

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»



А.Г. Рудченко, Д.В. Кулікова

**НОРМУВАННЯ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА
ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ**

Навчальний посібник

Дніпро
НТУ «ДП»
2024

УДК 504.5/.6:502.173 (075.8)

Р 83

*Рекомендовано вченою радою НТУ «Дніпровська політехніка»
як навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра спеціальностей
101 Екологія та 183 Технології захисту навколишнього середовища
(протокол № 8 від 27 червня 2024).*

Рецензенти:

Т.І. Русакова – д-р техн. наук, проф. (Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара);

С.О. Вамболь – д-р техн. наук, проф. (Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»).

Рудченко А.Г.

Р 83 Нормування антропогенного навантаження на природне середовище [Електронний ресурс]: навч. посіб. / А.Г. Рудченко, Д.В. Кулікова; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро : НТУ «ДП», 2024. – 165 с.

Викладено засади нормування шкідливих впливів діяльності людини на довкілля, аби мати змогу кількісно оцінити, аналізувати й прогнозувати стан об'єктів природокористування. Описано методи санітарно-гігієнічного нормування середовища та їхнє прикладне використання, а також відображено принципи інших видів нормування (екологічного, фізичного забруднення).

Відповідає вимогам програми дисципліни «Нормування антропогенного навантаження на природне середовище». Може бути корисним здобувачам освіти в процесі самостійного вивчення матеріалу та в ході підготовки до практичних робіт. Матеріал посібника може зацікавити широке коло читачів.

УДК 504.5/.6:502.173 (075.8)

© А.Г. Рудченко, Д.В. Кулікова, 2024
© НТУ «Дніпровська політехніка», 2024

ЗМІСТ

Передмова	7
Вступ	8
Розділ 1. Санітарно-гігієнічний метод нормування антропогенного навантаження на природне середовище	13
1.1 Основи поняття і терміни	13
1.1.1 Мета і завдання методу, його переваги і недоліки	13
1.1.2 Класифікація гранично допустимих концентрацій забруднювачів у різних середовищах	14
1.1.3 Резерв «міцності» і принцип лімітуючого показника	15
1.2. Основи токсикологічного нормування	17
1.2.1 Основні поняття і характеристики	17
1.2.2 Показники токсичності й класифікація шкідливих речовин	19
1.2.3 Ефект кумуляції під час оцінки небезпечного впливу шкідливих речовин на атмосферу	22
1.2.4 Оцінка безпеки шкідливих речовин у водному середовищі ...	23
1.2.5 Оцінка безпеки шкідливих речовин у ґрунті	24
1.2.6 Поріг ефекту впливу антропогенних факторів на біологічні системи за критерієм Ізраеля Ю.А.	27
1.2.7 Рівняння Хабера і Майєра	27
1.3 Методи нормування шкідливих речовин у різних елементах біосфери	29
1.3.1 Нормування забруднювачів у повітрі	29
1.3.1.1 Умови роздільного нормування різних забруднювачів у повітрі	29
1.3.1.2 Встановлення гранично допустимої концентрації забруднювачів у повітрі	32
1.3.2 Нормування забруднювачів у водних об'єктах	34
1.3.2.1 Водоспоживання і водокористування	34
1.3.2.2 Умови нормування забруднювачів у воді	36
1.3.2.3 Критерії нормування забруднювачів у воді	39
1.3.3 Нормування забруднювачів у ґрунті	42
1.3.3.1 Нормування шкідливих речовин в орному шарі ґрунту сільськогосподарських угідь	42
1.3.3.2 Нормування кількості токсичних речовин на території підприємства	45
1.3.3.3 Нормування забруднювачів у харчових продуктах	47
1.4 Прикладне застосування норм санітарно-гігієнічного нормування	49
1.4.1 Класифікація та інвентаризація викидів в атмосферу	49

1.4.2	Пилогазові викиди	53
1.4.3	Стічні води	65
1.4.4	Санітарно-захисна зона	69
Розділ 2. Екологічне нормування		74
2.1	Екологічні підходи до нормування антропогенних навантажень ..	74
2.1.1	Завдання екологічного нормування, відмінність екологічного підходу від санітарно-гігієнічного методу	74
2.1.2	Принципи екологічного нормування	75
2.1.3	Екологічні аспекти роздільного нормування забруднювачів	76
2.1.4	Вимоги до екологічних норм діяльності	77
2.1.5	Основні напрями екологічного нормування	78
2.2.	Поняття й визначення гранично допустимого екологічного навантаження	79
2.2.1	Гранично допустиме екологічне навантаження на довкілля	79
2.2.2	Функція стану екосистеми	81
2.2.3	Екологічний резерв	82
2.2.4	Галузь застосування положень екологічного нормування	83
2.3	Регіональний підхід до визначення екологічного навантаження на довкілля	84
2.3.1	Побудова моделі регіону в загальному вигляді	84
2.3.2	Модульний принцип побудови моделі регіону	86
2.3.3	Побудова моделі регіону на прикладі озера Байкал	89
2.4	Визначення гранично допустимого екологічного навантаження з урахуванням трансформації і міграції забруднювачів у різних середовищах	92
2.4.1	Постановка завдання та його виконання в загальному вигляді ...	92
2.4.2	Виконання завдання на прикладі забруднення двоокисом сірки	95
Розділ 3. Нормування фізичного забруднення		99
3.1	Радіаційне нормування	99
3.1.1	Іонізуюче випромінювання, його види й дози	99
3.1.2	Основні радіаційні норми	106
3.1.3	Технічні способи і методи захисту від іонізуючого випромінювання	114
3.2	Нормування шуму й ультразвуку	120
3.2.1	Шум, його основні характеристики та вплив на довкілля	121
3.2.2	Основні джерела шумового забруднення довкілля	123
3.2.3	Вплив шуму на біоту	124
3.2.4	Допустимі рівні шуму й ультразвуку	126

3.2.5 Методи і технічні засоби боротьби із шумовим забрудненням довкілля	127
3.3 Нормування вібрації	130
3.3.1 Вібрація, її основні характеристики та вплив на довкілля	131
3.3.2 Технічні засоби і нормативи захисту від вібрації	131
3.4 Нормування електромагнітного забруднення	136
3.4.1 Електромагнітне поле, його джерела і вплив на здоров'я людини	136
3.4.2 Нормування електромагнітного випромінювання	138
3.4.3 Захист населення від електромагнітного випромінювання	140
Список рекомендованої літератури	143
Предметний покажчик	146
Додатки	149

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ГДВ	– гранично допустимий викид
ГДД	– гранично допустима доза
ГДЕН	– гранично допустиме екологічне навантаження
ГДК	– гранично допустима концентрація
ГДР	– гранично допустимі рівні
ГДС	– гранично допустимий скид
ГКК	– гранично критична концентрація
ДЗК	– допустима залишкова кількість
ДСТУ	– Державний стандарт України
ЕМВ	– електромагнітне випромінювання
ЕМП	– електромагнітне поле
ЗСП	– загальний санітарний показник шкідливості
ІВ	– іонізуюче випромінювання
КНП	– категорія небезпечності підприємства
МНД	– максимальна недієва доза
МПП	– міграційний повітряний показник шкідливості
ПГЕ	– поверхнева густина потоку енергії
ППК	– підпорогова концентрація
СЗЗ	– санітарно-захисна зона
ТДК	– тимчасово допустима концентрація
ТПВ	– тимчасовий пилогазовий викид

ПЕРЕДМОВА

До найактуальніших глобальних проблем сучасності, від яких залежить майбутнє людства, варто віднести проблеми екологічні. Наприкінці ХІХ століття, коли екологічну кризу, яка тільки наближалася, передбачали окремі фахівці, а в 60–70-х роках ХХ століття про критичний стан природи багатьох регіонів Європи, Північної Америки, Японії довідалися в усьому світі. Тепер, у ХХІ столітті постало питання: «Чи здатне людство подолати екологічну кризу, чи буде знищене під вантажем власного неуцтва в ставленні до природи?»

У цьому аспекті важливу роль відіграють прикладні розділи екологічної науки, зокрема «Очищення газопилових викидів», «Очищення та знезараження стічних вод», «Екологічна паспортизація територій і підприємств», «Техноекологія», «Моніторинг навколишнього середовища», «Нормування антропогенного навантаження на природне середовище» та інші.

Необхідність вивчення дисципліни «Нормування антропогенного навантаження на природне середовище» здобувачами освіти можна пояснити тим, що сучасний фахівець у галузі охорони навколишнього середовища має володіти апаратом розрахунку навантаження на природне середовище та оцінювати вплив будь-якого об'єкта господарської діяльності на біосферу та на здоров'я людини.

Цей посібник розроблено відповідно до освітньо-професійної програми «Екологія» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 101 Екологія і зокрема робочої програми дисципліни «Нормування антропогенного навантаження на природне середовище». Посібник також може стати в пригоді здобувачам освіти спеціальності 183 Технології захисту навколишнього середовища.

Зміст матеріалів навчального посібника розподілено таким чином:

- Санітарно-гігієнічний метод нормування антропогенного навантаження на природне середовище.
- Екологічне нормування.
- Нормування фізичних забруднень.

Для перевірки засвоєння знань студентам пропонується відповісти на питання, наведені після кожного розділу. Наведеними питаннями рекомендовано керуватись, складаючи діагностичні засоби перевірки знань. Наприкінці посібника подано перелік рекомендованої літератури для більш докладного вивчення аспектів екологічного нормування.

ВСТУП

Актуальність нормування. Будівництво або експлуатація практично будь-якого техногенного об'єкта сьогодні супроводжується більш-менш відчутним негативним впливом на здоров'я людей і навколишнє середовище, що зумовлено такими факторами:

1. *Інтенсивне використання природних ресурсів у господарській діяльності людини.* Незважаючи на те, що витрата сировини в розрахунку на одиницю продукції має тенденцію до скорочення, абсолютні розміри безповоротної втрати природних ресурсів зростають.
2. *Можливість виникнення аварій, унаслідок чого настають надзвичайні ситуації* (загибель людей, великі матеріальні втрати, високий рівень забруднення навколишнього середовища). Практика показує, що підвищення надійності складних технічних систем, кількість яких збільшується у зв'язку з потребами науково-технічного та економічного розвитку, забезпечує скорочення технологічного ризику, але не повне його усунення, оскільки, чим складніша система, тим більша ймовірність її виходу із стану рівноваги.
3. *Наявність токсичного ефекту від дії забруднювачів,* насамперед канцерогенів, бо навіть ретельне виконання санітарно-гігієнічних норм не завжди дозволяє підтримувати безпечний рівень впливу таких речовин на здоров'я людини і біосферу в цілому.

У цих умовах необхідно розробити й реалізувати такі методи проектування, будівництва та експлуатації об'єктів, що звели б до мінімуму згадані негативні ефекти. У системі нормування та екологічної безпеки важлива роль належить методам оцінювання впливу на довкілля, моніторингу і нормуванню антропогенного навантаження на природне середовище.

І тут надзвичайно важливим питанням буде організація контролю за безперервною зміною природного середовища та визначення її тенденцій. У вирішенні екологічних проблем дуже важливо визначити норми техногенного навантаження на ландшафт.

Основні види антропогенних впливів на біосферу. Біосфера, як дуже динамічна глобальна екосистема, в усі періоди свого еволюційного розвитку постійно змінювалася під впливом різних природних процесів. Унаслідок тривалої еволюції це середовище набуло здатності до саморегуляції та нейтралізації впливу негативних процесів. Це відбувалось завдяки складному механізму кругообігу речовин і енергії.

У процесі виникнення, удосконалювання і поширення нових технологій (*мисливство – рільництво – промисловість*) планетарна екосистема, адаптована до впливу природних факторів, усе більшою мірою

стала залежати від дії нових, небувалої сили, потужності й різноманітності чинників. Викликані вони людиною, а тому і називаються *антропогенними*.

Під **антропогенними впливами** розуміють діяльність, яка має на меті реалізацію економічних, військових, рекреаційних, культурних та інших інтересів людини, наслідком чого можуть бути фізичні, хімічні, біологічні тощо зміни довкілля.

Відомий еколог Б. Коммонер виділив п'ять, як він вважає основних, видів втручання людини в екологічні процеси:

- спрощення екосистеми і розрив біологічних циклів;
- концентрація розсіяної енергії у вигляді теплового забруднення;
- зростання кількості отруйних відходів від хімічних виробництв;
- поява в екосистемі нових видів тварин і рослин;
- виникнення генетичних змін у живих організмах.

