, який визначається в залежності від відношення  $u/u_m$ :

при  $u/u_m \leq 0,25$

$$p = 3$$

при  $0,25 < u/u_m \leq 1$

$$p = 8,43 \cdot (1 - u/u_m)^5 + 1,$$

при  $u/u_m > 1$   $p = 0,32 \cdot (u/u_m) + 0,68$ .

При небезпечній швидкості вітру ( $u_m$ ) приземна концентрація шкідливих речовин ( $c$ , мг/м<sup>3</sup>) 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 в залежності від відношення  $x/x_m$  і коефіцієнта  $F$ :

при  $x/x_m \leq 1$

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

при  $1 < x/x_m \leq 8$

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

при  $F \leq 1,5$  і при  $x/x_m > 8$

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

при  $F > 1,5$  і при  $x/x_m > 8$

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

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

при  $2 \leq H < 10$

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

Значення приземної концентрації шкідливих речовин в атмосфері ( $c_y$ , мг/м<sup>3</sup>) на відстані ( $y$ , м) по перпендикулярі до осі факела викиду визначається за формулою

$$c_y = s_2 \cdot c_m,$$

де  $s_2$  – безрозмірний коефіцієнт, обумовлений у залежності від швидкості вітру ( $u$ , м/с) і відношення  $y/x$  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:

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

при  $u > 5$   $t_y = \frac{5y^2}{x^2}.$

Максимальна концентрація ( $c_{mx}$ , мг/м<sup>3</sup>), що досягається на відстані  $x$  від джерела викиду на осі факела при швидкості вітру ( $u_{mx}$ ):



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

де  $s_1'$  – безрозмірний коефіцієнт.

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

при  $x/x_m \leq 1$

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

при  $1 < x/x_m \leq 8$

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

при  $8 < x/x_m \leq 24$

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

при  $24 < x/x_m \leq 80, F \leq 1,5$

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

при  $24 < x/x_m \leq 80, F > 1,5$

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

при  $x/x_m > 80, F \leq 1,5$

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

при  $x/x_m > 80, F > 1,5$

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

Швидкість вітру ( $u_{mx}$ ):

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

де  $f_1$  – безрозмірний коефіцієнт.

Безрозмірний коефіцієнт  $f_1$  визначається в залежності від відношення  $x/x_m$ :

при  $x/x_m \leq 1$   $f_1 = 1,$

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

при  $8 < x/x_m < 80$   $f_1 = 0,25,$

при  $x/x_m \geq 80$   $f_1 = 1.$

### 3.1.5 Визначення реального хімічного навантаження на людину при забрудненні 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  $C_{\text{СД}}$ , мг/м<sup>3</sup>.

Клас небезпеки (КН) та величини ГДК забруднюючих речовин необхідно визначити за нормативними документами, наведеними в переліку основної літератури до даних методичних вказівок. Для виробничого приміщення в розрахунках використовується ГДК робочої зони (ГДК<sub>РЗ</sub>), для інших умов перебування – ГДК середньодобова (ГДК<sub>СД</sub>).

Загальний показник реального хімічного навантаження  $S$  визначається як сума добутоків 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 приймаються 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:

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

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

$t_{\text{вп}}$ ,  $t_{\text{ж}}$ ,  $t_{\text{тр}}$ ,  $t_{\text{жс}}$ ,  $t_{\text{рек}}$  – 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:

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

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

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

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

Кратність перевищення ГДК, включаючи значення, менші одиниці, встановлюється шляхом ділення фактичної концентрації даної речовини на ГДК:

$$k_i = \frac{C}{\text{ГДК}}. \quad (3.12)$$

Наведений нижче приклад містить розрахунок реального хімічного навантаження при перебуванні 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	Т, год	Забруднюючі речовини	С <sub>сд</sub> , мг/м <sup>3</sup>	КН	ГДК <sub>сд</sub> , мг/м <sup>3</sup>	ГДК <sub>рз</sub> , мг/м <sup>3</sup>
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:

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

– для житлового середовища:

$$t_{\text{жс}} = \frac{2}{24} = 0,08.$$

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:

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

$$k(\text{NO}_2) = \frac{0,02}{0,04} = 0,5;$$

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

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

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

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

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

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

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(а)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:

$$P_{\text{вп}} = \sqrt{0,0001^2 + 0,012^2 + 0,0004^2} = 0,012;$$

– для житлового середовища:

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

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

– для виробничого приміщення:

$$S_{\text{вп}} = 0,012 \cdot 0,33 = 0,00396;$$

– для житлового середовища:

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

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. Бурій колір болотної води залежить від великої кількості гумінових кислот (продуктів рослинного перегною).

Запах води спричиняють леткі ароматичні речовини, що потрапляють у воду в результаті процесів життєдіяльності водних організмів, при біохімічному розкладанні органічних речовин, при хімічній 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. При гнитті органічних речовин у воді чи забрудненні її нечистотами виникає гнилісний, сірководневий чи фекальний запах. Природні запахи описують, дотримуючись термінології, наведеної у табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Визначення природного запаху води

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

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

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 ( $\text{NaCl}$ ), хлориду калію ( $\text{KCl}$ ) понад  $500 \text{ мг/дм}^3$  вода має солоний смак, а наявність солей магнію ( $\text{MgSO}_2$ ,  $\text{MgSO}_4$ ) понад  $1000 \text{ мг/дм}^3$  спричинює гіркий смак води. Двовуглекислі солі закису 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 сірчанокислі.

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 при середній температурі ( $10-20^\circ\text{C}$ ) кисню міститься  $5-20 \text{ мг/дм}^3$ . 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 при температурі  $20^\circ\text{C}$ . 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, за-



бруднена 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/дм<sup>3</sup> у будь-який період року.

Біохімічне споживання кисню (БСК). БСК – не більше 3 мг/дм<sup>3</sup> при температурі 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/дм<sup>3</sup> для водойм першої та другої категорій, відповідно.

3. Запахи та присмаки. Інтенсивність запахів і присмаків – не більше 3 бали для морів і 2 бали 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/дм<sup>3</sup>, у тому числі хлоридів – 350 мг/дм<sup>3</sup> і сульфідів – 500 мг/дм<sup>3</sup>; 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 при вмісті залишкового хлору 1,5 мг/дм<sup>3</sup>.

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.

### **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 риб. 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.

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, а саме:

Розчинений кисень. Узимку кількість розчиненого кисню (після змішування стічних вод з водою водойми) має бути не менше ніж 6 і 4 мг/дм<sup>3</sup> для водойм першої та другої категорій водокористування відповідно; влітку – менше ніж 6 мг/дм<sup>3</sup> у пробі, відібраній до 12 год дня, для всіх водойм.

Повне біохімічне споживання кисню (БСК<sub>повн</sub>) за температури 20 °C має бути не більше 3 мг/дм<sup>3</sup> 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/дм<sup>3</sup>, 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 °C, а взимку – на 5 °C (слід 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. 3.8 наведено дані ГДК шкідливих речовин у воді водойм рибогосподарського призначення.

Таблиця 3.8 – ГДК шкідливих речовин у воді водойм рибогосподарського призначення

Речовина	ГДК, мг/дм <sup>3</sup>
Аміак	0,05
Арсен	0,01
Бензол	0,5
Кадмій	0,005
Магній	40
Мідь	0,005
Нафта і нафтопродукти: в розчиненому стані	0,001
в емульгованому стані	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  $ГДК_{BP}$  та повторюваність випадків перевищення  $ГДК_i(N_{ГДК_i})$ , а також оцінний 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  $K_i, H_i, B_i$  – лімітуючі показники забрудненості (ЛПЗ). Комбінаторний індекс забрудненості розраховують як суму загальних оцінних концентрацій у воді  $i$ -го інгредієнта ( $C_i$ );

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

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

$N_i$  – загальна кількість вимірювань  $i$ -го інгредієнта.

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

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

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/дм<sup>3</sup>;  
 $ГДК_1, ГДК_2, ГДК_n$  - гранично допустимі концентрації, мг/дм<sup>3</sup>.

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).

При здійсненні контролю за станом вод та стоків використовують фізичні, хімічні, біологічні та органолептичні методи. Фізичні методи використовують для визначення прозорості, каламутності, кількості завислих частинок та електропровідності води. Хімічні методи використовують для визначення кислотності, лужності, вмісту у воді металів, солей, орга-

нічних та синтетичних речовин. Бактеріологічний аналіз здійснюють за допомогою біотестування.

### 3.2.3.3 Комплексне оцінювання рівня забрудненості води за заданою лімітуючою ознакою шкідливості

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

- критерій санітарного режиму ( $W_c$ ) враховує розчинений кисень, БСК<sub>5</sub>, ХСК і специфічні забруднення, що нормуються за впливом на санітарний режим;

- критерій органолептичних властивостей ( $W_\phi$ ) враховує запах, завислі речовини, ХСК і специфічні забруднення, що нормуються за органолептичною ознакою шкідливості;

- епідеміологічний критерій ( $W_e$ ) враховує небезпеку мікробного забруднення;

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

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

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

де  $W$  – комплексна оцінка рівня забруднення води за даною ЛОШ;

$n$  – кількість показників, що використовуються для розрахунків;

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

$\delta_i$  – 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 приймається  $\delta_i = 1$ . 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/дм<sup>3</sup>, тому при  $< 4$  мг/дм<sup>3</sup> для нього прийнято:

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

Оскільки самі по собі розраховані показники ні про що не говорять, до формул пропонується традиційна класифікаційна таблиця діапазонів значень комплексних оцінок  $W$  (табл. 3.9).

Таблиця 3.9 – Ступінь забруднення водойм залежно від значень комплексних показників  $W$

Рівень забруднення	Критерій забруднення за величинами комплексних оцінок			
	Органолептичний ( $W_\phi$ )	Санітарний режим ( $W_c$ )	Санітарно-токсикологічний ( $W_{cm}$ )	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. 3.10.

Таблиця 3.10 – Вихідні дані для розрахунку критерію, що враховує небезпеку санітарно-токсикологічного забруднення

Елемент	Санітарно-токсикологічне забруднення, мг/дм <sup>3</sup>	
	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)

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

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

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

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

**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 оцінки евтрофованості вводиться спеціальний показник евтрофікації

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

де  $c_p$ ,  $c_{fp}$  – аналізовані 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 Оцінювання стану водних об'єктів з гідрологічних позицій

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

- екологічне лихо – понад 2;
- надзвичайна екологічна ситуація – від 1 до 2.

Нормою вважається вилучення в межах 10 - 20% від середнього багаторічного стоку. Оцінка стану водних об'єктів за гідрофізичними показниками наведена в таблиці 3.11.

Таблиця 3.11 – Оцінювання стану водних об'єктів за гідрофізичними показниками

Класи якості води	Розряди якості води	Гідрофізичні показники		
		Завислі речовини, мг/дм <sup>3</sup>	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 В цілому 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 Оцінювання стану водних об'єктів за гідрохімічними показниками

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



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

Основне розрахункове рівняння виглядає таким чином:

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

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

ГДК – гранично допустима концентрація даної речовини для певного типу використання водойми.

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

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

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

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

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

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

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

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

3. П30 – вище 30ГДК.

4. П50 – вище 50ГДК.

5. П100 – вище 100ГДК.

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

1. П1 – екологічний стан норма;

2. П10 – ризик;

3. П30 – криза;

4. П50 – екологічне лихо;

## 5. П100 – екологічна катастрофа.

### 3.2.6 Оцінювання 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.

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

1) по організмах-індикаторах, характерним для ділянок водойм із різним ступенем забруднення;

2) за результатами порівняння видової розмаїтості, чисельності і біомаси населення забруднених і чистих ділянок водойм.

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

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

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

Виділяють такі зони:

- перша зона, олігосапробна;
- друга зона,  $\beta$ -мезосапробна;
- третя зона,  $\alpha$ -мезосапробна;
- четверта зона, полісапробна.

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

$\beta$ -мезосапробна зона характеризується великим вмістом синьо-зелених водоростей – *Oscillatoria splendida*, діатомових водоростей – рід *Nischia* sp., зелених водоростей – *Chlamidomonas ehrenbergi*, *Closterium* sp, *Cosmorium*, *Enteromorpha intestinalis*. Присутні інфузорії – *Ciliata*, найпрос-

тіші – Protozoa: Vorticella convallaria, Corchesium polypinum, Stylonichiamytilus, коловертки – Rotatoria, Brachionus rubens, Rotatoria rotatoria. Поширені двостулкові молюски – Bivalvia, Spharium corneum, Spharium revicula, брюхоногі молюски – Gastropoda, Physa fontinalis.

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

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

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

За допомогою методу Пантле-Букка можна оцінити якість води за різними екологічними групами: фіто- і зоопланктоном, зообентосом та ін. (таблиця 3.12). При розрахунку індексу сапробності враховується не тільки сапробність організму-індикатора, але і його чисельність у даному співтоваристві. Формула для розрахунку індексу сапробності Пантле-Букка має такий вигляд:

$$S = \sum_{i=1}^j S_i h_i / \sum_{i=1}^j h_i,$$

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

$S_i$  – ступінь сапробності  $i$ -го організму-індикатора;

$h_i$  – відносна чисельність  $i$ -го організму-індикатора;

$j$  – число видів-індикаторів у даній пробі.

Таблиця 3.12 – Шкала оцінювання якості вод за індексом сапробності Пантле-Букка

Клас якості води	Ступінь забрудненості води	Індекс сапробності за індексом Пантле-Букка	Сапробність водойм (в модифікації Сладчека)
I	Дуже чиста	<1	ксеносапробні
II	Чиста	1,0-1,5	олігосапробні
III	Помірно забруднена	1,51-2,5	$\beta$ -мезосапробні
IV	забруднена	2,51-3,5	$\alpha$ -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.

### 3.2.7 Визначення рівнів токсичного забруднення

Гідробіонти у водних екосистемах і самі екосистеми класифікуються з погляду їх реакції на токсичний вплив за шкалою таксобності (токсичності):

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

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

$$K_n = C_b / C_v, \quad (3.26)$$

де  $K_n$  – коефіцієнт нагромадження;

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

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

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

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

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

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

Основні напрямки в області біотестування розвиваються на основі двох концепцій.

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

Токсичність сублетальних концентрацій біологічно небезпечних речовин визначається на основі комплексу ранніх реакцій. Використання системи біотестів оснований на знанні тривалості і меж відхилення показників від вихідного рівня, що залежить від властивостей і концентрації речовини, екологічної валентності виду й ін. Як тест-об'єкти можуть виступати різні групи організмів - від бактерій, водоростей і найпростіших до різних видів риб (приклад біотестування на дафніях наводиться в таблиці 3.13).

Таблиця 3.13 – Встановлення рівня токсичного забруднення водних мас за даними біотестування на дафніях

Показник біотестування	Рівень токсичного забруднення
Загибель (миттєва або протягом 1-2 годин) тест-культури дафній	гіпертаксобний
Загибель понад 50% протягом 24 годин або не менше 50% протягом 48 годин	політаксобний
Поведінкові реакції (обертання навколо своєї осі, порушення координації рухів)	$\alpha$ -мезотаксобний
Загибель менше 50% протягом 48-96 годин, слабо виражені поведінкові реакції	$\beta$ -мезотаксобний
Смертність не більше 10%, порушення репродуктивного циклу, ембріонального розвитку та інших функцій при хронічних дослідках	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

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

Мікробіологічні показники є обов'язковими при веденні моніторингу якості поверхневих вод.