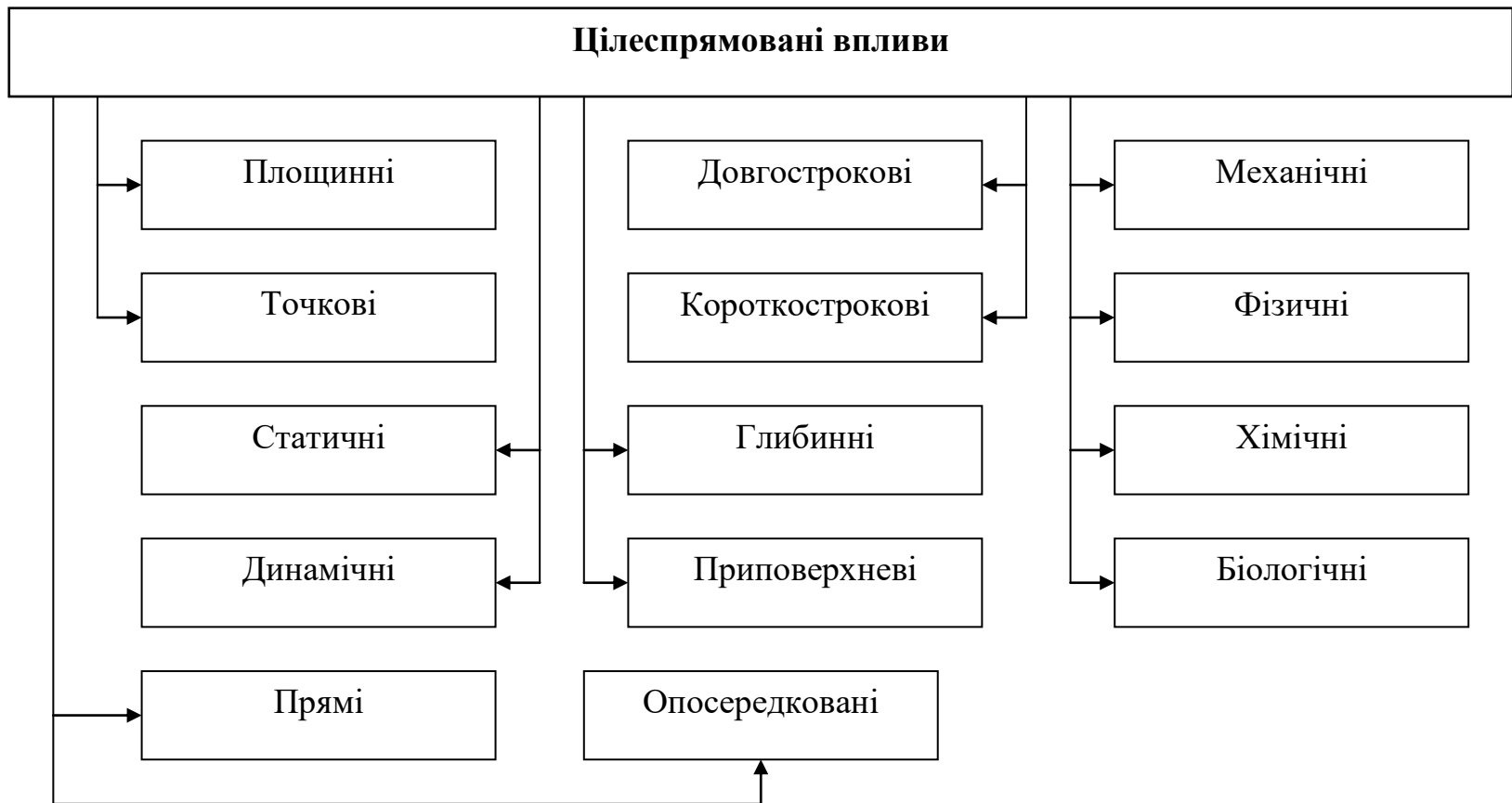
Типи класифікацій антропогенних факторів і впливів. У науковій літературі існує кілька критеріїв класифікації антропогенного впливу на довкілля. Розглянемо деякі з них.

Порушення основних систем життєзабезпечення біосфери в першу чергу являє собою наслідок діяльності людини. Причому глибина і площа поширення, тривалість дії та характер таких впливів можуть бути різними. Такн, на рис. 1 подано класифікацію цілеспрямованих антропогенних впливів на біосферу (за авторством Е.М. Сергєєва, В.Т. Трофимова, 1985).

Підхід, запропонований Ю.А. Ізраєлем, відомий як «Схема впливу антропогенного фактора на біосферу, здоров'я і добробут населення» (див. Додаток А), студенти можуть опрацювати самостійно.

Найголовнішим і найбільш поширеним у світі видом негативного впливу людини на біосферу є *забруднення*.

Забрудненням називають потрапляння в навколишнє середовище будь-яких твердих, рідких і газоподібних речовин, мікроорганізмів або енергій (у вигляді звуків, шумів, випромінювань, тепла), коли їхня кількість шкідлива для здоров'я людини, тварин, стану рослин та екосистем у цілому.



**Рисунок 1 – Класифікація цілеспрямованих антропогенних впливів на біосферу
(автори – Е.М. Сергєєв, В.Т. Трофимов, 1985)**

Більш розгорнуту характеристику згаданого процесу дає відомий французький учений Ф. Рашад (1981): «Забруднення являють собою несприятливі зміни навколишнього середовища, котрі повністю або частково є результатом людської діяльності, прямо або побічно змінюють розподіл наявної сонячної енергії, рівні радіації, фізико-хімічні властивості навколишнього середовища й умови існування живих істот. Ці зміни можуть впливати на людину прямо або через сільськогосподарську продукцію, через воду або інші біологічні продукти (речовини)».

Серед об'єктів несприятливих змін розрізняють забруднення поверхневих і підземних вод, атмосферного повітря, ґрунтів і т. д. Джерелами антропогенного забруднення, що є найбільш небезпечними для популяцій будь-яких організмів, у тому числі й людини, є промислові підприємства (хімічні, металургійні, целюлозно-паперові, виробництво будівельних матеріалів та ін.), теплоенергетика, транспорт, сільське господарство та інші галузі.

Якщо брати до уваги масштаб і поширення, то забруднення може бути локальним (місцевим), регіональним, національним і глобальним. Серед видів забруднень виділяють хімічне, фізичне і біологічне (рис. 2, складено за Н.Ф. Реймерсом, 1990).



Рисунок 2 – Види забруднення навколишнього середовища (автор – Н.Ф. Реймерс, 1990)

Підсумовуючи зазначене, без усякого перебільшення можна зауважити, що вплив людини на біосферу в цілому та на окремі її компоненти (атмосферу, гідросферу, літосферу і біотичні співтовариства) досягло на сьогодні небувалих масштабів. Сучасний стан планети Земля вчені оцінюють як глобальну екологічну кризу. Особливо зросли темпи потрапляння в середовище інгредієнтних і параметричних забруднювачів, причому не тільки в кількісному, але й у якісному відношенні. Негативні тенденції дії названих

забруднень на людину і біоту найчастіше мають не тільки яскраво виражений локальний, але й глобальний характер.

Одночасно треба підкреслити, що людство зараз досягло такого рівня свого розвитку (технічного, інформаційного, духовного, економічного і т. д.), що повернення до стародавніх методів і способів ведення господарства та існування самого суспільства (як пропонують деякі утопісти) вже не можливе. Отже, необхідно знайти компроміс між розвитком суспільства і законами Природи. Це завдання найближчого майбутнього.

Одним із інструментів зменшення негативних впливів є впровадження норм і стандартів захисту довкілля. розробку яких передбачено під час вивчення дисципліни «Нормування антропогенного навантаження на природне середовище».

Питання для самоперевірки та обговорення * :

1. Пояснить зміст і завдання навчальної дисципліни «Нормування антропогенного навантаження на природне середовище».
2. Який зміст поняття «антропогенний вплив»? Дайте класифікацію антропогенних факторів впливу на довкілля.
3. * Проаналізуйте «Схему впливу антропогенного фактора на біосферу, здоров'я і добробут населення».
4. Які Ви знаєте види антропогенних забруднень?
5. * Наведіть приклади джерел забруднення у Вашому регіоні, місті або селищі.

РОЗДІЛ 1

САНІТАРНО-ГІГІЄНИЧНИЙ МЕТОД НОРМУВАННЯ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ

1.1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І ТЕРМІНИ

Студент за допомогою матеріалу, викладеному в даному підрозділі, повинен знати основні терміни санітарно-гігієнічного методу, а зокрема «гранично допустима концентрація», «гранично допустимий викид», «гранично допустимий скид». Крім цього переваги і недоліки методу, класифікацію гранично допустимих концентрацій для різних середовищ і принцип лімітуючого показника.

1.1.1 Мета і завдання методу, його переваги і недоліки

З усього різноманіття методів визначення норм антропогенного навантаження виділяють два основних підходи:

- санітарно-гігієнічний;
- екологічний.

Розглянемо більш докладно санітарно-гігієнічний підхід.

Мета санітарно-гігієнічного нормування – захист людини від шкідливого впливу забруднювачів.

Завдання даного підходу – визначити норми викиду (скиду) забруднювачів, тобто гранично допустимий викид (ГДВ) або гранично допустимий скид (ГДС) на основі гранично допустимих концентрацій (ГДК) для різних середовищ і речовин.

Гранично допустима концентрація (ГДК) – це така концентрація шкідливої речовини, що не здійснює на людину і його нащадків прямого або непрямого впливу, не погіршує працездатності і самопочуття, а також санітарно-побутових умов праці.

Нагадаємо, що з позиції екології ГДК шкідливих речовин має значення верхньої межі стійкості організму, при перевищенні якого та чи інша речовина (тобто фактор) є лімітуючим.

Гранично допустимий викид (ГДВ) – це така кількість речовини, що викидається в атмосферу джерелом, при якій концентрація в приземному шарі не перевищує ГДК.

Гранично допустимий скид (ГДС) – це маса речовини в стічних водах, максимально допустима і відведена в установленому режимі у даному пункті водного об'єкту в одиницю часу з метою забезпечення норм якості води в контрольному пункті.

Переваги методу:

- Нормування концентрацій для будь-яких забруднювачів у всіх середовищах як для людини, так і для деяких видів тварин та рослин;
- Можливість встановлення норм на підставі експериментів на лабораторних тваринах;
- Застосування розрахункових методів визначення ГДК;
- Нормування викидів та скидів забруднювачів для кожного підприємства в конкретних кліматичних, географічних, економічних і інших умовах.

Недоліки методу:

- Дотримання норм ГДК не гарантує збереження якості середовища на досить високому рівні, тому що вплив багатьох речовин у перспективі і при взаємодії їх один з одним ще недостатньо досліджено, так само як і ефект накопичення і підвищення токсичності забруднювачів при переході з одного трофічного рівня на інший;
- Метод недостатньо строгий і не захищає від шкідливої дії ті чи інші види рослин і тварин, а також екосистему в цілому;
- Для стійкості екосистем можуть відігравати вирішальну роль види, що володіють дуже високою чутливістю до антропогенних впливів, і навіть незначний вплив може мати серйозні наслідки для цієї екосистеми, тобто не дотримується принцип «слабкої ланки».

1.1.2 Класифікація гранично допустимих концентрацій забруднювачів у різних середовищах

1. ГДК у повітрі:

- $ГДК_{ан.}$ – це максимальна концентрація домішок, віднесена до певного середнього часу, котра при періодичному впливі або протягом усього життя людини не заподіє на його здоров'я шкідливого впливу, включаючи віддалені наслідки, і на навколишнє середовище в цілому.
- $ГДК_{мр}$ – максимально разова ГДК: цей параметр необхідний для попередження рефлекторних реакцій у людини (відчуття запаху, світлова чутливість ока і тому подібне) при короткочасному впливі забруднювача (протягом 20 хвилин);
- $ГДК_{сд}$ – середньодобова ГДК речовини в атмосфері населених місць: цей параметр необхідний для попередження загально токсичного, канцерогенного та іншого впливу шкідливої речовини (робиться усереднення за 24 години);
- $ГДК_{рз}$ – ГДК шкідливої речовини в повітрі робочої зони. Вона не повинна викликати в працюючого при щоденному вдиханні в межах 8

годин протягом усього робочого стажу захворювань або відхилень у стані здоров'я, що виявляються безпосередньо в процесі роботи або в віддалені строки.

Примітка. Робочою зоною вважається простір висотою 2 м на рівні підлоги або майданчику, на якій знаходяться місця постійного або тимчасового перебування працюючих.

2. ГДК у воді:

- $\text{ППК}_{\text{орг}}$ – підпорогова концентрація речовини у водоймі, обумовлена зміною органолептичних характеристик (запах, колір, присмак та інші), мг/л;
- $\text{ППК}_{\text{срв}}$ – підпорогова концентрація речовини у водоймі, обумовлена впливом на санітарний режим водоймища (сапрофітна мікрофлора, біологічна потреба в кисні та інші), мг/л;
- $\text{ППК}_{\text{т}}$ – підпорогова концентрація речовини у водоймі, обумовлена токсикологічною характеристикою води, мг/л;
- $\text{ГДК}_{\text{в}}$ – гранично допустима концентрація речовин у воді водойм санітарно-побутового призначення.

3. ГДК у ґрунті і продуктах харчування:

- $\text{ГДК}_{\text{т}}$ – гранично допустима концентрація речовини у ґрунті;
- $\text{ТДК}_{\text{т}}$ – тимчасово допустима концентрація шкідливої речовини у ґрунті;
- ДЗК – допустима залишкова кількість речовини у ґрунті;
- $\text{ГДК}_{\text{пр.х.}}$ – гранично допустима концентрація речовини у харчових продуктах.

1.1.3 Резерв «міцності» та принцип лімітуючого показника

При розробці ГДК за допустимі приймаються значення концентрацій, при яких у популяції (в основному для людської) відсутній не тільки патологічний ефект, але і взагалі будь-яка помітна реакція.

Гранично критична концентрація (ГКК) – концентрація, при якій можливий летальний результат в окремих особин.

Різниця між ГДК і ГКК називається резерв «міцності» (для порівняння див. підрозділ «Екологічний резерв» Розділу 2 цього посібника). Ця різниця іноді досягає істотних значень.

Нормування допустимого вмісту хімічних факторів навколишнього середовища базується на пороговості їх дії. Поріг дії відносний і залежить від багатьох факторів. *Граничними концентраціями* називають такі мінімальні

концентрації, що за певних умов здатні викликати шкідливий вплив на організм людини або навколишнє середовище.

Через те що шкідливий вплив хімічних агентів на організм і навколишнє середовище дуже різноманітно, то при встановленні гігієнічних нормативів потрібно використовувати принцип *лімітуючого показника*. Відповідно до цього принципу: **нормування здійснюється за найбільш чуттєвому показнику**.

Так, при концентрації фтору 5 мг/л і вище порушується хід процесів самоочищення водоймищ, а вже при концентрації 25 мг/л змінюються органолептичні властивості води, але при концентрації вище 1,5 мг/л виявляються токсичні властивості фтору. Отже лімітуючим показником для фтору буде санітарно-токсикологічний показник шкідливості (концентрація 1,5 мг/л). Якщо речовина здійснює на навколишнє середовище шкідливу дію при менших концентраціях, чим на організм людини, то при нормуванні виходять з порога дії цієї речовини на довкілля.