Критерієм чистоти вод служить як загальна кількість бактерій, так і кількість бактерій-сапрофітів і співвідношення чисельності всіх бактерій до сапрофітного (присутність у воді великої кількості сапрофітів указує на надходження у водойму органічних речовин).

При санітарно-мікробіологічних дослідженнях виробляється визначення вихідного числа бактерій, колі-титру, колі-індексу, виявлення патогенних мікроорганізмів.

Кишкова паличка (*Bact. coli*) – мікроорганізм, що постійно живе в кишечнику людини і тварин і сам по собі нешкідливий. Однак кишкова паличка і родинні їй мікроорганізми (*Bact. paracoli*, *Bact. cloacae* і ін.) свідчать про забруднення води фекальними масами і різними покидьками і є загальновизнаним показником забруднення водойми. Для характеристики якості води визначають колі-індекс, тобто кількість колі-бактерій у 1000 мол води, і колі-титр, тобто кількість води, у якому міститься 1 бактерія. Відповідно до норм колі-індекс повинен бути не більше трьох, а колі-титр – не менше 333 мол [6]. Класифікація якості вод суші за мікробіологічними показниками подана в таблиці 3.14.

Таблиця 3.14 – Класифікація якості вод суші за мікробіологічними показниками

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

### **3.3 Нормування забруднюючих речовин в ґрунті**

Забруднення ґрунтів відбувається як природним шляхом, так і в результаті 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 понад 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-запилувачі. Вже нині в результаті спровокованої людиною пестицидної еволюції близько 500 видів комах є стійкими проти застосування інсектицидів. Така стійкість виникає і в рослин.

За ступенем забруднення ґрунти поділяють на сильнозабруднені, середньозабруднені та слабозабруднені.

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

У *слабозабруднених* 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 ( $ГДК_{гр}$ ) - 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  $ГДК_{гр}$  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 Оцінювання рівня хімічного забруднення ґрунтів

Рівень забруднення оцінюють 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;

$C_\phi$  – фоновий вміст певного хімічного елемента в ґрунті, мг/кг;

$ГДК_{гр}$  – гранично допустима концентрація забруднюючої речовини в ґрунті, 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 розроб-



лена на підставі вивчення стану здоров'я населення, яке мешкає на територіях з різними рівнями забрудненості ґрунтів (табл. 3.15).

Таблиця 3.15 – Орієнтовна оцінна 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 при вагітності, передчасних пологів, мертвонароджених, гіпотрофій немовлят)

Важливим елементом комплексу заходів щодо збереження ґрунтів є гігієнічне регламентування їх забруднення. При цьому термін «гранично допустима кількість речовини, що забруднює ґрунти» означає частку хімічної речовини, що забруднює ґрунт (мг/кг) і не чинить прямої або опосередкованої дії, виключаючи віддалені наслідки для навколишнього природного середовища та здоров'я людини. Значення ГДК речовин у ґрунтах для деяких речовин подано у табл. 3.16.

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

Таблиця 3.16 – Значення ГДК хімічних речовин у ґрунті

Назва речовини	ГДК, мг/кг
<b>Метали</b>	
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
<b>Неорганічні сполуки</b>	
Нітрати	130,0
Миш'як	20,0
Сірководень	0,4
Фосфор (суперфосфат)	200,0
Фториди	10,0
<b>Ароматичні вуглеводні</b>	
Бензол	0,3
Ізопропилбензол	0,5
Ксилоли	0,3
Стирол	0,1
Толуол	0,3
<b>Добрива та ПАР</b>	
Рідкі комплексні добрива з доданням марганцю	80,0
Азотно-калійні добрива	120,0
Поверхнево активні речовини	0,2

### 3.3.3 Оцінювання 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 м<sup>2</sup> поверхні ґрунту (табл. 3.17).

Таблиця 3.17 – 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	>0,1	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	<0,0001	<0,7

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 оцінювання 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.

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 при контакті речовини з будь-якою частиною тіла; кишкові – отруюють при потраплянні 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 ситуа-

ції. У табл. 3.18 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 3.18 – 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 оцінювання 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 води, що може безпосередньо впливати на здоров'я населення. Тому для міських (селітебних) територій доцільний санітарно-гігієнічний підхід до вибору критеріїв екологічної оцінки ґрунтів.

На територіях населених пунктів переважає промислове забруднення ґрунтів. У числі 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, витокami з реакторів, порушенням правил поховання радіоактивних відходів.

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

При оцінюванні сумарного забруднення ґрунтового покриву при числі речовин менше восьми використовується безрозмірний показник (БПЗ)

$$БПЗ = \sum_{i=1}^n C_i / ГДК_i,$$

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

$ГДК_i$  – гранично допустима концентрація і-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 при оцінюванні рівнів досліджуваних показників для окремих територій, груп підприємств і ін.

Сутність 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 прийняті 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  $\sigma$  визначаються значення показників за п'ятирівневою шкалою:

Рівень показника	Межі коливань
Високий	Від $p + \sigma$ і вище
Вище середнього	Від $p + 0,5 \cdot \sigma$ до $p + \sigma$
Середній	Від $p - 0,5 \cdot \sigma$ до $p + \sigma$
Нижче середнього	Від $p - 0,5 \cdot \sigma$ 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, що має градації припустимої (до 16), помірковано небезпечної (до 32), небезпечної (до 128) і надзвичайно небезпечної (понад 128) категорії забруднення, що статистично пов'язано зі зміною показників здоров'я населення в зонах забруднення.

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

Екологічне оцінювання радіоактивного забруднення ґрунтів селітебних територій проводиться за двома основними показниками: потужністю експозиційної дози на рівні 1 м від поверхні землі (мкр/годину) і ступенем радіоактивного забруднення по окремих радіоізотопах (кюри/км<sup>2</sup>) [8].

### **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 з 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.

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

З метою запобігання утворенню шкідливих речовин та зменшенню їх кількості в харчових продуктах слід 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, у недопусканні 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 у результаті 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 по-

трапляють із сільськогосподарськими продуктами (зерном, овочами та фруктами), деякі важкі метали (свинець, мідь, цинк, ртуть та ін.) можуть переходити в продукти харчування з посуду, пакувальної тари тощо.

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.

МОЗ України затверджено максимально допустимі рівні нітратів (МДР) у плодоовочевій продукції (табл. 3.19).

Таблиця 3.19 – Максимально допустимі рівні нітратів у плодоовочевій продукції

Продукція	Норма нітратів мг/кг сирого продукту, за нітрат-йоном
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, кріп).	1500
Зелені овочеві культури 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

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 (при щоденному впливі) не спричинює захворювань або відхилень у стані здоров'я людини.

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

### **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 понад 2 роки);
- 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; занесення пестицидів у період обробки на непередбачені площі та водойми; напування тварин забрудненою водою і використання для них кормів, забруднених пестицидами, та ін.

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.



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 при проварюванні. Дотримуючи 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 і збиранням урожаю та забоєм тварин.

Неорганічні препарати, до складу яких входить мідь, залізо, сірка, ртуть та ін., широко використовують для захисту рослин, садів, плодкових 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, хлороксид міді) широко використовують для захисту садів, виноградників, плодкових культур та овочів від шкідників і хвороб.

### **3.4.2 Санітарне оцінювання продуктів тваринництва**

М'ясо залежно від наявності в ньому отруйних речовин і можливості використання в їжу поділяють на три групи. Санітарне оцінювання м'яса на вміст цих речовин (при результатах бактеріологічного і біохімічного дослідження) наведено в табл. 3.20.

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

Таблиця 3.20 – Санітарне оцінювання 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 гексахлорциклогексану – до 0,005; атразину – 0,2; ролену – 0,3; метоксихлору – 14 .	Препарати фтору, солі цинку і міді, хлорид натрію, алкалоїди, кислоти і луги, газоподібні речовини (амоній, хлор, чадний газ, сірчистий ангідрид), карбамід, сапоніни, речовини фотодинамічної дії, що містяться в гречці, просі, люцерні, ціаногенні рослини, токсичні грибки, отруйні речовини куколю, молочаю, веху і рослин сімейства лютикових
Хлорорганічні сполуки – гептахлор, поліхлор-камфен; севин, ТМТД, цинеб, дикрезил, полікарбацил, байгон та ін.; динітроортокрезол, нітроген, гербіциди групи 2,4 Д	За отруєння м'яса нітрами з рівнем не вище 7-10 мг % м'ясо вимушено забитих тварин можна використовувати для виробництва варених ковбас	У всіх випадках внутрішні органи, у тому числі і кишково-шлунковий тракт, вим'я та мозок утилізуються
Хлорорганічні сполуки – гептахлор, поліхлор-камфен; севин, ТМТД, цинеб, дикрезил, полікарбацил, байгон та ін.; динітроортокрезол, нітроген, гербіциди групи 2,4 Д	За отруєння м'яса нітрами з рівнем не вище 7-10 мг % м'ясо вимушено забитих тварин можна використовувати для виробництва варених ковбас	У всіх випадках внутрішні органи, у тому числі 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 наведені у табл. 3.21.

Таблиця 3.21 – 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 фруктово-ягідні та соки у скляній, алюмінієвій, цільнотягнутій металевій тарі	0,03	5	0,02	0,4	10	-	0,2
Консерви фруктово-ягідні 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 фруктової 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

Допустимі рівні вмісту важких металів встановлені санітарними правилами та нормами (СанПіН), медично-біологічними вимогами і санітарними нормами якості продовольчої сировини й харчових продуктів

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

#### **3.4.4 Нормування забруднення харчових продуктів антибактеріальними речовинами**

Продовольчі товари тваринного походження забруднюються різноманітними антибактеріальними речовинами. Джерелом надходження їх в основному 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, сульфаніламіді, нітрофурані 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. При цьому 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 призводить до поліпшення їх загального стану, прискорення росту, підвищення продуктивності, активізації захисних реакцій. Тому ан-

антибіотики використовують не тільки для лікування та профілактики багатьох інфекційних та незаразних хвороб, але й для стимулювання росту тварин, підвищення їх продуктивності.

Особливу групу становлять антибіотики, що 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 повинні мати 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.

Для виключення можливості потрапляння антибіотиків у продукти тваринництва використання їх при вирощуванні та відгодівлі сільськогосподарських тварин суворо регламентується. Не дозволяється добавляти кормові антибіотики у корми коровам, племінним тваринам у племінних господарствах, а також курям-несучкам. Корми з антибіотиками виключають з раціону всіх тварин за 1-14 діб до забою залежно від виду антибіотика. При здаванні худоби на м'ясо у ветеринарному свідоцтві або довідці має бути вказано час виключення антибіотиків із раціону.

Близько половини виготовлених антибіотиків використовують у тваринництві. Вони здатні переходити в м'ясо, молоко, яйця птахів та інші продукти (табл. 3.22).

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.

Таблиця 3.22 – Антибіотики у продуктах тваринництва

Види продуктів	Антибіотики	Спосіб введення	Концентрація, мкг/кг
Яловичина	Пеніцилін	Внутрішньом'язовий	до 62
Продукти з яловичини: варене м'ясо, напівфабрикати, ковбаси	Пеніцилін	Те саме	до 31
Свинина	Пеніцилін Стрептоміцин	3 кормами і водою	до 12 2100
Яловичина, свинина, телятина	Хлорамфенікол	Внутрішньом'язовий	до 7000
М'язи і органи птахів	Тетрациклін	-//-	25-5600
Молоко коров'яче	Пеніцилін Тетрациклін Стрептоміцин Новобіцин	3 кормами і водою Внутрішньом'язовий	до 131 25-125 20-1000 45
Сметана, сир	Пеніцилін Стрептоміцин	Внутрішньом'язовий	0,6-6,6 1000
Яйця	Тетрациклін Ампіцилін Стрептоміцин Клопидол	3 кормами і водою	350-1150 до 350 до 8000 30-70

### 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 із концентрацією, 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/м<sup>3</sup>;

$C_{\phi}$  – фонова концентрація, мг/м<sup>3</sup>.

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 фонова концентрація сумішей ( $C_{\phi}$ ) встановлена як незалежна від швидкості та напрямку вітру і постійна на території, що розглядається, визначають за формулою

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

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

$V_1$  – об'ємна витрата газів, що викидаються, (повітря) при робочих умовах, м<sup>3</sup>/с;

$\Delta T$  – 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;

$\eta$  – коефіцієнт, що враховує вплив рельєфу місцевості на розсіяння домішок.

Витрати (об'єм) газоповітряної суміші визначають за формулою

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

де  $D$  – діаметр отвору джерела викиду, м;

$\omega_{\text{сер}}$  – 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

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

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  $n$  приймають 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  $\eta$  дорівнює одиниці, якщо в радіусі 50 Н 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 Н від джерела, але не менше 2 км.

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

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

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

$$V_m = 1,3 \cdot \frac{\omega_{\text{сеп}} \cdot D}{H}. \quad (3.39)$$

Якщо різниця температур ( $^{\circ}\text{C}$ ) близька до нуля або при розрахунках 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

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

Якщо у повітрі населених пунктів, де розташовані підприємства,  $C_\phi$  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.

### 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 даному пункті водного об'єкта з установленим режимом має забезпечити якість води в контрольному пункті у межах норми.

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), асимілюючої спроможності водного об'єкта, перспектив розвитку регіону і оптимального розподілу шкідливих речовин, що скидають, 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  $C_{\text{ст}}$  ( $\text{г}/\text{м}^3$ ) згідно з формулою

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

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

$$C_{\text{ст}} = \frac{aQ}{g} (\text{ГДК} - C_{\text{ф}}) + \text{ГДК}, \quad (3.42)$$

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

$a$  – коефіцієнт змішування;

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

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

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

При  $ДК_{ст} < ГДК$  нормативні вимоги мають бути віднесені не до контрольованого 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

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

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

$$ГДС = ДК_{ст} g. \quad (3.45)$$

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.

У випадку, якщо значення ГДС з 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  $P_{еб}$  визначають за нерівністю

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

де  $\Pi_{\phi}$  – фактичні значення показників якості води;

$\Pi_{н}$  – нормовані значення показників якості води;

$t$  – функція часу.

### **3.6 Нормування показників накопичення відходів**

Лімітування розташування твердих промислових відходів (розробку проектів 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 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 (шмати 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 захоронюють у ґрунті, важливе значення мають показники нормативів гранично допустимих концентрацій токсичних речовин у ґрунті (ГДК<sub>Г</sub>).

#### **3.6.2 Показники накопичення відходів**

ГДК хімічної речовини в орному шарі ґрунту - це кількість речовини, що не повинна 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 відсутності ГДК<sub>г</sub> забрудненість оцінюють зіставленням вмісту хімічних речовин у забруднених (досліджуваних) і контрольних зразках ґрунту. Обґрунтовуючи ГДК<sub>г</sub>, 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/дм<sup>3</sup>;
- 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. 3.23.

Таблиця 3.23 – 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	Перхлоридвініл	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 відоме, можна розрахувати клас небезпеки (токсичності) відходів. Згідно з методичними 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

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

де ГДК<sub>i</sub> – гранично допустима концентрація в ґрунті токсичної хімічної речовини, що міститься у відході;

k<sub>p</sub> – безрозмірний коефіцієнт, що характеризує розчинність речовини у воді;

g<sub>b</sub> – вміст цього компонента в загальній масі відходів.