Поняття «пікової» концентрації та комплексна оцінка

Особливістю гігієнічного нормування є розмаїтість концентрацій шкідливих речовин в навколишньому середовищі у часі і просторі. Тому необхідно досліджувати усереднені значення в часі (середньогодинна, середньодобова, середньомісячна і тому подібні).

Для речовин, що мають загально токсичну характеристику з явним кумулятивним ефектом, нормування варто здійснювати за середньою концентрацією продовж тривалого періоду.

Але середня концентрація за тривалий період не може гарантувати того, що протягом короткого терміну вміст речовини не перевищить порога гострої дії. Тому на додаток до середніх концентрацій варто вказувати межі їхніх коливань, тобто гранично допустиму миттєву або «пікову» концентрацію.

Комплексна оцінка

У сучасних умовах людина може піддаватися несприятливому впливу не тільки від різних комбінацій хімічних речовин, що одночасно надходять з якого-небудь одного середовища, але і впливу однієї речовини, що проникає з різних середовищ (повітря, вода, харчові продукти). Тому роздільне нормування для повітря, води, харчових продуктів не враховує можливість надходження в організм шкідливих речовин різними шляхами. Це обумовлює необхідність розробки підходів до комплексного нормування хімічних речовин в довкіллі.

Питання для самоперевірки та обговорення *

1. Охарактеризуйте санітарно-гігієнічний метод нормування антропогенного навантаження на природне середовище.
2. Дайте визначення наступним термінам: «гранично допустима концентрація», «гранично допустимий викид», «гранично допустимий скид».
3. Назвіть основні переваги та недоліки санітарно-гігієнічного методу щодо нормування антропогенного навантаження на довкілля.
4. Дайте стислу класифікацію гранично допустимих концентрацій для різних середовищ довкілля.
5. * Що таке «резерв міцності» та його роль у екологічному нормуванні. Використання лімітуючого показника.
6. * Дайте визначення «піковій» концентрації та суті комплексної оцінки стану довкілля.

1.2 ОСНОВИ ТОКСИКОЛОГІЧНОГО НОРМУВАННЯ

Студент за допомогою матеріалу, викладеному в даному підрозділі, повинен знати основні терміни токсикологічного нормування, показники токсичності, класифікацію шкідливих речовин, а також поріг ефекту впливу на біологічні системи, рівняння Хабера та Майєра. Крім цього, знати методи оцінки впливу шкідливої дії речовин у атмосфері, воді та ґрунті.

1.2.1 Основні поняття і характеристики

Токсикологією (з грецького *токсикон* – отрута) називають науку, що досліджує взаємодію організму та отрути. Розділ цієї науки, що стосується токсичних речовин промислового виробництва, називається **промисловою токсикологією**.

Отрутою називають речовину, що при надходженні в організм різними шляхами (через органи дихання, шкірний покрив, травний тракт) у незначних кількостях здатна вступати у взаємодію з життєво важливими структурами організму і викликати порушення його життєдіяльності, що переходить за певних умов у хворобливий стан, тобто в *отруєння*.

Отрута – досить умовне поняття. Дія речовини на організм залежить від багатьох умов: дози, що надійшла в організм, часу впливу (експозиції), вмісту в навколишньому середовищі та інші. Так, кисень для аеробних організмів є необхідним, а для анаеробних – являє собою небезпечну отруту. Миш'як у малих дозах використовується як лікарський засіб, а поварена сіль у великих кількостях може викликати отруєння. Ртуть постійно присутня в організмі, але певні її з'єднання при потрапленні в навколишнє середовище і далі в організм приводять до важких функціональних розладів.

Речовини, що містяться в скидах і викидах підприємств, у залежності від їхніх специфічних особливостей, також являють собою отруту, а ситуації, зв'язані з погрозою отруєння людини, одержали назву «екологічних пасток». Оскільки джерелом ксенобіотиків є промислово-технологічна діяльність людини, їх називають **промисловими отрутами**.

У токсикології прийнято розрізняти токсичність і небезпечність речовини. Здатність хімічних речовин викликати отруєння організму називається **токсичністю**.

Небезпечність характеризується як імовірність отруєння хімічною речовиною в реальних умовах його застосування або присутності.

Кількість отрути, що поступила в організм, співвідноситься з масою його тіла (мг/кг) і називається **дозою речовини (D)**. Крім того концентрації шкідливих речовин можуть виражатися в відсотках або частинах на мільйон (*ppm*).

У токсиметричних дослідженнях встановлюються три кількісних характеристики речовини:

- **Гранична доза (концентрація)**, або по іншому ще називається **порогом однократного впливу** – це найменша кількість речовини, що викликає при однократному впливі такі зміни в організмі, що виявляються за допомогою спеціальних біохімічних або фізіологічних тестів при відсутності зовнішніх ознак отруєння в піддослідній тварини; позначається символами C_{min} або D_{min} (мінімальна концентрація або доза);
- **Токсична не смертельна доза (концентрація)**, що викликає видимі прояви отруєння без смертельного результату і позначається символами *ED* або *EC*;
- **Токсична смертельна доза (концентрація)**, що викликає отруєння, котре закінчується смертю піддослідної тварини і позначається *CL* або *DL*.

Токсиметричні дослідження проводяться на групах тварин. Зрозуміло, що кожна окрема особина відрізняється від інших морфологічно, фізіологічно, і отже, має індивідуальну толерантність (у межах норми реакції) до тих самих доз або концентрацій речовини.

Тому виникає питання – яку з оцінок, отриманих експериментально, приймати як токсичну смертelnу, або граничну, або токсичну не смертelnу, тобто ту, котра подіяла на саму стійку, або ту, котра подіяла на саму слабку особину? Але в першому випадку загинуть усі піддослідні організми, а в другому можна одержати занижену характеристику.

Найбільш об'єктивну оцінку токсичності досліджуваної речовини, прийнятну для порівняння різних речовин, дає та доза (концентрація), що викликає загибель половини (50 %) усіх піддослідних організмів, тобто LC_{50} або LD_{50} . Зворотні величини LC_{50}^{-1} і LD_{50}^{-1} розглядаються як *ступінь токсичності* речовини.

Для кількісної оцінки токсичної дії речовин на живі організми розроблений цілий ряд таксиметричних параметрів, з яких найбільше часто використовуються наступні:

- LC_{50} (LC_{100}) – концентрація речовини, що викликає загибель 50 % (100 %) піддослідних тварин при інгаляційному впливі (час експозиції може вказуватися в хвилинах, годинник і тому подібне) і при певному терміну наступного спостереження, мг/м³;
- LC – концентрація речовини, що викликає смерть піддослідних тварин при інгаляційному впливі, мг/м³;
- LD_{50} (LD_{100}) – доза речовини, що викликає загибель 50 % (100%) піддослідних тварин при введенні речовини в шлунок, черевну порожнину, нанесенні на шкіру і інше (крім інгаляції) при певному терміну наступного спостереження, мг/кг;
- LD – доза речовини, що викликає смерть піддослідних тварин при введенні речовини в шлунок, черевну порожнину, нанесенні на шкіру і інше (крім інгаляції), мг/кг;
- LT_{50} – час експозиції, протягом якого гине 50 % піддослідних тварин;
- Lim_{ac} – поріг однократної (гострої) дії – мінімальна концентрація (доза), що викликає таку зміну біологічних показників на рівні цілісного організму, що виходить за межі пристосувальних фізіологічних реакцій (умовні рефлекси, частота дихання, споживання кисню всією твариною, артеріальний тиск, працездатність і тому подібне), мг/м³;
- Lim_{ir} – поріг дратівного дії на слизисту оболонку верхніх дихальних шляхів і очей, мг/м³;
- Lim_{olf} – поріг запаху, мг/м³.

1.2.2 Показники токсичності й класифікація шкідливих речовин

Природно, що чим вище ступінь токсичності тієї чи іншої речовини, тим більш жорсткі вимоги пред'являють при роботі з нею або до її присутності в навколишньому середовищі. Тому всі токсичні речовини поділяють на групи токсичності (їх називають класами токсичності) (табл. 1.1).

Вплив шкідливих речовин на організм може викликати два види отруєнь: гостре і хронічне. При аваріях, порушеннях техніки безпеки або регламентів роботи устаткування можливе різке стрибкоподібне зростання змісту шкідливих речовин. При цьому можуть наступити **гострі отруєння**, що виникають після однократного впливу і можуть привести до смертельного результату, хоча і не відразу після отруєння (наприклад, оксиди азоту можуть призвести до такого результату через тиждень або більший термін після гострого отруєння).

Таблиця 1.1 – Класифікація шкідливих речовин по ступеню токсичності і небезпечності (ГОСТ 12.1.007-76)*

Показники	Класи токсичності (небезпеки)			
	1 Надзвичайно токсичні	2 Високотоксичні	3 Помірковано токсичні	4 Малотоксичні
DL_{50} , мг/кг при введенні усередину	< 15	15-150	150-1500	> 1500
DL_{50} , мг/кг при введенні через шкіру	< 100	100-500	501-2500	> 2500
DL_{50} , мг/л	< 0,5	0,5-5	5,1-50	> 50
CL_{min} , мг/л	< 0,01	0,01-0,1	0,11-1,0	> 1,0
$Z_{гостр.}$	< 6	6-18	18,1-54	>54
$Z_{хрон}$	> 10	10-5	4,9-2,5	< 2,5
$КМЮ$	> 300	300-30	30-3	< 3

Примітка. Перші чотири показники характеризують ступінь токсичності, а три останні – ступені небезпечності речовини.

* – Згідно наказу ДП «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» від 10.07.2017 № 169 термін дії продовжено.

Хронічне отруєння – це захворювання, що розвивається в результаті систематичного впливу таких доз шкідливої речовини, що при однократному надходженні в організм не викликають отруєння. Дія багатьох промислових отрут зв'язано саме з хронічним отруєнням, оскільки в звичайних виробничих умовах, як правило, не створюється концентрації, здатні викликати гостре отруєння. Це відноситься, наприклад, до з'єднань свинцю, марганцю, парам ртуті й інше. Але деякі речовини (наприклад, синильна кислота) викликають тільки гострі отруєння.

Тому для забезпечення нормування забруднюючих речовин в навколишньому середовищі необхідно встановлювати не одне, а два значення граничних концентрацій: для однократного Lim_{ac} і хронічного Lim_t впливу. Значення граничних хронічних концентрацій нижче, ніж гострих (однократних). Наприклад, деяка речовина може викликати захворювання при тривалому впливі в концентрації в повітрі $0,05 \text{ мг/м}^3$, а гостре отруєння – при разовому впливі концентрації $1,0 \text{ мг/м}^3$.

Якщо значення таких показників як LC_{50} або LD_{50} характеризують токсичність шкідливих речовин (їх несумісність з життям і здоров'ям), то імовірність погрози отруєння (небезпека) оцінюється іншими показниками (табл. 1.1).

Це, зокрема, так називана зона однократної гострої ($Z_{гостр.}$) і хронічної ($Z_{хрон}$) дії і коефіцієнт можливого інгаляційного отруєння ($КМЮ$).

Величина $Z_{зостр}$ характеризує діапазон концентрацій між середньосмертельною концентрацією LC_{50} і порогом однократного впливу Lim_{ac} і визначається за формулою (1.1):

$$Z_{зостр} = \frac{LC_{50}}{Lim_{ac}}, \quad (1.1)$$

Зрозуміло, що чим ближче друг до друга значення чисельника і знаменника, тим менше відношення між ними і тим більше небезпечним є дана речовина.

Правда, ці значення можуть виявитися близькими як для дуже токсичних, так і для мало токсичних речовин, внаслідок чого значення $Z_{зостр}$ оцінюються з вказівкою фактичних меж токсичності.

Величина $Z_{хрон}$ характеризує безпеку хронічного надходження (інтоксикації): чим ширше дана зона, тим вище безпека, оскільки при цьому зростає погроза накопичення (тобто кумуляція) речовини в організмі. Ця величина визначається за формулою (1.2):

$$Z_{хрон} = \frac{Lim_{ac}}{Lim_t}, \quad (1.2)$$

де Lim_t – поріг хронічної дії.

Що стосується $КМІО$ (коефіцієнта можливого інгаляційного отруєння), то цей показник характеризує ефективну токсичність речовини і визначається за виразом (1.3):

$$КМІО = \frac{K_{20}}{LC_{50}}, \quad (1.3)$$

де K_{20} – насичена концентрація у повітрі при температурі 20 °С.

Приналежність речовини до того чи іншого класу токсичності (безпеки) визначає правила техніки безпеки і виробничої гігієни, а також специфіку розробки нормативів його змісту в довкіллі.

Класифікація шкідливих речовин

Шкідливі речовини класифікують у такий спосіб:

- **Токсичні** – порушення діяльності всього організму чи окремих органів (свинець, ртуть, бензол, миш'як і його з'єднання);
- **Дратівні** – вражають поверхню тканин дихального тракту і слизуваті оболонки (сірчистий газ, хлор, окиси азоту й ін.);
- **Сенсибілізуючі**, що діють, як алергени (формальдегід, різні розчинники і лаки на основі нітросполук та інші);
- **Канцерогенні** – ракові захворювання (нікель і його з'єднання, окиси хрому, азбесту та інші);
- **Мутагенні**, що приводять до зміни спадкоємної інформації (свинець, марганець, радіоактивні речовини й ін.), а також впливають на

репродуктивну дітородну функцію (ртуть, свинець, марганець, стирол, радіоактивні речовини и топу подібні).

Для речовин різних класів небезпеки гранично допустимі концентрації наведені в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Гранично допустимі концентрації для речовин різних класів небезпеки

Клас небезпеки	1	2	3	4
ГДК, мг/м ³	Менше 0,1	0,1-1,0	1,1-10,0	Більше 10,0

Зазначені вище оцінки – не єдині з числа обумовлених в експериментах для визначення ступеня токсичності речовини. Існують і багато інші, але вони різні в залежності від того, у якому середовищі (повітрі, воді, ґрунті) міститься дана речовина і яким шляхом надходить в організм.