Розрахувавши значення K<sub>i</sub> для деяких компонентів відходів, вибирають 1 - 3 основних компоненти, що мають мінімальне значення K<sub>i</sub>. Сумарний індекс токсичності (небезпеки) K<sub>сум</sub> 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<sub>сум</sub> встановлюють клас токсичності (табл. 3.24).

Таблиця 3.24 – Класи токсичності шкідливих речовин

Сумарний індекс токсичності K <sub>сум</sub>	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<sub>i</sub> розраховують за формулою

$$K_i = \frac{\lg(\text{ЛД}_{50})}{(k_p + 0,1k_{\text{л}} + g_b)}, \quad (3.49)$$

де ЛД<sub>50</sub> – середня летальна доза речовини залежно від маси тіла людини, мг/кг;

k<sub>л</sub> – коефіцієнт леткості цього компонента в частках одиниці (для ССІ<sub>4</sub> Р<sub>нас</sub> = 112,2 мм рт. ст., звідки k<sub>л</sub> = 112,2 · 760<sup>-1</sup> = 0,15).

Знаючи K<sub>i</sub>, визначають K<sub>сум</sub>.

У цьому випадку класам небезпеки відповідають такі значення K<sub>i</sub>: I – менше 1,3; II – 1,2 - 3,3; III – 3,3 - 10; IV – понад 10.

За відсутності значень ГДК у ґрунті та ЛД<sub>50</sub> для деяких речовин, що є компонентами відходів, і при наявності даних з ГДК речовин для повітря робочої зони, а також відповідних класів небезпеки, користуються умовною величиною ЛД<sub>50</sub>.

Класи небезпеки речовин для повітря робочої зони та відповідні умовні величини ЛД<sub>50</sub> наведено в табл. 3.25.

Проби ґрунту відбирають на ділянці площею 25 м<sup>2</sup> у 3 - 5 точках по діагоналі з глибини 0,25 м, а при визначенні 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.

Таблиця 3.25 – Класи небезпеки у повітрі робочої зони та величини ЛД<sub>50</sub>

Клас небезпеки	Умовна величина ЛД <sub>50</sub>
I	15
II	150
III	5000

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<sub>рз</sub>.

Якщо це відношення більше 1, тобто

$$\frac{C_{сз}}{0,3\text{ГДК}_{рз}} > 1, \quad (3.50)$$

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 ( $D_{\text{екв}}$ ), поглинену дозу ( $D_{\text{погл}}$ ) множать на коефіцієнт якості іонізуючого випромінювання ( $Q$ ), який відображає здатність даного виду випромінювання ушкоджувати тканини організму

$$D_{\text{екв}} = D_{\text{погл}} \cdot Q. \quad (3.51)$$

Значення коефіцієнта  $Q$  наведено в табл. 3.26.

Таблиця 3.26 – Значення коефіцієнта якості іонізуючого випромінювання ( $Q$ ) для різних видів випромінювання

Види випромінювання	$Q$
Фотони і $\beta$ -випромінювання (незалежно від енергії випромінювання)	1
Протони з енергією понад 2 MeV	5
Нейтрони з енергією: менше 10 keV	5
10-100 keV	10
0,1-2 MeV	20
2-20 MeV	10
понад 20 MeV	5
$\alpha$ -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.  $1 \text{ Зіверт} = 100 \text{ бер}$ .  $\alpha$ -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 ( $D_{\text{еед}}$ ) відображає сумарний ефект опромінювання для організму в цілому, і її визначають за формулою

$$D_{\text{еед}} = \sum W_t D_{\text{екв}}, \quad (3.52)$$

де  $W_t$  – коефіцієнт, який характеризує відношення ризику опромінювання даного органу до сумарного ризику при рівномірному опромінюванні всього тіла (табл. 3.27).

Відповідно до «Норм радіаційної безпеки України – НРБУ-97» встановлено такі категорії населення, яке зазнає опромінювання:

- категорія А – персонал, який працює безпосередньо з іонізуючим випромінюванням (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.

Таблиця 3.27 – 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

Залежно від груп критичних органів для осіб різних категорій встановлено гранично допустиму дозу (ГДД) за рік.

В Україні згідно з «Нормами радіаційної безпеки - НРБУ-97» встановлено межі доз опромінювання (табл. 3.28).

Еквівалентна доза (Н) накопичення в критичному органі за час Т (років) від початку професійної роботи не повинна перевищувати значень, визначених за формулою

$$H = ГДД \cdot T. \quad (3.53)$$

Отже, для персоналу ефективна доза за період трудової діяльності 50 років становить  $50 \cdot 20 = 1000 \text{ мЗв} = 1 \text{ Зв}$ , 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. 3.28 межі доз належать до умов нормальної експлуатації джерел іонізуючого випромінювання.



Таблиця 3.28 – Гранично допустимі доз опромінювання на рік, 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	

### 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)  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$ , які є джерелом зовнішнього випромінювання всередині приміщень; по-друге – радіоактивний газ радон, що утворюється при розпаді  $^{226}\text{Ra}$  і  $^{232}\text{Th}$  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)  $\gamma$ -випромінювання в повітрі будинків та приміщень (поширюються на  $\gamma$ -випромінювання, сформоване за рахунок активності природних радіонуклідів, включаючи природний радіаційний фон):

– ППД всередині приміщень, будівель та споруд, які проектують, 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 проектується і будуються, та при реконструкції будинків і споруд з постійним перебуванням людей ЕРК  $^{222}\text{Rn}$  не має перевищувати  $50 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$ , а для  $^{220}\text{Rn}$  –  $3 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$ .

– ЕРК  $^{220}\text{Rn}$  у повітрі будинків, що експлуатуються з постійним перебуванням людей, не має перевищувати  $100 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$ , а для  $^{220}\text{Rn}$  –  $6 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$ .

### 3.7.2 Нормування вмісту радіоактивних речовин у воді

Допустимі концентрації радіонуклідів у поверхневих водах водойм встановлюються, 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, розповсюджуючись по всьому організму, накопичуються у печінці, кісткових тканинах, щитоподібній залозі тощо.

Допустимі рівні питомої активності природних радіонуклідів у воді джерел господарсько-питного призначення наведено в табл. 3.29.

Таблиця 3.29 – Допустимі рівні питомої активності природних радіонуклідів у воді джерел господарсько-питного призначення

Допустимі рівні, Бк-л <sup>-1</sup>			
$^{222}\text{Rn}$	Ізотопи U	$^{226}\text{Ra}$	$^{228}\text{Ra}$
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  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$  у продуктах харчування, вирощених у небезпечних за радіаційним фактором регіонах, залежить від типів ґрунтів, особливостей сільсько-господарського 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  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$  у харчових продуктах на території України, і тих, що ввозитимуться на територію України з метою реалізації.

В табл. 3.30 наведені 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

$$\frac{C_{Cs}}{ДУ_{Cs}} + \frac{C_{Sr}}{ДУ_{Sr}} \leq 1, \quad (3.54)$$

де  $C_{Cs}$  і  $C_{Sr}$  – результати вимірювання питомої активності радіонуклідів  $^{131}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$  у даному харчовому продукті;

$ДУ_{Cs}$  і  $ДУ_{Sr}$  – нормативний вміст  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$  в даному харчовому продукті згідно з табл. 3.30.

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).

Таблиця 3.30 – Допустимі рівні вмісту радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$  у харчових продуктах та питній воді (Бк·кг<sup>-1</sup>, Бк·л<sup>-1</sup>)

Назва продукту	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$
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

Якщо випромінювання від продуктів харчування, забруднених цезієм перевищує рівень фону на 0,09 - 135 мкЗв·год<sup>-1</sup> (10 - 15 мкР·год<sup>-1</sup>), що відповідає приблизно 3,7 кБк·кг<sup>-1</sup>, 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<sup>-1</sup> (30 мкР·год<sup>-1</sup>) над рівнем фону, то споживання має становити не більше 0,25 звичайного раціону, при 0,9 мкЗв·год<sup>-1</sup> (100 мкР·год<sup>-1</sup>) – не більше 0,1 звичайного раціону.

**Приклад.** Визначити ступінь забрудненості харчових продуктів РН. Дані для виконання розрахункової роботи наведено в табл. 3.31. Зробити відповідні висновки.

Таблиця 3.31 – Вихідні дані для виконання розрахункової роботи

Радіонукліди	Хліб, Бк/кг	Овочі, Бк/кг	М'ясо, Бк/кг	Молоко, Бк/л
$^{137}\text{Cs}$	12	27	110	60
$^{90}\text{Sr}$	3	7	3	11

**Розв'язання.** Ступінь забрудненості продуктів харчування РН визначають за формулою (3.54).

$$\text{Хліб: } \frac{12}{20} + \frac{3}{5} = 1,2. \quad \text{Овочі: } \frac{27}{40} + \frac{7}{20} = 1,025.$$

$$\text{М'ясо: } \frac{100}{200} + \frac{3}{20} = 0,7. \quad \text{Молоко: } \frac{60}{100} + \frac{11}{20} = 1,15.$$

**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 якоюсь 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 прийнято  $p = 20 \text{ Н/м}^2$ . Відношення звукових тисків при больовому порозі і порозі 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.

При оцінюванні 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. Оцінювання імісії виконують, у першу чергу, 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, надмірному стомленню і зниженню працездатності як при короткочасних, так і повторній дії 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. При рівні 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, спричиняють механічні коливання тканин організму, внаслідок чого відбувається руйнування нервових клітин, розрив дрібних судин тощо.

Допустимі рівні звуку на території житлових забудов наведено в табл. 3.32.

Таблиця 3.32 – 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

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 (ГДШХ) встановлюють з урахуванням вимог забезпечення на робочих місцях допустимих рівнів шуму відповідно до головного призначення машини і вимог ГОСТ 12.1.003-83.

Значення ГДШХ ( $L_{\text{оі}}$ ), яке встановлюють в октавних смугах частот рівнів звукового тиску, визначають для кожної октавної смуги за формулою

$$L_{\text{оі}} = L_{\text{др}} + 10Lg \frac{S_n}{S_0} - \Delta L, \quad (3.55)$$

де  $L_{\text{др}}$  – гранично допустимий рівень звукового тиску в октаві, рівень звуку або еквівалентний рівень звуку на робочих місцях, або в місцях зна-

ходження людини згідно з відповідними нормативами, дБ (дБА) (табл. 3.31);

$S_n$  – площа вимірюваної поверхні, що знаходиться на відстані 1 м від зовнішнього контуру машини,  $m^2$ ;

$$S_0 = 1 m^2;$$

$\Delta L$  – поправка на групове встановлення машин у типових умовах експлуатації.

#### Примітки:

1. Еквівалентні та максимальні рівні звуку, що створюються засобами автомобільного, залізничного, авіаційного транспорту за 2 м від захисних конструкцій першого ешелону житлових будинків, готелів, гуртожитків, повернутих у бік магістральних вулиць загальноміського значення.

2. Вдень – з 7-ї до 23-ї години, вночі – з 23-ї до 7-ї години.

Значення поправки ( $\Delta L$ ) приймають 10; 6 і 3 дБ для машин з габаритними ( $P_T$ ) розмірами відповідно до 1,5; 3,5, і 5 м. Для одиночного встановлення машин з габаритними розмірами понад 5 м – 0 дБ.

Таблиця 3.33 – 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 півсфери 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, у тому числі й 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 при частоті 5 - 10 Гц - відчуття вібрації внутрішніх органів. Інфразвук з частотою 7 - 8 Гц найнебезпечніший для людини у зв'язку з тим, що ця частота збігається з альфа-ритмами біоелектричних струмів 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 із середньгеометричними частотами 2, 4, 8, 16 Гц.

Відповідно до ДСН 3.3.6.037-9 допустимі рівні інфразвуку наведено в табл. 3.34.

Таблиця 3.34 – 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<sub>лін</sub> (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 із 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

$$L_v = 20Lg \frac{v_n}{v_o}, \quad (3.57)$$

де  $v_n$  – пікове значення віброшвидкості, м/с;

$v_o$  – опорне значення віброшвидкості,  $v_o = 5 \cdot 10^{-8}$  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. 3.35.

Таблиця 3.35 – 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).

### 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/с<sup>2</sup>;
- 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 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/с<sup>2</sup>.

Найчастіше для оцінювання вібрації використовують логарифмічний рівень віброшвидкості  $L_v$ , який визначають за формулою

$$L_v = 20 \lg \frac{V}{V_0}, \text{ дБ.} \quad (3.58)$$

Типові значення віброшвидкості для різних джерел вібрації наведено в табл. 3.36.

Таблиця 3.36 – 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 за-

хисту 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.

Для загальної вібрації норми вібраційного навантаження встановлюють для категорій вібрації (табл. 3.37).

Таблиця 3.37 – 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, у т. ч. бульдозери, скрепери, грейдери, катки, снігоочисники і т. п.; вібрація літаків при роботі 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.

Дія вібрації на організм людини залежить від таких її характеристик (параметрів): інтенсивності, спектрального складу, тривалості впливу, на-

прямку дії). Санітарна (гігієнічна) оцінка вібрації, що діє на людину у виробничих умовах, ґрунтується на таких методах:

- частотного (спектрального) аналізу її параметрів;
- інтегрального оцінювання за спектром частот, що нормуються;
- дози вібрації.

При частотному аналізі 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 оцінювання 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», при якому людина має відчуття комфортності умов праці.

Санітарні норми показників вібраційного навантаження на оператора (для 8-годинної роботи) наведено в табл. 3.38.

Таблиця 3.38 – 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 при виконанні 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 оцінювання 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 кількісного оцінювання 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 ГОСТ 12.1.006-84. Стандарт розповсюджується на ЕМП діапазону частот 60 кГц - 300 МГц. Електромагнітні поля цього радіочастотного діапазону слід 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. 3.39).

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

$$\text{ГДЗ}_{\text{ГДР}} = \frac{\text{ЕН}_{\text{ГДР}}}{T}, \quad (3.59)$$

де  $\text{ГДЗ}_{\text{ГДР}}$  – гранично допустиме значення щільності потоку енергії,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ ;

$\text{ЕН}_{\text{ГДР}}$  – нормативна величина енергетичного навантаження за робочу добу 2 - 20  $\text{Вт}/\text{м}^2$  год;

$T$  – час впливу, год.

Таблиця 3.39 – 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. 3.39.

Контролювати інтенсивність опромінювання необхідно не рідше одного разу на рік, а також при введенні в дію нових чи реконструйованих старих генераторних установок.

За інтенсивності  $6 \text{ мВт/см}^2$  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 3.40 – 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 забудови, місця відпочинку, приміщення, робочі місця для працюючих віком до 18 років та вагітних жінок	25 В/м	15 В/м	10 В/м	3 В/м	10 мкВ/см

За інтенсивності до  $100 \text{ мВт/см}^2$  спостерігаються:

- стійка гіпотонія;
- стійкі зміни серцево-судинної системи;
- двостороння катаракта.

Подальше опромінювання помітно впливає на тканини, спричинює больові відчуття, а якщо воно перевищує  $1 \text{ Вт/см}^2$ , 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 (Е) та магнітної (Н) 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.