1.2.3 Ефект кумуляції під час оцінки небезпечного впливу шкідливих речовин на атмосферу

Хронічне отруєння відбувається в результаті тривалого впливу отрути на організм і зв'язано з його поступовим накопиченням в органах і тканинах, тобто з кумуляцією. Одночасно накопичуються і фізіологічні зміни в організмі. При нагромадженні отрути говорять про *матеріальний кумуляцію*, а при нагромадженні змін – про *функціональну кумуляцію*.

Кількісна оцінка функціонального кумуляційного ефекту шкідливої речовини називається **коефіцієнтом кумуляції** (K_k) і визначається за формулою (1.4):

$$K_k = \frac{\sum LD_{50}}{LD_{50}} \quad (1.4)$$

де $\sum LD_{50}$ – сумарна доза, отримана організмом при кількарізному експериментальному введенні речовини в кількості, рівної середнесмертельній дозі (концентрації), тобто LD_{50} ;

LD_{50} – доза при однократному введенні.

Зворотне відношення цих двох величин називається **ступенем кумуляції** (S) і звичайно виражається у відсотках.

По кумулятивному впливу всі токсичні речовини поділяють на чотири групи:

- Надкумулятивні ($K_k < 1, S > 100$);
- З вираженою кумулятивністю ($K_k = 1...3, S=100...34$);
- Середньокумулятивні ($K_k = 3...5, S=33...20$);
- Слабоккумулятивні ($K_k > 5, S < 20$).

Розподіл хімічних сполук за ефектом сумації наведений у Додатку Б.

Усі розглянуті вище характеристики отруйних речовин, у кінцевому рахунку, необхідні для обґрунтування гігієнічного нормування їхнього змісту в навколишній середовищі, тобто для встановлення ГДК.

У промисловій токсикології нормується зміст шкідливих речовин переважно в повітряному середовищі підприємств – у робочих приміщеннях і не території. Але в санітарній охороні навколишнього середовища враховують і ту обставину, що в зонах розсіювання промислових викидів можуть виявитися населені пункти, де забрудненим повітрям буде дихати населення, тобто ті ж трудящі в неробочий час і цілодобово – члени їхніх родин.

1.2.4 Оцінка небезпеки шкідливих речовин у водному середовищі

Для оцінки небезпеки шкідливих речовин при їхньому надходженні у воду використовують сукупність інших специфічних токсикометричних характеристик, у залежності від значень яких конкретна речовина і відносять до того чи іншого класу небезпеки.

Основним показником тут є *підпорогова (максимальна недієва) концентрація* МНК, мг/л, та визначається по санітарно-токсикологічних ознаках при надходженні речовини в організм із водою. Іншим показником є *підпорогова (максимальна недієва) доза* речовини МНД, котра визначається за формулою (1.5):

$$МНД = \frac{МНК}{20} \quad (1.5)$$

Таким чином, підпорогова доза в 20 разів менше, ніж відповідна концентрація даної речовини у воді.

Оскільки поряд із дратівним, токсичним або комплексною дією на організм багато речовин мають специфічні присмаки і запахи, то вони оцінюються *підпороговою органолептичною концентрацією* ППК_{орг}, що обумовлена сприйняттям речовини органами почуттів.

Крім названих, до токсикометричних характеристик шкідливих речовин у воді відносяться:

- Підпорогова концентрація, що не впливає на санітарні характеристики води у водному об'єкті, ПК_{сан};
- Підпорогова доза по віддалених ефектах, ПД_{від};
- Підпорогова доза за загальнотоксичній дії, ПД_{заг}.

Клас небезпеки речовини у воді встановлюється в чотири етапи, причому на перших двох етапах надзвичайно небезпечні речовини не визначаються. Для встановлення класу небезпеки використовують різні відносини між експериментально встановленими характеристиками (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 – Послідовність встановлення класу небезпеки хімічної речовини у воді і критерії класів небезпеки

Послідовність (етап досліджень)	Критерії оцінки	Класи небезпеки			
		I надзвичайно небезпечні	II високо небезпечні	III помірковано небезпечні	IV мало небезпечні
1	МНК/ПК _{орг} МНК/ПК _{сан}	–	1	1-10	10 і більш
2	МНК, мг/м ³	0,001	0,001-0,1	0,1-10	10 і більш
3	LD ₅₀ /МНД	10 ⁶	10 ⁶ -10 ⁵	10 ⁵ -10 ⁴	10 ⁴ і менш
4	ПД _{від} /ПД _{заг}	1	1-10	10-100	100 і більш

1.2.5 Оцінка небезпеки шкідливих речовин у ґрунті

Забруднення ґрунту – це антропогенна зміна її фізичних, хімічних і біологічних характеристик, що викликає зниження родючості або небезпеку для здоров'я населення, тваринних і рослинних організмів. Ґрунт може забруднюватися переважно твердими і рідкими відходами промислових підприємств і сільськогосподарських підприємств, побутовими відходами. До числа найбільш значимих забруднюючих компонентів ґрунту належать патогенні мікроорганізми (бактерії, віруси, гриби й ін.), що викликають захворювання людини і тварин. Хімічне забруднення ґрунту відбувається в сільському господарстві в результаті застосування пестицидів і добрив, а на територіях смітників – в наслідок накопичення токсичних твердих відходів.

Періодичне забруднення ґрунту, що здатне переходити в хронічне, виникає і при тимчасовому складуванні твердих відходів на території підприємств.

Шкідливі хімічні речовини, що містяться в ґрунті, безпосередньо на людину не впливають, але можуть надходити в організм через різні ланки харчових ланцюгів, а також у результаті забруднення повітря і води.

Експериментальними методами встановлюються, зокрема, токсиметричні характеристики забруднюючих речовин у ґрунті:

- Міграційний повітряний показник шкідливості (МПП), мг/м³, що характеризує перехід речовин з орного шару ґрунту в атмосферне повітря;
- Транслокаційний показник шкідливості (ТП), мг/кг, що характеризує перехід хімічної речовини з орного шару ґрунту через корені в рослини і нагромадження його в зеленій масі;
- Загально санітарний показник шкідливості (ЗСП), мг/кг, що характеризує вплив хімічної речовини на здатність ґрунту до

самоочищення і на мікрофлору ґрунту (на 1 кг повітряно-сухого ґрунту).

Забруднення ґрунтів за величиною зон та рівнем поділяються на фонові, локальні, регіональні та глобальні.

Фоновим вважається такий вміст забруднюючих речовин в ґрунті, котрий близько відповідає до його природного складу.

Локальним вважається забруднення ґрунту поблизу одного або сукупності декількох джерел забруднення.

Регіональним є таке забруднення ґрунту, котре виникає внаслідок переносу забруднюючих речовин на відстані не більше 40 км від техногенних джерел та не більше 10 км від сільськогосподарських джерел забруднення.

Глобальним називають забруднення ґрунту, які виникають внаслідок далекого переносу забруднюючої речовини на відстань більше 1000 км від будь-яких джерел забруднення.

Найбільш небезпечними для ґрунтів є хімічні забруднення, ерозія, засолення. За ступенем небезпеки хімічні речовини поділяються за ГОСТ 17.4.1.02-83 на три класи (згідно наказу ДП «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» від 26.10.2017 № 334 термін дії продовжено):

1 клас – високонебезпечні речовини (миш'як, ртуть, метафос, селен та його з'єднання, гектахлор, севін, поліхлорпіпен (ПХП), поліхлоркамфен (ПХК), ГХЦГ, γ -ГХЦГ, ділор, ДДТ);

2 клас – помірно небезпечні речовини (карбофос, хлораїт, промєстрін, хлорофос, фезолон, гардона, фосфамід, пропанід, мікродобрива (кобальт, ванадій, марганець, бор, молібден), калійні і азотні добрива);

3 клас – малонебезпечні речовини (кельтан, банвал D, далопон, цинеб, фосфорні добрива, промислові викиди свинцю, хрому, цинку, нікелю, нафтопродуктів).

Клас небезпеки встановлюється за показниками що наведені в табл. 1.4

Таблиця 1.4 – Показники та класи небезпеки хімічних речовин

Показники	Норми концентрації		
	1 клас	2 клас	3 клас
Токсичність, LD ₅₀	до 200	200-1000	Понад 1000
Персистентність в ґрунті, міс.	Понад 12	6-12	Менше 6
ГДК у ґрунті, мг/кг	Менше 0,2	0,2-0,5	Понад 0,5
Пресистентність в рослинах, міс.	3 і більше	1-3	Менше 1
Вплив на харчову цінність с/г продукції	Сильний	Помірний	Немає

За ступенем забруднення ґрунти поділяються на сильнозабруднені, середньозабруднені і слабкозабруднені.

1. В сильнозабруднених ґрунтах кількість забруднюючих речовин в декілька разів перевищує ГДК. Вони мають низьку біологічну продуктивність та істотні зміни фізико-хімічних і біологічних характеристик, внаслідок чого вміст хімічних речовин у вирощувальних культурах перевищує норми.
2. В середньозабруднених ґрунтах перевищення ГДК незначне, що не призводить до помітних змін його властивостей.
3. У слабкозабруднених ґрунтах вміст хімічних речовин не перевищує ГДК, але перевищує фонову концентрацію.

За ступенем стійкості до хімічних забруднень та характером зворотної реакції ґрунти поділяються на дуже стійкі, середньостійкі, малостійкі. Ступінь стійкості ґрунтів до хімічних забруднень характеризується такими показниками, як гумусний склад ґрунту, кислотно-основні властивості, окислювально-відновлювальні властивості, катіонно-обмінні властивості, біологічна активність, рівень ґрунтових вод, частка речовин, що знаходяться в розчиненому стані.

При оцінці стійкості ґрунтів до хімічних забруднень слід враховувати показники, що характеризують *короткотермінові* (2-5 років), *довготермінові* (5-10 років) зміни ґрунтів та показники ранньої діагностики розвитку змін в ґрунтах. Короткотермінові зміни властивостей ґрунтів діагностуються за динамікою вологості, величиною водневого показника рН, складом ґрунтових розчинів, вмістом поживних речовин. Довготермінові зміни властивостей ґрунтів діагностуються за складом та запасом гумусу, відношенням вуглецю гумінових кислот до вуглецю фульвокислот, втратами ґрунтів внаслідок ерозії, загальної лужності, кислотності, вмістом солей.

Функціонування промислових підприємств, транспорту та енергетичних установок викликає не тільки регіональне, а навіть глобальне забруднення ґрунтів. Регіональне забруднення ґрунтів може викликатися кислотними дощами, що випадають поблизу великих промислових підприємств, котрі викидають в атмосферу шкідливі гази. Природні процеси (міграція, перетворення, сонячна радіація, клімат) сприяють самоочищенню ґрунтів. Захисна здатність ґрунтів щодо самоочищення має певні межі, котрі слід враховувати при організації виробничої та господарсько-побутової діяльності.

Основними характеристиками ґрунтів щодо самоочищення є час самоочищення та захисна здатність ґрунтів, котра характеризує їхню здатність суттєво знижувати токсичність забруднюючих речовин. Час самоочищення – інтервал, протягом якого відбувається зменшення масової частки речовини, що забруднює ґрунти, на 96 % від початкового значення або до його фонового значення. Для самоочищення ґрунтів, а також для їх встановлення потрібно багато часу, котрий залежить від характеру забруднення та природних умов. Процес самоочищення ґрунтів триває від декількох років, а процес відновлення порушених земель – сотні років.

1.2.6 Поріг ефекту впливу антропогенних факторів на біологічні системи за критерієм Ізраеля Ю.А.

Для оцінки допустимості впливу різних факторів на елементи біосфери важливим є питання про поріг шкідливих ефектів впливу і характер залежності «доза-ефект». Існує кілька підходів до визначення цих характеристик. Розглянемо підхід запропонований Ізраєлем Ю.А.

Під порогом ефекту впливу на біологічні системи треба розуміти не взагалі поріг будь-яких змін екологічної системи під впливом впливу, а вихід реакції біоти за межі звичайних фізіологічних коливань, що спостерігаються в процесі гомеостазу. Певний біологічний ефект від якого-небудь впливу може не спостерігатися, поки доза цього впливу не досягне деякого рівня, що називається граничною дозою.

Доза шкідливої речовини, що досягається рецептора, визначається по наступній формулі (1.6):

$$D_r = D_0 - (D_e + D_m), \quad (1.6)$$

де D_0 – доза шкідливої речовини, введеного в організм;

D_e і D_m – дози шкідливої речовини, відповідно виділені з організму і знезаражені в процесі просування ядра до рецептора.

За умови щодо постійної стійкості організму ($D_e + D_m$) не зменшується пропорційно D_0) права частина рівняння (1.6) стає більше нуля, починаючи з деякого значення D_e – граничної дози. Крім того, в організмі при шкідливих впливах виявляються процеси пристосування і постійного відновлення ушкоджень. Ушкодження розвиваються тільки тоді, коли швидкість процесів ушкодження перевищує швидкість процесів пристосовності і відновлення.

З іншого боку, для деяких факторів впливу видів генетичних ефектів поріг мутагенного впливу відсутній. У цьому випадку крива «доза – відповідна реакція» екстраполюється при нульовій дозі (впливу) до нульової позначки. Якщо не можна уникнути надходження шкідливих речовин у природне середовище, то їхній зміст повинен підлягати токсикологічному обмеженню на основі визначення явних порогів шкідливої дії. На цьому засноване санітарно-гігієнічне нормування забруднень довкілля.

При відсутності порога шкідливого впливу при нормуванні забороняють викид у природне середовище таких речовин. Поріг ефекту впливу на співтовариство (біоценоз) необхідно розглядати і розцінювати виходячи з приведених вище розумінь по кінцевому, інтегральному ефекту на всю екологічну систему від одного або декількох факторів.