### **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 (при 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. 3.41).

Таблиця 3.41 – Гранично допустимі значення енергетичної експозиції

Діапазон частот	За електричною складовою (E), В/м/год	За магнітною складовою (H), А/м/год	За щільністю потоку енергії, мкВ/м <sup>2</sup> /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



## **4 ТЕРМІНИ ВИКОНАННЯ ТА ПОРЯДОК ЗАХИСТУ КУРСОВОЇ РОБОТИ**

### **4.1 Порядок захисту курсової роботи**

Приклад графіка виконання КР з дисципліни “Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище” поданий у додатку А.

В терміни, зазначені деканатом, курсова робота подається керівникові на перевірку з обов’язковими підписом студента і зазначенням дати на титульному аркуші.

Після перевірки КР повертається студенту 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, повинні бути виправлені помилки.

До захисту допускаються курсові роботи, що виконані в повному обсязі згідно із затвердженим індивідуальним завданням, перевірені керівником і підписані ним на титульному аркуші із зазначенням дати. КР, які не підписані до захисту керівником, на захист не виносяться.

Стан справ з виконанням 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 завідуючим кафедрою. 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:

- студент робить доповідь за матеріалами КР до 5 – 10 хвилин (або допускається інша форма прийому КР, що визначається комісією);
- після доповіді студент відповідає на запитання членів комісії;
- за результатами захисту комісія на закритому засіданні визначає оцінку, яка потім оголошується студенту;
- у випадку виявлення керівником роботи чи членами комісії факту несамотійного виконання роботи, студент до захисту не допускається.

Після захисту роботи і визначення відповідної оцінки на титульному аркуші пояснювальної записки робиться запис: „Оцінка”, „Дата”, „Підписи членів комісії”.

На оцінку за курсову роботу впливають:

- якість виконання курсової роботи;

- компетентність та загальна ерудиція під час відповідей на запитання під час захисту.

Якщо подано на захист несамотійно виконану роботу, про що свідчить некомпетентність студента у матеріалах роботи, ухвалою кафедри, на подання керівника, курсова робота до захисту перед комісією не допускається, що супроводжується записом “недопущений” у екзаменаційній відомості. Такий самий запис робиться у випадку, якщо курсова робота не завершена на час захисту.

В цих випадках запис “недопущений” еквівалентний отриманню незадовільної оцінки і свідчить про появу академзаборгованості, яка ліквідується на загальних підставах.

#### **4.2 Критерії оцінювання**

КР оцінюється на підставі критеріїв оцінювання виконаної та захищеної КР з даної дисципліни, затверджених на засіданні кафедри.

Всі вимоги до якості КР відображаються в критеріях оцінювання.

Відповідно до вищевизначених ознак та чинників, що впливають на оцінки, сформовані критерії.

**Оцінку “відмінно” отримують студенти, які виконали КР відповідно до таких вимог:**

- обґрунтована актуальність розробки;
- чітко визначена мета роботи і очікувані результати;
- зміст курсової роботи в повному обсязі відповідає індивідуальному завданню на КР;
- наявний системний глибокий аналіз основної задачі на основі літературного та патентного пошуку новітніх вітчизняних та зарубіжних досліджень і розробок, їх переваг та недоліків;
- розглянуто декілька можливих варіантів рішень основної задачі, проведений їх аналіз, на підставі якого здійснено вибір оптимального;
- засоби обчислювальної техніки використані обґрунтовано і раціонально;
- обґрунтований вибір методів аналізу і моделювання, методики розрахунку тощо;
- вибрані методи та методики відповідають сучасному рівню науки і техніки в екологічній галузі;
- оформлення курсової роботи відповідає вимогам діючих стандартів та показує досвід написання наукових праць;
- чітко, без помилок виконана розрахункова частина;
- висновки сформульовані чітко, з науковим обґрунтуванням;
- доповідь при захисті викладається вільно з використанням ілюстративних матеріалів;
- стиль викладення курсової роботи характеризує високий рівень технічної та загальної ерудиції фахівця.

**Оцінку “добре” отримують студенти, які:**

- виконали курсову роботу відповідно до вимог на оцінку “добре”;
- не змогли чітко побудувати доповідь при захисті КР;
- не дали відповідь на 1 – 2 запитання членів комісії.
- в курсовій роботі обґрунтована мета і доцільність досліджень, виходячи з науково-технічної літератури, але очікувані результати визначені не зовсім чітко;
- засоби обчислювальної техніки використані для вирішення основних та допоміжних питань, але вибір їх не завжди аргументовано як для апаратних, так і для програмних засобів;
- проведено аналіз, моделювання і розрахунки, але вибір методів та методик є неоптимальним або необґрунтованим;
- оформлення курсової роботи показує грамотність фахівця, але стиль викладення потребує вдосконалення.

**Оцінку “задовільно” отримують студенти, які:**

- виконали КР, що в основному відповідає вимогам до виконання КР на оцінку “задовільно”;
- у доповіді при захисті не відобразили структури КР, не висвітлили мету та висновки;
- не дали відповідь на 2 – 3 запитання членів комісії;
- принцип вирішення основної задачі правильний, але вибір його не є оптимальним;
- в курсовій роботі обґрунтована доцільність розробки;
- засоби обчислювальної техніки використані для вирішення допоміжних завдань;
- проведені розрахунки окремих характеристик;
- оформлення курсової роботи вирізняється описовим стилем викладення.

**Критерії оцінювання відповідей на запитання****Оцінка “відмінно”:**

- дані відповіді на всі запитання членів комісії, що стосуються суті роботи;
- студент вільно і аргументовано відповідає на запитання, демонструючи знання останніх досягнень у екологічній галузі;
- відповіді відзначаються конкретністю та лаконічністю;
- відповіді студента розкривають екологічну ерудицію та глибокі знання кваліфікованого фахівця;
- культура мови характеризує загальну ерудицію студента, здатність переконливо відстоювати прийняті рішення;

**оцінка “добре”:**

- відповіді на запитання є аргументованими, але не завжди повними;
- у відповідях на запитання допускається некоректність, хоча за своєю суттю вони правильні;

- допускаються окремі неточності у термінології;
- мова показує культуру студента, переконаність у прийнятих рішеннях;  
**оцінка “задовільно”:**
- відповіді на запитання є неповними або неаргументованими;
- відповіді відзначаються розпливчастістю та неконкретністю;
- допускаються помилки або суттєві неточності у спеціальній термінології, хоча в цілому студент екологічно грамотний.

## ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 3008-95. Документація, звіти у сфері науки і техніки. – К. : Держстандарт України, 1995.
2. Концепція екологічного нормування / О. Г. Васенко (розроб.). – К. :, 1997. – 24с.
3. Методичні вказівки до оформлення курсових проектів (робіт) у Вінницькому національному технічному університеті / Уклад. Г. Л. Лисенко, А. Г. Буда, Р. Р. Обертах. – Вінниця : ВНТУ, 2006. – 60 с.
4. Антропогенные проблемы экологии / А. И. Кораблева. – Днепропетровск : Проминь, 1997. – 144 с.
5. 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. – 39с.
6. Морозова Т. В. Нормування антропогенного навантаження: навч. посібник / Чернівецький національний ун-т ім. Юрія Федьковича / Морозова Т. В. – Чернівці : Рута, 2008. – 99 с.
7. Набивач В. М. Основи екологічного нормування і промислової токсикології / Український держ. хіміко-технологічний ун-т. / В. М. Набивач, М. П. Сухий – Дніпропетровськ : УДХТУ, 2002. – 193 с.
8. Фурдичко О. І. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище: навч. посіб. / Фурдичко О. І., Славов В. П., Войцицький А. П. – К. : Основа, 2008. – 360 с.
9. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище: [підруч. для студ. екол. спец. вищ. навч. закл.] / Харківський національний ун-т ім. В. Н. Каразіна / В. Ю. Некос, Н. В. Максименко, О. Г. Владимірова, А. Ю. Шевченко. – Х. : ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2007. – 288 с.
10. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище: метод. вказ. до проведення практ. занять, вивч. дисципліни та викон. реферату для студ. спец. 6.070800 “Екологія та охорона навколишнього середовища” (спеціалізація 6.070800.01 "Екологія харчової промисловості") на пряму підгот. 0708 "Екологія" ден. форми навч. / Національний ун-т харчових технологій / Степанець Л. Ф. (уклад.) – К. : НУХТ, 2007. – 14 с.
11. Інженерна екологія : навч. посібник для підгот. бакалаврів на пряму 0708 “Екологія” у вищ. навч. закладах II-IV рівнів акредитації / [Б. А. Шелудченко, М. І. Бахмат, А. П. Войцицький та ін.] – Кам'янець-Подільський : Видавець ПП Зволейко Д. Г., 2007. – 172 с.

12. Крисаченко В. С. Людина і біосфера: основи екологічної антропології: Підручник / Міжнародний фонд "Відродження" / Крисаченко В. С. – К. : Заповіт, 1998. – 687 с.
13. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М. : Министерство здравоохранения СССР, Всесоюзный Совет Профессиональных Союзов, 1988. – 46 с.
14. Каталог. Нормы предельно допустимых концентраций вредных примесей в атмосферном воздухе: В 2 ч. – К. : МОЗ Украины, Украинский центр государственного санитарно-эпидемиологического контроля, 1996. – Ч. 1. – 23 с.; Ч. 2. – 24 с.
15. Нормативи гранично допустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел: Затв. Міністерством охорони навколишнього природного середовища України від 27.06.2006 № 309.
16. Матеріали з впровадження нового механізму регулювання викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря / За ред. С. С. Куруленка. – К. : ДЕІ Мінприроди України, 2007. – 216 с.
17. Джигерей В. С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища: [навч. посібн.] / Джигерей В. С. – К. : Т-во "Знання", КОО, 2000. – 203 с.
18. Посібник по охороні атмосферного повітря для фахівців, які надають дозволи (ліцензії) на викиди забруднюючих речовин. Том 1, 2. Видавництво ВАТ "УкрНТЕК", 2000, –754 с.
19. Апостолов Е. Урбанизация. Тенденции и гигиено-демографические проблемы / Е. Апостолов, Х. Мичков – М.: Медицина, 1977. – 210 с.
20. Блянкман П. М. Методические приемы оценки влияния животноводческих комплексов на качество природных вод // Изучение процессов формирования химического состава природных вод в условиях антропогенного воздействия. / П. М. Блянкман, Н. А. Правошинский. – Л. : Гидрометеиздат, 1987. – Ч.1. – 192 с.
21. Говорун А. Г. Транспорт і навколишнє середовище. / Говорун А. Г., Скорченко В. Ф., Худолій М. М. – К. : Урожай, 1992. – 144 с.
22. Вавельський М. М. Защита окружающей среды от химических выбросов промышленных предприятий. / М. М. Вавельський, Ю. М. Чебан. – М. : Химиздат, 1989. – 213 с.
23. Голубев И. Р. Окружающая среда и транспорт. / И. Р. Голубев. – М. : Транспорт, 1987. – 207с.
24. Сухарев С. М. Технологія та охорона навколишнього середовища : [навчальний посібник] / Сухарев С. М., Чундак С. Ю., Сухарева О. Ю. – Львів : Новий світ, 2004. – 252 с.

**Додаток А**  
**Зразок індивідуального завдання до курсової роботи**

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет  
Інститут екології та екологічної кібернетики

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Зав. кафедрою ЕЕБ, д.т.н., професор  
\_\_\_\_\_ В. Г. Петрук  
“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2014 р.

**ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ**  
**на курсову роботу**

з дисципліни “Нормування антропогенного навантаження на навколишнє  
середовище”

**студентки** \_\_\_\_\_ Вишнівської Вікторії Леонідівни \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, та по-батькові)  
**Факультет** \_\_\_\_\_ екології та екологічної кібернетики \_\_\_\_\_  
**Курс** \_\_\_\_\_ третій \_\_\_\_\_, **група** \_\_\_\_\_ 1 ЕКО-09 \_\_\_\_\_, **триместр** \_\_\_\_\_ 9 \_\_\_\_\_

- 1. Тема роботи** Нормування забруднення ґрунтів важкими металами \_\_\_\_\_
- 2. Термін здачі студентом закінченої роботи:** 10 червня 2014.
- 3. Вихідні дані до роботи** Дані забруднення ґрунтів важкими металами: свинцем, хромом та ртуттю окремих територій. ГДК свинцю складає 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 щодо 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. Дата видачі завдання** 20 березня 2014 року.

**ГРАФІК**  
**виконання курсової роботи**

Найменування етапів курсової роботи		Термін виконання етапів курсової роботи	Відомості про виконання
1	Отримання теми курсової роботи і методичних вказівок до її виконання	20.03.2014 р.	
2	Робота із літературними джерелами	31.03. 2014 р.	
3	Складання плану КР	7.04.2014 р.	
4	Робота над I частиною	21.04.2014 р.	
5	Робота над II частиною	5.05.2014 р.	
6	Робота над III частиною	15.05.2014 р.	
7	Робота над вступом і висновками	20.05.2014 р.	
8	Оформлення додатків	26.05.2014 р.	
9	Оформлення переліку літератури	2.06.2014 р.	
10	Оформлення титульних листів, зшивання роботи і здавання її на перевірку.	10.06.2014 р.	
11	Захист курсової роботи	15.06.2014 р.	

Студент \_\_\_\_\_ Вишнівська Вікторія Леонідівна  
(підпис) (прізвище, ім'я, та по-батькові)

Керівник \_\_\_\_\_ Васильківський Ігор Володимирович  
(підпис) (прізвище, ім'я, та по-батькові)



## **Додаток Б**

### **Приклад оформлення титульного аркуша**

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет  
Інститут екології та екологічної кібернетики

Кафедра екології та екологічної безпеки

### **НОРМУВАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ**

Пояснювальна записка  
до курсової роботи з дисципліни “Нормування антропогенного  
навантаження на навколишнє середовище”  
за напрямом 6.040106 “Екологія, охорона навколишнього середовища та  
збалансоване природокористування”  
08-48.НАН.103.03.00ПЗ

Керівник курсової роботи  
к.т.н., доцент  
\_\_\_\_\_Васильківський І. В.  
“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2014 р.

Розробив студент гр. 1ЕКО-05  
\_\_\_\_\_Вишнівська В. Л.  
“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2014 р.

Вінниця ВНТУ 2014

Навчальне видання

**Петрук Василь Григорович  
Васильківський Ігор Володимирович  
Кватернюк Сергій Михайлович  
Іщенко Віталій Анатолійович  
Турчик Павло Миколайович**

# **НОРМУВАННЯ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ**

**(курсове проектування)**

*Навчальний посібник*

Редактор В. Дружиніна  
Коректор З. Поліщук

Оригінал-макет підготовлено І. Васильківським

Підписано до друку 11.12.2014 р.  
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний  
Гарнітура Times New Roman  
Друк різнографічний Ум. друк. арк. 6,2  
Наклад 75 пр. Зам. №2015-032

Вінницький національний технічний університет,  
навчально-методичний відділ ВНТУ  
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,  
ВНТУ, к.2201.  
Тел. (0432) 59-87-36.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті  
в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі.  
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,  
ВНТУ, ГНК, к.114.  
Тел. (0432) 59-87-38.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.