1.2.7 Рівняння Хабера і Майера

Для опису функціонального зв'язку між ефектом токсичної речовини на організм і його концентрацію (залежність «доза – ефект») запропоновані різні рівняння. Найбільш простим є рівняння Хабера (1.7):

$$E = CT \quad (1.7)$$

де E – ефект впливу шкідливої речовини, C – концентрація речовини, T – час впливу речовини.

Рівняння Хабера (1.7) застосовується для отрут з кумулятивною дією.

Для отрут, що не володіють кумулятивною дією, пропонується формула Майєра (1.8):

$$E = kC \quad (1.8)$$

де k – константа, що залежить від властивостей отрути.

З формули (1.7) видно, що ефекти різних хімічних речовин можна порівнювати, якщо одну з перемінних фіксувати (або $C = \text{const}$, або $T = \text{const}$).

Під часом впливу (експозиції) розуміють період, протягом якого організм знаходиться під впливом досліджуваного фактора (хімічної речовини).

У результаті токсикологічного експерименту по визначених параметрах токсичності хімічної речовини на тест-організмах одержують криві залежності «концентрація – ефект» або «час – ефект». При малих концентраціях (експозиціях) ефект впливу виявляється у невеликій чисельності тест-організмів, що виявляються найбільш чутливими (найменш стійкими). В міру збільшення концентрації число стійких організмів падає, і зрештою вдається зареєструвати чітко виражені ефекти токсичного впливу. По кривих знаходять параметри токсичності – такі, як максимально недіюча концентрація (МНК), ЛК₅₀ і інші, розглянуті в п. 1.2.1.

Питання для самоперевірки та обговорення *

1. Дайте визначення наступним термінам: «токсикологія», «отрута», «токсичність», «небезпечність».
2. Охарактеризуйте основні таксиметричні параметри.
3. Наведіть стисло класифікацію шкідливих речовин по ступеню токсичності і небезпечності.
4. Розкрийте сутність ефекту кумуляції шкідливих речовин в атмосферному повітрі.
5. Які Ви знаєте особливості оцінки впливу шкідливих речовин у водних об'єктах?
6. Дайте визначення забрудненню ґрунтів та класи небезпечності хімічних речовин у ґрунтах.
7. * Що таке поріг ефекту впливу антропогенних факторів та його роль у визначенні залежності «доза-ефект»?
8. * Проаналізуйте рівняння Хабера та Майєра у вирішенні проблеми однозначного тлумачення залежності «доза-ефект».

1.3 МЕТОДИ НОРМУВАННЯ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН У РІЗНИХ ЕЛЕМЕНТАХ БІОСФЕРИ

Студент за допомогою матеріалу, викладеному в даному підрозділі, повинен знати основні методи нормування забруднювачів для різних середовищ, в тому числі, атмосфері, водних об'єктах та ґрунтах.

1.3.1 НОРМУВАННЯ ЗАБРУДНЮВАЧІВ У ПОВІТРІ

1.3.1.1 Умови роздільного нормування різних забруднювачів у повітрі

Відповідно ГОСТ 17.2.1.04.-77 (згідно наказу ДП «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» від 24.01.2018 № 14 термін дії продовжено), *забрудненням атмосфери називається зміна складу атмосфери в результаті наявності в ній домішок*. Забруднення, обумовлене діяльністю людини, називається антропогенним забрудненням. Під домішкою той же ГОСТ розуміє розсіяне в атмосфері речовина, що не міститься в її постійному складі. Таким чином, до домішок можуть відноситися не тільки токсичні, але і нетоксичні речовини, що наприклад зменшують прозорість повітря.

Усі забруднювачі в токсикології прийнято оцінювати по їхньому впливі на організм. Найбільш характерними є власне токсичні (резорбтивні) і рефлекторні (органолептичні) впливи. Рефлекторні реакції можуть виявлятися у формі відчуття запаху, колірної чутливості і т.д. Резорбтивна дія може бути загально токсичною, канцерогенною, мутагенною і ін.

Ці обставини викликали необхідність установлення для забруднюючих повітря речовин два види ГДК: максимальну разову і середньодобову.

Перша вводиться з метою попередження негативних рефлекторних реакцій при короткочасному впливі ($ГДК_{мр}$), а друга – для попередження токсичної дії ($ГДК_{сд}$). З $ГДК_{сд}$ порівнюють концентрації, що визначені кілька разів протягом доби (звичайно 4 рази, іноді – щогодини). При цьому враховуються наступні обставини.

По-перше, через нестійкий напрямок вітру домішки можуть бути присутніми або відсутніми у населеному пункті: вітер може бути спрямований від джерела викиду до населеного пункту або убік від нього. Тому концентрації можуть бути вище або нижче $ГДК_{сд}$ протягом того чи іншого часу.

По-друге, шкідливі речовини можуть володіти як рефлекторною, так і резорбтивною дією на організм. Наприклад, та чи інша речовина може зробити рефлекторний вплив при значно більш низькій концентрації, чим резорбтивна. Такі летучі речовини, що володіють різким запахом або дратівливою дією, наприклад добре відомий метилмеркаптан. Інші речовини, не володіючи дратівною дією (не маючи запаху, кольору), отрутні при низьких концентраціях, тобто отруєння починається раніш, ніж людина здатна відчутти присутність цих речовин. Прикладом може служити монооксид вуглецю.

Тому існує такі правила: якщо рефлекторна (дратівна) дія токсиканта починається при більш низькій концентрації, тобто раніш, ніж резорбтивна дія, то $ГДК_{мр} = ГДК_{сд}$. Якщо ж при більш низькій концентрації починається токсичний (отруйний) ефект, то $ГДК_{мр}$ перевищує $ГДК_{сд}$ у 2-10 разів. Для речовин, поріг токсичного впливу яких на організм поки не відомий, а також для особливо небезпечних речовин існує тільки максимальні разові ГДК. Для умов виробничих приміщень установлюються для всіх нормованих речовин тільки максимально разові ГДК. Екологічна ніша людини, як сукупність його вимог до різних факторів, незмінна, де б він ні знаходився. Це значить, що умова (1.9) повинне дотримуватися в будь-яких місцях перебування людини (рис. 1.1).

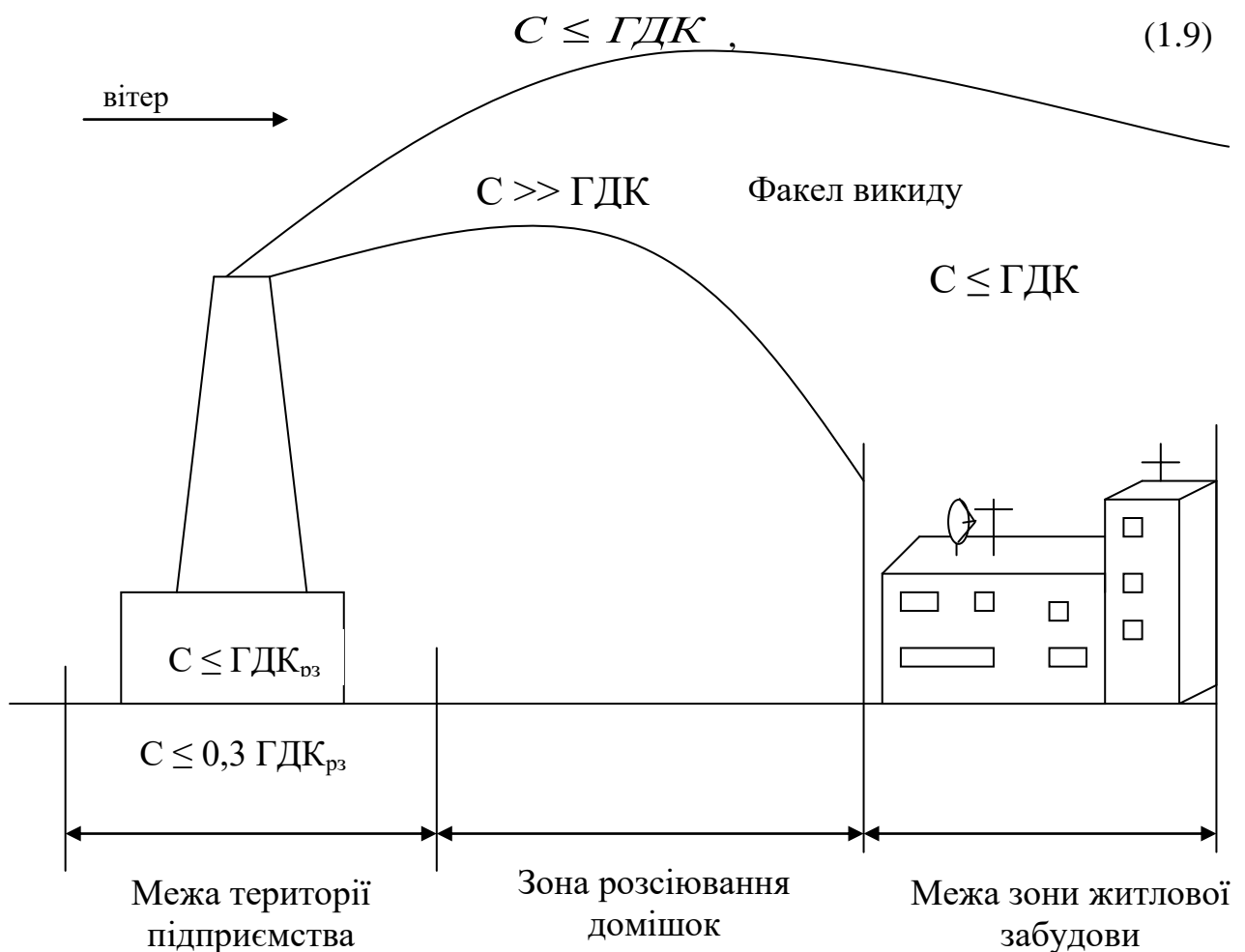


Рисунок 1.1 – Схема нормування домішок у повітрі в зв'язку з їхнім переносом і розсіюванням, а також з токсикологічними принципами

Вочевидь, що зміст домішок у повітрі робочого приміщення неминуче більше, ніж на площадці підприємства і, тим більше за її межами, тобто в населених пункту, куди домішки доходять тією чи іншою мірою розсіяними. У цих обставинах нереально мати єдину норму ГДК для тієї чи іншої забруднюючої речовини для різних категорій використання повітряного

середовища. Тому розроблені так називані принципи *роздільного нормування забруднювачів*.

Це значить, що для кожної шкідливої речовини встановлюються декілька максимально разових ГДК у повітряному середовищі. Зокрема, одне значення ГДК встановлюється в повітрі робочої зони (ГДК_{рз}), а інше – в атмосферному повітрі населеного пункту (ГДК_{ап}). Як бачимо, при нормуванні забруднюючих речовин враховується експозиція, тобто час перебування людей у зоні забруднення, що зв'язано з можливістю хронічних і гострих отруєнь. На території підприємства зміст домішок приймається рівним 0,3 від ГДК_{рз}. Зниження норми змісту домішок на території підприємства втриє в порівнянні з ГДК_{рз} обумовлено тим, що повітря території підприємства використовується для вентиляції виробничих приміщень, де концентрація домішок періодично може бути дуже високої, тобто перевищувати ГДК_{рз}. Тому припливне повітря, що використовується для провітрювання робочих приміщень, повинне бути значно менш забрудненим.

Таким чином, необхідність роздільного нормування забруднюючих речовин визначається уже відомим нам законом толерантності: на підприємстві протягом робочого дня забрудненим повітрям дихають практично здоровий персонал, який пройшов необхідний медичний огляд, а в населених пунктах – цілодобово знаходяться не тільки дорослі, але і діти, люди похилого віку, вагітні жінки, люди, що страждають захворюваннями серцево-судинної, дихальної системи. Тому ГДК_{рз} > ГДК_{ап}. Наприклад, для діоксиду сірки ГДК_{рз} = 10 мг/м³, а ГДК_{ап} = 0,5 мг/м³. Для метилмеркатану ці показники відповідно складають 0,8 мг/м³ і 9 · 10⁻⁶ мг/м³.

Отже, з урахуванням розсіювання концентрація шкідливої речовини не повинна перевищувати:

- у повітрі на території підприємства 30% від ГДК_{рз};
- у повітрі населених пунктів ГДК_{мр}, ГДК_{сд};
- у повітрі населених пунктів з населенням більш 200 тис. чоловік і в курортних зонах 80% від ГДК_{мр}.

При проектуванні підприємств у районах, де атмосферне повітря вже забруднене викидами від інших раніше побудованих і діючих підприємств, необхідно нормувати їхні викиди з урахуванням уже присутніх у повітрі домішок. Їхній зміст розглядається як фонові концентрації $C_{фон}$.

Якщо мається декілька джерел викидів шкідливих речовин, то повинні виконуватися наступні умови:

- на території підприємства:

$$\sum_{i=1}^N C_i \leq 0,3 ГДК_{рз} - C_{фон} , \quad (1.10)$$

- для повітря населених пунктів:

$$\sum_{i=1}^N C_{mi} \leq ГДК_{an} - C_{фон} , \quad (1.11)$$

де C_i – концентрація шкідливої речовини, що надходить від i -го джерела;
 C_{mi} – найбільша концентрація шкідливої речовини в атмосферному повітрі населеного пункту від i -го джерела;
 $C_{фон}$ – фонові концентрації;
 N – число джерел.

Якщо в атмосферному повітрі присутні викиди декількох (k) речовин, що володіють ефектом сумачії, то необхідно переходити до безрозмірних концентрацій S_i . Умови санітарних норм будуть виконані, якщо:

$$\sum_{i=1}^k S_i \leq 1 , \quad \text{при } S_i = \frac{C_i}{ГДК_i - C_{\phi i}} , \quad (1.12)$$

Якщо $S = 1$, то характер впливу оцінюється як адитивність (підсумовування). При $S < 1$ ефект синергізму (потенціонування). При $S > 1$ – антагонізм (посилення).

Формула (1.12) означає, що сума відносин концентрацій шкідливих речовин, що володіють ефектом сумачії, до відповідного їм ГДК не повинні перевищувати одиниці.

Це ж правило діє для водних об'єктів, але якщо в повітрі враховується подібна дія різних речовин, то у воді – подібний показник шкідливості, що лімітує. У цих випадках використовують ту ж формулу (1.12), але значення C_1, C_2, \dots, C_n і відповідні їм ГДК характеризують речовини, що володіють однаковим лімітуючим показником шкідливості.

Ефект сумачії шкідливої дії речовин у ґрунті не визначається, але оскільки присутні в ній речовини можуть проникати в повітряний басейн і у воду, то він враховується, виходячи зі значень ГДК для води і повітря.

1.3.1.2 Встановлення гранично допустимої концентрації забруднювачів у повітрі

1. Експериментальний метод визначення ГДК:

ГДК установлюють на підставі експериментів на піддослідних тваринах, що вимагає досить тривалого часу.

Встановлення ГДК відбувається в три етапи:

- I етап: визначаються основні токсиметричні характеристики досліджуваних речовин. Нормативи вважаються тимчасово допустимими концентраціями;

- II етап: перевірка й уточнення нормативів;
- III етап: клініко-статистичні дослідження працюючих протягом 3-х років перевірки правильності отриманих в експерименті значень на тваринах.

Тільки після третього етапу отримані нормативи можуть бути затверджені в якості ГДК.

2. Розрахункові методи визначення ГДК:

В сучасних умовах, коли існує розрив між числом нових хімічних сполук і речовин, що застосовуються у промисловості та реальному вивченні і встановленням для них норм ГДК, виникає необхідність прискореного визначення ГДК нових речовин.

Найбільш перспективним є математичний метод, що дозволяє прогнозувати токсичну дію хімічних сполук, як по їхніх фізико-хімічних властивостях, так і за результатами найпростіших і короткочасних токсикологічних досліджень.

Безсумнівно, що розрахункові методи не можуть цілком підмінити експериментальне обґрунтування ГДК, проведені в лабораторних умовах. Особливо це відноситься до нормування речовин, що володіють вираженою специфічною дією. Однак для багатьох хімічних з'єднань розраховані по формулах орієнтовані значення ГДК дуже близькі до узаконеного. Подальше удосконалювання математичних методів встановлення ГДК із залученням до регресивного аналізу різноманітних вихідних показників ще більш підвищить його значення в прогнозуванні припустимих меж перебування в зовнішнім середовищі хімічних речовин.

Наприклад, Ю.А. Кротов запропонував наступні формули для визначення

- ГДК_{мр} по порозі нюхового відчуття:

$$\lg ГДК_{мр} = 0,96 \lg x_1 - 0,51 , \quad (1.13)$$

- ГДК_{сд} по порозі нюхового відчуття:

$$\lg ГДК_{сд} = 0,85 \lg x_1 - 0,79 , \quad (1.14)$$

де x_1 – поріг нюхового відчуття в найбільш чутливих осіб, мг/м³.

В даний час відомо багато подібних формул, у тому числі для визначення ГДК_{с.д.} через ГДК_{р.з.} або через LC₅₀. Отримані розрахунковим шляхом значення ГДК досить близько збігаються з отриманими експериментально значеннями, але подальші перевірки необхідні. Тому в даний час вважається, що встановлені розрахунковим шляхом нормативи повинні розглядатися як тимчасово допустимі концентрації (ТДК).

Аналогічні розрахункові методи існують і для ГДК шкідливих речовин у воді (більш докладно приведені в джерелі).

В табл. В.1 додатка В наведені ГДК деяких речовин у повітрі населених місць.

1.3.2 НОРМУВАННЯ ЗАБРУДНЮВАЧІВ У ВОДНИХ ОБ'ЄКТАХ

1.3.2.1 Водоспоживання і водокористування

Контроль і управління якістю води у водних об'єктах (водоймах і водостоках) являє собою санітарну охорону водойм. На відміну від атмосфери, вода – більш жорстко локалізоване в просторі природне тіло, завжди обмежене у водоймах їхніми берегами і дном. Це істотно позначається на наслідках її забруднення з погляду впливу як на здоров'я людини, так і на екосистеми в цілому. Варто мати на увазі, що словосполучення «водний об'єкт» (як і «водойма», «водостік») використовується як технічний термін, але фактично мова йде про якість води у водних екологічних системах (біогеоценозах), де аналогічно повітрю в наземних екосистемах вода є постійним середовищем мешкання для безлічі живих організмів, чий екологічні ніші тут локалізовані, тобто для водного біоценозу.

Найважливішою водоохоронною задачею в умовах промислової і господарської діяльності суспільства, а також з урахуванням того, що цілеспрямоване або випадкове відведення рідких «відходів» у водні об'єкти практично неминуче, є встановлення допустимих навантажень на них при водокористуванні і водоспоживанні.

Водокористування – це використання води без вилучення її з місць природної локалізації. Основними водокористувачами є рибні господарства, гідроенергетика, водний транспорт.

Водоспоживання – це використання води, зв'язане з вилученням її з місць локалізації з частковою або повною безповоротною витратою з поверненням у джерела водозабору в зміненому (забрудненому) стані, тобто з домішками. Основні водоспоживачі – сільське господарство, промисловість, культурно-побутове господарство.

Згідно з ГОСТ 17.1.1.03-86 (згідно наказу ДП «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» від 24.01.2018 № 14 термін дії продовжено) водокористування класифікується за наступними ознаками:

- За цілями водокористування – господарсько-питне, комунально-питне, комунально-побутове, промислове, сільськогосподарське, для потреб енергетики, для рибного господарства, для водного транспорту та лісосплаву, для лікувальних та курортних потреб тощо;
- За об'єктами водокористування – поверхневі, підземні, внутрішні та територіальні морські води;
- За способом використання – з вилученням води та з її поверненням, з вилученням води без повернення, без вилучення води;
- За технічними умовами водокористування – з застосуванням технічних споруд, без застосування споруд.

В залежності від цілей водокористування джерела водопостачання поділяються на дві категорії (рис. 1.2)

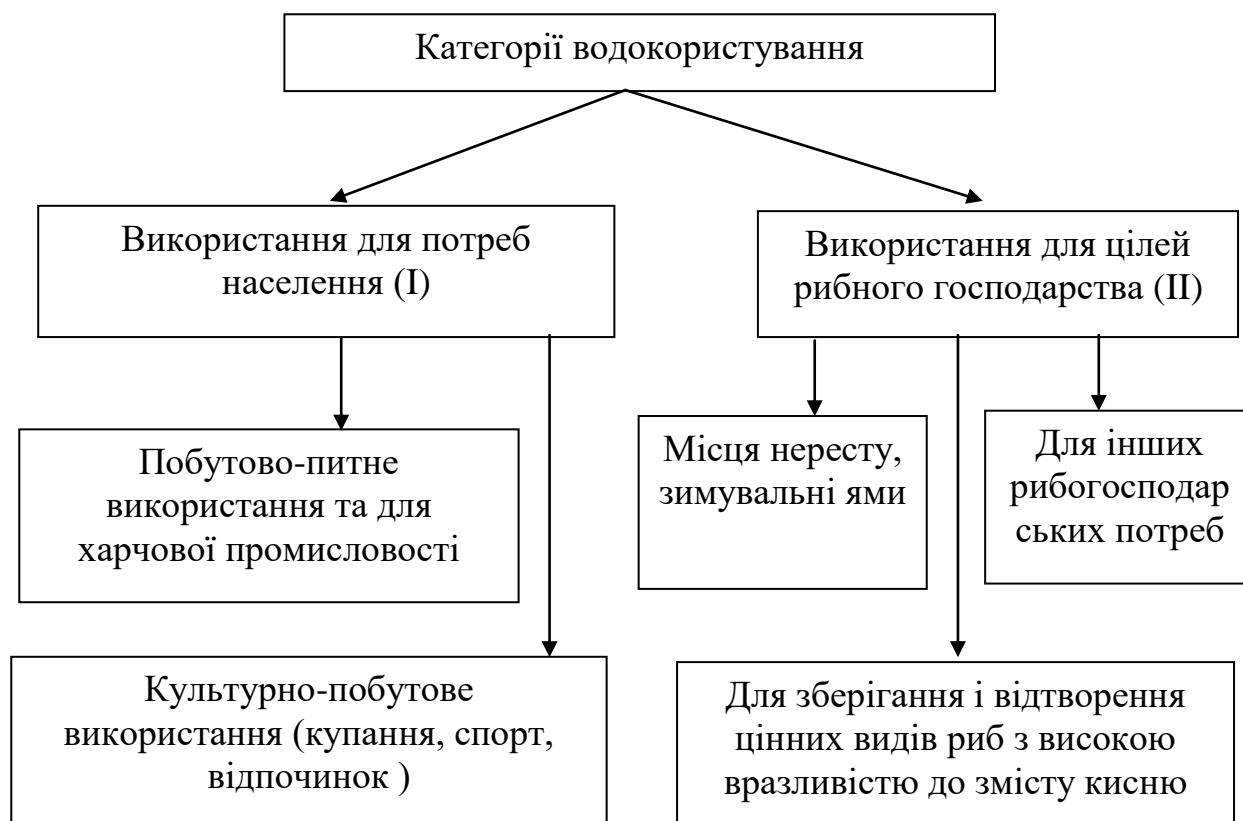


Рисунок 1.2 – Категорії водокористування

До I категорії відносяться водні об'єкти що використовуються в якості джерел централізованого або нецентралізованого господарсько-питного водопостачання підприємств харчової промисловості.

До II категорії відносяться водні об'єкти для культурно-побутових цілей і ті, що знаходяться в межах населених пунктів.

Вимоги щодо складу та властивостей води регламентуються в залежності від категорії водних об'єктів. При водокористуванні має місце водоспоживання, котре може бути безповоротним, поворотним і оборотним. З метою раціонального використання води запроваджуються норми споживання води на одного мешканця та на умовну одиницю продукції, характерну для підприємств кожної з галузей промисловості. В районах з обмеженими водними ресурсами слід дотримуватися водогосподарського балансу, котрий передбачає порівняння водокористування з потенційними ресурсами водних басейнів.

За характером використання води системи водопостачання поділяються на прямоточні, послідовні, оборотні і підживлювальні.

Прямоточна вода використовується у виробничому процесі один раз, після чого скидається у водоймища або у каналізацію.

Послідовно використовувана вода споживається на декількох технологічних процесах.

Оборотна вода використовується у виробництві багатократно, з періодичним або неперервним її очищенням. На добре обладнаних

підприємствах показник ступеня оборотного та послідовного водопостачання складає 30-90%. При цьому слід враховувати і те, що спорудження водозворотних систем в 10 разів дешевше, ніж будівництво очисних установок відповідної потужності.

Навколо водозабору або іншого джерела водопостачання влаштовуються зони санітарної охорони, в котрих встановлюється особистий режим охорони вод від забруднення хімічними речовинами та шкідливими біологічними організмами, а також стічними водами.

Зона санітарної охорони поділяється на три підзони:

- I підзона – строгого режиму з огороженням, а інколи і зі спеціальною охороною. Ця зона обсаджується лісовими насадженнями; тут забороняється будувати, випасати худобу, будь-який вид діяльності, який може зумовити забруднення води;
- II підзона має обмеження за видами діяльності, що мають забруднення, котрі здатні проникнути у водозабір; в ній забороняється розташовувати склади паливно-мастильних матеріалів, тваринницькі ферми, застосовувати добрива;
- III підзона – попереджувальна. В ній також обмежуються види діяльності, що викликають забруднення води.

1.3.2.2 Умови нормування забруднювачів у воді

Як і для домішок в атмосферному повітрі, для речовин, що забруднюють воду, встановлено роздільне нормування якості води, тільки принципі поділу в цьому випадку інший і пов'язаний він з пріоритетним призначенням водного об'єкту, тобто с категоріями водокористування (рис. 1.2).

Ступінь гранично допустимого забруднення води у водному об'єкті залежить від його фізичних особливостей і здібностей до нейтралізації домішок та розглядається як гранично допустиме навантаження (ГДН). Але оскільки використання води пов'язано з вилученням її з водойми (або водостоку) і погрозою виснаження цього об'єкта, руйнуванням екосистеми, а також з використанням для цілей купання, рибного лову, відпочинку на воді, то обмеження навантаження тільки з погляду надходження у воду забруднюючих речовин виявляється недостатнім. Тому в даний час стоїть проблема розробки нормативів гранично допустимого екологічного навантаження (ГДЕН) на водні екосистеми.

У загальному випадку допустиме навантаження на водойму (при його забрудненні) визначається як різниця між установленим нормативним навантаженням $C_{\text{норм}}$ і вже існуючим забрудненням $C_{\text{факт}}$:

$$C_{\text{доп}} = C_{\text{норм}} - C_{\text{факт}}, \quad (1.15)$$

Під забрудненням водяного об'єкта розуміють такий його стан в офіційно встановленому місці використання води, при якому спостерігається відхилення

від норми убік збільшення змісту тих чи інших нормованих компонентів. Звідси забруднюючу воду речовиною вважається не будь-яка домішка і не в будь-якій кількості, а лише надлишкова, котра приводить до порушення нормативів якості води.

Основною нормативною вимогою до якості води у водному об'єкті є дотримання встановлених ГДК, тобто групи екологічних стандартів, що оцінюють стан водної екосистеми і якість води з погляду її небезпеки (або безпеки) для здоров'я.

Гранично допустима концентрація домішок у воді (ГДК_в) водного об'єкту (річці, озері, морі, підземних водах) – це такий нормативний показник, що виключає несприятливий вплив на організм людини і можливість обмеження або порушення нормальних умов господарсько-питного, культурно-побутового й інших видів водокористування. Іншими словами, ГДК шкідливих речовин у водному об'єкті – це така концентрація, при якій вода стає непридатною для одного чи декількох видів водокористування (ГОСТ 17.4.03-72) (згідно наказу ДП «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» від 26.10.2017 № 334 термін дії продовжено). В табл. В.2 додатка В наведені ГДК деяких шкідливих речовин для водних об'єктів.

Склад і властивості води у водних об'єктах повинні відповідати нормативам у створі (поперечному розрізі), розташованому на водотоках – 1 км вище (рис. 1.3) найближчого за течією пункту водокористування (господарсько-питне водопостачання, місце купання, організованого відпочинку, територія населеного пункту і т.п.), а на непротічних водоймах – у радіусі 1 км від пункту водокористування (рис. 1.4).

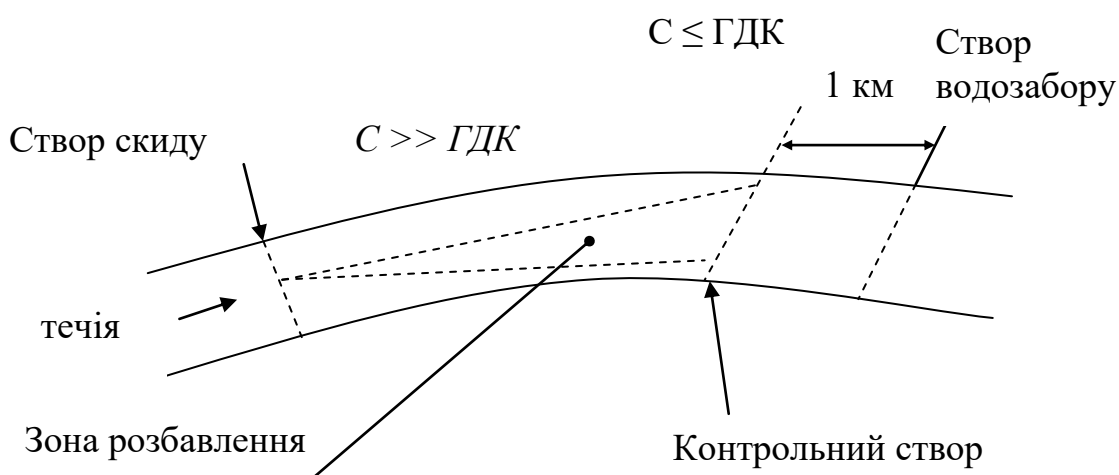


Рисунок 1.3 – Склад і властивості води в проточних водних об'єктах

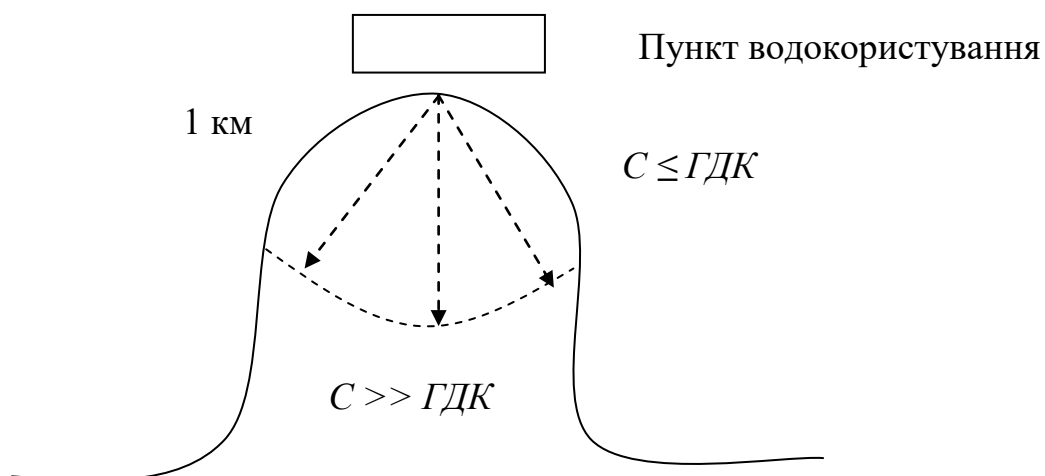


Рисунок 1.4 – Склад і властивості води в непротічних водних об'єктах

До якості води кожної з категорій водокористування (рис. 1.2) пред'являються різні вимоги. Наприклад, присутність хлорорганічних отрутохімікатів (ДДТ, гексахлоран) у господарсько-питному і культурно-побутовому водному об'єктах допускається в дуже обмежених кількостях: концентрації відповідно 0,02 і 0,1 мг/л. У воді рибогосподарських водойм присутність цих речовин узагалі не допускаються (речовини не повинні визначатися існуючими методами аналізу), що зумовлено закономірністю прогресивного накопичення токсикантів у харчових ланцюгах. Деякі речовини можуть впливати на організм тільки при влученні усередину, інші небезпечні, крім того, і при контактному впливі. Відповідно присутність перших обмежує можливість для купання й умивання (санітарне обмеження), а других – лімітує використання води для питва і готування їжі (санітарно-токсикологічне обмеження).

Деякі речовини є шкідливими в порівняно високих концентраціях саме при контактному впливі або при впливі на органи почуттів, і тому їх ГДК у водних об'єктах I категорії мають високі значення з загальносанітарної точки зору. Однак у водних об'єктах II категорії вони виявляються токсичними для іхтіофауни (тобто риб), і тут на перше місце висувається їх токсична дія. Відповідно ГДК на ці речовини посилюються. Наприклад, якщо у водних об'єктах I категорії ГДК для аміаку (по азоту) складає 2 мг/л, то для II категорії – вона в 40 разів нижче. Є речовини малоотруйні, але що мають різкий стійкий запах, наприклад нафтопродукти. У водних об'єктах I категорії переважне значення має запах, і тому в основі обмеження – органолептичні властивості води, забрудненої цими продуктами (ГДК = 0,3 мг/л). Однак тканини риб, що живуть у водоймах рибогосподарського призначення, набуває різкий запах, а крім того, нафта згубна для ікри, личинок і мальків. Тому в рибогосподарських водних об'єктах присутність нафти лімітується насамперед по рибогосподарському показнику і ГДК знижується до 0,05 мг/л.

Таким чином, для забезпечення чистоти водних об'єктів одночасно з ГДК_в використовується інший обмежувальний норматив: *лімітуючий показник шкідливості*, що не має кількісної характеристики, а тільки відображає пріоритетність вимог до якості води в тих випадках, коли водний об'єкт має поліфункціональне призначення. В об'єктах господарсько-питного призначення в основу пріоритетності нормування покладені переважно санітарно-токсикологічний, загальсанітарний і органолептичний ліміти, а в рибогосподарських – в основному токсикологічний і частково органолептичний ліміти.

Значення ГДК шкідливих речовин у водних об'єктах різні для різних категорій водокористування: для водних об'єктів I категорії встановлені ГДК на 1717 шкідливих речовин, II – 952, причому лише деякі з них повторюються в обох переліках. Зрозуміло, що різні речовини можуть мати однаковий лімітуючий показник шкідливості при різних значеннях ГДК.

1.3.2.3 Критерії нормування забруднювачів у воді

Нормування забруднюючих речовин у воді враховує три головних критерії:

а) *вплив речовини на загальний санітарний режим водного об'єкту*: зв'язаний із впливом забруднюючих речовин на процеси самоочищення води від органічних забруднень у стічних водах. У першу чергу визначається, яке кількість кисню необхідно для окислювання органіки і розвитку водної мікрофлори (критерій біологічне споживання кисню БСК).

б) *вплив на органолептичні властивості води*: граничні значення встановлюються на групах людей – добровольцях, відібраних по здатності до сприйняття запахів.

Поріг запахового відчуття для самих чуттєвих індивідуумів приймається в якості ГДК_в для даної речовини.

в) *вплив на здоров'я населення*: проводяться санітарно-токсикологічні дослідження з метою встановлення максимальної недіючої дози (концентрації) речовини (МНД). Експерименти здійснюються на пацюках, морських свинках або на інших теплокровних тваринах. Причому діапазон досліджуваних концентрацій шкідливих речовин досить широкий: вони розрізняються в 5-10 разів, а досвід триває протягом 6 місяців і довше). Для того щоб виявити мінімальні ефекти, використовують метод умовних рефлексів, тобто реакції тест-об'єктів на присутність у воді забруднюючих речовин.

Забруднення води зв'язане не тільки з присутністю в ній токсичних речовин або речовин з поганим запахом, але також і зі зміною ряду інших фізико-хімічних показників. У водних екосистемах мають значення режими таких екологічних факторів, як зміст зважених речовин, мінеральний склад, розчинений кисень, температура, рН та інші (табл. 1.5).

Таблиця 1.5 – Показники складу і властивостей для різних категорій водокористування

Показники складу і властивостей води у водних об'єктах	Категорія водокористування			
	Для господарсько-питного водопостачання та харчових підприємств	Для купання, спорту, відпочинку та в межах населених пунктів	Для відтворення цінних і вимогливих до кисню видів риби	Для інших рибогосподарських цілей
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Завислі речовини, збільшення змісту в порівнянні з природним рівнем не більше, мг/л	0,25	0,75	0,25	0,75
Плаваючі домішки	На поверхні водоймища на повинні виявлятися плаваючі плівки, плями мінеральних масел, жирів і інших домішок			
Запахи, присмаки	Не більше 2 балів, що виявляються безпосередньо або при хлоруванні		Вода не повинна давати сторонніх присмаків м'ясу риби	
Забарвлення	Не повинна виявлятися в стовпці 20 см 10 см		Вода не повинна мати забарвлення	
Температура	Літом не повинна підвищуватися більше ніж на 3°С в порівнянні з самим спекотним місяцем		Не допускається підвищення (в порівнянні з природним) більше ніж на 5°С, с загальним підвищенням більше 20°С літом и 5°С взимку	
Реакція (рН)	В межах 6,5-8,5			
БСК при 20°С не більше, мг/л	3,0	6,0	3,0	6,0
Отруйні речовини	В концентрації, що не перевищує ГДК		В концентрації, що не впливає на рибу та їх кормові об'єкти	
Розчинений кисень, мг/л	В любий період року не менше 4 мг/л в пробі, що взята 12 години.		В зимовий (підлідний) період не нижче:	
			6,0	4,0
Мінеральний склад	Не повинен перевищувати за сухим залишком 1000 мг/л, в тому числі хлоридів – 350 мг/л, сульфатів – 500 мг/л			

Закінчення табл. 1.5

1	2	3	4	5
Хімічне споживання кисню, мг/л	Не повинна перевищувати			
	15,0		30,0	
Збуджувачі захворювань	Вода не повинна містити збуджувачів захворювань			
Лактозопозитивні кишкові палички (ЛКП)	Не більше 10000 в 1 л		Не більше 5000 в 1 л	
Коліфаги в прямоутворюючих одиницях	Не більше 100 в 1 л		Не більше 100 в 1 л	
Життєздатні яйця гельмінтів та найпростіших кишкових	Не повинні міститися в 1 л			

Підприємство, що має стічні води, несе відповідальність за перевищення тих чи інших показників якості води у водному об'єкті й зобов'язане забезпечувати їхнє дотримання за допомогою сукупності інженерних і організаційних заходів. Зрозуміло, що в реальних умовах виникає чимало складностей, пов'язаних, наприклад, з гідрологічними особливостями водного об'єкту: профілем дна, звивистістю ріки, глибиною, сприятливим по водності режимом і ін.

Так, розведення домішок залежить від витрати води в річці, що періодично міняється в різний час року і в різні роки. Крім того, у воді вже можуть бути присутніми однойменні домішки від підприємств, розташованих вище за течією, що утворять фонове забруднення.

В залежності від ступеню забруднення водні об'єкти бувають допустимого, помірного, високого та надзвичайного забруднення (табл. 1.6). Це слід враховувати при організації водоспоживання.

Таблиця 1.6 – Показники забруднення для водних об’єктів I та II категорій

Ступінь забруднення	Органолептичний режим		Токсикологічний режим	Санітарний режим			Бактеріологічний режим	Індекс забруднення
	Запах, присмак, балів	ГДК _{орг} , ступінь перевищення	ГДК _{токс} , ступінь перевищення	БСК ₂₀ , мг/л		Розчинений кисень, мг/л	Число лактозопозитивних кишкових паличок в 1 л	
				I	II			
Допустимий	2	1	1	3	6	4	Менше 10 ⁴	0
Помірний	3	4	3	6	8	3	10 ⁴ ... 10 ⁵	1
Високий	4	8	10	8	10	2	10 ⁵ ... 10 ⁶	2
Надзвичайно високий	>4	>8	>100	>8	>10	1	Більше 10 ⁵	3

Примітка: ГДК_{орг} – гранично допустимі концентрації речовини, встановлені за органолептичною ознакою шкідливості; ГДК_{токс} – гранично допустимі концентрації речовини, встановлені за токсикологічною ознакою шкідливості; БСК₂₀ – біологічне споживання кисню за 20 діб для водоймищ I та II категорії водокористування.

1.3.3 НОРМУВАННЯ ЗАБРУДНЮВАЧІВ У ҐРУНТІ

Нормування хімічних речовин у ґрунтах розпочалося лише в 1976 році. Розроблено методичні рекомендації щодо встановлення ГДК хімічних речовин у ґрунтах. При цьому термін «гранично допустима кількість забруднюючих речовин у ґрунті» означає частку хімічної речовини, що забруднює ґрунт, мг/м³ і не справляє прямої або опосередкованої дії, включаючи віддалені наслідки для навколишнього середовища та здоров’я людини. Значення ГДК деяких хімічних речовин в ґрунтах наведено в табл. В.4 додатка В.

Нормування забруднюючих речовин у ґрунті має три напрямки: по-перше, нормування змісту отрутохімікатів в орному шарі ґрунту сільськогосподарських угідь; по-друге, нормування нагромадження токсичних речовин на території підприємства; і, по-третє – нормування забруднення ґрунту в житлових районах, переважно в місцях тимчасового збереження побутових відходів.

1.3.3.1 Нормування шкідливих речовин в орному шарі ґрунту сільськогосподарських угідь

В орному шарі ґрунту сільськогосподарських угідь шкідливі речовини нормуються по двох показниках: гранично допустимій концентрації (ГДК_Г) і тимчасово допустимій концентрації (ТДК_Г).

Основний норматив це ГДК_г: для його встановлення використовують дані про фонові концентрації речовин, їх фізико-хімічних властивості, параметри стійкості і токсичності.

При цьому експериментально встановлюють:

- Допустиму концентрацію речовини в ґрунті, при якій її зміст у харчових рослинах не перевищить допустиму залишкову кількість (ДЗК), інакше називаних ГДК у продуктах харчування (ГДК_{пр.х});
- Допустиму (для летучих речовин) концентрацію, при якій надходження речовини в повітрі не перевищить встановлених ГДК для атмосферного повітря (ГДК_{атп});
- Допустиму концентрацію, при якій надходження речовини в ґрунтові води не перевищить ГДК для водних об'єктів;
- Допустиму концентрацію, що не впливає на мікроорганізми і процеси самоочищення ґрунту.

Найбільш жорсткий показник, тобто найменший, приймається в якості ГДК_г, причому порівняння йде за однойменними показниками шкідливості, тобто за подібною дією різних речовин.

Таким шляхом нормується зміст у ґрунті пестицидів (речовин, застосовуваних для знищення шкідників, збудників, збудників хвороб, бур'янів) і ряду хімічних елементів, галогенів (наприклад, хлору), а також мікроелементів. Причому зміст домішок нормується в залежності від виду харчових продуктів, що вирощуються на даному ґрунті або в даному господарстві (м'ясних, молочних, рибних, рослинних).

Установлені ГДК_г також для отрутохімікатів, що застосовуються у захисті рослин від шкідників, хвороб, бур'янів (табл. 1.7).

Таблиця 1.7 – Нормативи на зміст деяких пестицидів у ґрунті і ДЗК в продуктах харчування, мг/кг

Найменування	ГДК _г	ДЗК*
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Прометрин (арборицид)	0,5	0,1-0,25
Хлоралін (арборицид)	0,05	–
Хлорофос (інсектицид)	0,5	1,0
Карбофос (інсектицид)	2,0	1,0-3,0
Діхлордідепілтрихлоретан або ДДТ (інсектицид)	0,1	0,5
Гексахлоран (інсектицид)	1,0	1,0
Гамма-ізомер гексахлорану	1,0	2,0

1	2	3
Поліхлорпіпен (інсектицид)	0,5	Не допускається
Поліхлоркамфен (інсектицид)	0,5	0,1
Севін (інсектицид)	0,05	Не допускається

Примітка. * ДЗК – допустима залишкова кількість – це максимальна кількість речовини, що надходячи в організм протягом усього життя, не викликає ніяких порушень у здоров'я дітей і дорослих людей.

Тимчасово допустимі концентрації ТДК_г на відміну від ГДК_г, визначаються розрахунковим шляхом для тих пестицидів, що дозволені до цих випробувань або з урахуванням своїх хімічних особливостей не вимагають обов'язкового визначення ГДК. Для цього використовують рівняння регресії, отримані емпіричним шляхом, що зв'язують ГДК_г, наприклад, із гранично допустимими концентраціями в харчових продуктах:

$$ТДК_{г} = 1,23 + 0,48 \lg ГДК_{пр.х}, \quad (1.16)$$

де $ГДК_{пр.х}$ – ГДК у харчових продуктах.

Санітарний стан ґрунту оцінюється по ряду гігієнічних показників, у тому числі по так названому санітарному числу, тобто відношенню змісту білкового азоту в мг у 100 г абсолютного сухого ґрунту до загального органічного азоту в тих же одиницях. Крім того, враховується наявність кишкової палички (колотитр), личинок мух, яєць гельмінтів. За комплексом цих показників ґрунт оцінюється як чистий або забруднений (табл. 1.8).

Таблиця 1.8 – Показники епідемічної безпеки при оцінці якості ґрунту

Оцінка якості ґрунту	Показники епідемічної безпеки				
	Личинки та лялечки мух в 0,25 м ³ ґрунту, шт.	Яйця гельмінтів в 1 кг ґрунту, екз.	Колі-титр	Титр анаеробних бактерій	Санітарне число Хлебнікова
Чистий	0	0	1 та більше	0,1 та більше	0,98-1,0
Слабо забруднений	одиначно	до 10	1-0,01	0,1-0,001	0,85-0,98
Забруднений	1-10	11-100	0,01-0,001	0,001-0,00001	0,70-0,85
Сильно забруднений	більше 25	більше 100	0,001 та менше	0,00001 та менше	0,70 та менше

Закінчення табл. 1.8

Оцінка якості ґрунту	Показники забруднення радіоактивними речовинами	Показники самоочищення ґрунту – титр-термофілів	Показники забруднення екзогенними хімічними речовинами – кратність перевищення ГДК
Чистий	Природний рівень	0,01-0,001	1 та менше
Слабо забруднений	Перевищення природного рівня в 1,5 рази	0,001-0,00002	1-10
Забруднений	Перевищення природного рівня в 2 рази	0,00002-0,00001	10-100
Сильно забруднений	Перевищення природного рівня в 3 рази	0,00001 та менше	100 та більше

Для земель єдиного державного земельного фонду встановлюється номенклатура показників ґрунтів згідно з ГОСТ 17.4.2.01-81 (згідно наказу ДП «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» від 26.10.2017 № 334 термін дії продовжено). Ця номенклатура показників повинна застосовуватися при розробці нормативно-технічної документації з охорони ґрунтів від забруднень, а також при контролі стану ґрунтів.

Контроль стану ґрунтів здійснюється за спеціальними методиками санітарними лікарями, санітарно-епідеміологічними станціями, а контроль хімічних забруднень, котрі викликають підкислення та підлуження ґрунтів – агрохімічними лабораторіями та органами охорони природи.

1.3.3.2 Нормування кількості токсичних речовин на території підприємства

Нормативи накопичення токсичних відходів на території підприємства встановлюються на основі сукупності показників, що включають розміри території складування, токсичність і хімічну активність з'єднань, що є присутніми у відходах. Для цього також існує ряд формул, хоча принципи такого нормування і загальні підходи до нього можуть варіюватися в регіонах з різними ґрунтовими і кліматичними умовами.

Звичайно нормуються два показники: гранична кількість токсичних промислових відходів на території підприємства і граничний зміст токсичних з'єднань у промислових відходах.

Гранична кількість відходів на території підприємства – це їхня така кількість, яку можна розміщати за умовами, що можливе виділення шкідливих речовин у повітря не перевищить 30% від ГДК_{рз}. При цьому речовини, найбільш небезпечні і навіть що зберігаються в герметичній тарі, а також токсичні відходи очисних споруджень віддаляються з території підприємства протягом доби. Тверді сипучі відходи, що зберігаються в контейнерах, пластикових пакетах і паперових мішках, віддаляються протягом двох діб.

Гранична кількість відходів і їх подальшу участь визначають шляхом вимірів змісту токсичних речовин у повітрі (з урахуванням ефекту сумації), одержанням середньозваженої концентрації і поділом її на відповідне значення ГДК (точніше – 30 % від ГДК_{рз}).

Якщо $C/(0,3ГДК_{рз}) > 1$, то кількість відходів є граничним, і вони підлягають негайному видаленню.

Граничний зміст токсичних з'єднань у відходах визначає клас небезпеки цих відходів. Тут використовуються складні багатоступінчасті розрахунки, кінцевою метою яких є встановлення ГДК токсичних речовин у загальній масі відходів. У розрахункових формулах використовуються: середня летальна доза ЛД₅₀, коефіцієнт розчинності досліджуваного шкідливого компонента, його летючість і деякі проміжні показники, зокрема сумарний індекс небезпеки всіх компонентів у відходах.

Контроль забруднення ґрунтів здійснюється переважно в умовах населених пунктів органами санітарної епідеміологічної служби і включає: *попереджувальний* нагляд, що полягає в апробації генеральної схеми очищення і проектів споруджень по очищенню і знешкодженню твердих промислових і побутових відходів, і *поточний* – з метою забезпечення санітарної охорони ґрунту, своєчасного збору і видалення промислових відходів і вторинної сировини. Під контролем санітарної служби знаходиться не тільки збір, але і транспортування відходів, узгодження місць їхнього поховання і переробки.

Крім того, існує ряд додаткових показників санітарного стану ґрунту (табл. 1.9), обумовлених як на території виробничих підприємств, так і населених пунктів.

До них відносяться:

- Санітарно-фізико-хімічна оцінка, що стосуються в основному ґрунтових фільтрів (санітарне число, кислотність, біохімічне споживання кисню, окиснювальність, зміст сульфатів, хлоридів і ін.);
- Санітарно-ентомологічна оцінка – чисельність синантропних (зв'язаних з житлом і побутом) комах, у першу чергу – мух у всіх фазах їхнього розвитку: дорослі особи, личинки, лялечки;
- Санітарно-гельмінтологічна оцінка, що характеризує наявність у ґрунті в місцях, що відвідується населенням, гельмінтів (хробаків, що паразитують в органах людини, тварин і рослин – цестод, нематод, трематод і ін.);

- Санітарно-бактеріологічна оцінка, що включає наявність бактерій кишкової групи, а також інших мікроорганізмів, що викликають захворювання людини і домашніх тварин.

Таблиця 1.9 – Номенклатура показників санітарного стану ґрунтів

Показник	Властивості ґрунту
Санітарне число	Санітарно-хімічні
Азот амонійний, мг/кг	Також
Азот нітратний, мг/кг	Також
Хлориди, мг/кг	Також
Пестициди, мг/кг	Також
Важкі метали, мг/кг	Також
Нафта і нафтопродукти, мг/кг	Також
Феноли летучі, мг/кг	Також
Сірчисті з'єднання, мг/кг	Також
Канцерогенні речовини, мг/кг	Також
Добрива (залишкові кількості), мг/кг	Також
pH	Також
Радіоактивні речовини	Також
Термофільні бактерії, титр	Санітарно-бактеріологічні
Бактерії групи кишкових у паличок, коло-титр	Також
Патогенні мікроорганізми (за епідеміологічними показниками), титр	Також
Яйця і личинки гельмінтів життєздатні, екз/кг ґрунту	Санітарно-гельмінтологічна
Личинки і лялечки синантропних мух, екз/кг ґрунту	Санітарно-ентомологічні

1.3.3.3 Нормування забруднювачів у харчових продуктах

Шкідливі речовини можуть надходити в продукти харчування (і далі – в організм людини) різними шляхами: із ґрунту через кореневі системи рослин, з повітря – через наземний асиміляційний апарат (листя), а також в результаті контакту при проведенні захисних хімічних обробок рослин проти шкідників і захворювань. В усіх випадках ці речовини далі включаються в харчові ланцюги, наприкінці яких, як ми знаємо, і знаходиться людина.

Основним обмежувальним нормативом є допустима кількість (ДЗК) шкідливої речовини в продуктах харчування або у врожаю в період його збору (табл. 1.7).

ДЗК виражається в г/кг або мг/1 кг кормових або харчових продуктів. Слід зазначити, що отрутохімікати також мають усі токсикометричні характеристики, що ми розглядали вище для атмосферного повітря і води, включаючи гранично допустимі концентрації.

Нормування забруднення речовин по впливу на рослини

Рослини – фотосинтетики, що відкривають харчові ланцюги в екосистемах, в не меншому ступені, чим інші живі організми, чуттєві до присутності в навколишньому середовищі забруднюючих речовин. Численні факти зниження продуктивності і загибелі деревних, чагарникових і трав'янистих рослин унаслідок забруднення повітря, води, ґрунти добре відомі. Тому нормування змісту ксенобіотиків стосовно до рослин – важлива, хоча і важка, до кінця поки не вирішена задача.

Труднощі полягають, по-перше, у тім, що різні види рослин, які спільно ростуть у різному ступені (одні – більш, інші – менш) стійкі до тих самих речовин. Тому в екосистемі діапазон загальної стійкості даного трофічного рівня досить широкий. По-друге, стійкість залежить від умов місця мешкання, тобто від режимів екологічних факторів (наприклад, збільшення освітленості, мінерального харчування): деякі з них можуть бути лімітованими або песимальними. По-третє, одна і та ж рослина (особина) у різному ступені стійка до тих чи інших речовин у різні періоди свого розвитку: розпускання листів, бутонізація і цвітіння, дозрівання насіння і т. п. По-четверте, різні фізіологічні процеси в рослині неоднаково уразливі для забруднюючих речовин, і необхідно як тест вибрати найбільш демонстративну властивість.

Таким найбільш чуттєвим до перешкод процесом вважається фотосинтез, що визначає продукцію екосистеми. До дійсного часу встановлені максимальні разові і середньодобові ГДК дванадцяти забруднюючих речовин у повітрі для рослин, включаючи деревні (табл. В.3 додатка В).

Питання для самоперевірки та обговорення *

1. Охарактеризуйте умови роздільного нормування шкідливих речовин в атмосферному повітрі.
2. Дайте стисло схему нормування домішок у повітрі в зв'язку з їх переносом і розсіюванням, а також з токсикологічними принципами.
3. Розкрийте методи визначення гранично допустимих концентрацій у повітрі.
4. Дайте класифікацію критеріям водокористування.
5. Охарактеризуйте умови нормування шкідливих речовин в водних об'єктах.
6. Стисло наведіть склад і властивості води в проточних та непроточних водних об'єктах.

7. * Які критерії при нормуванні забруднювачів у воді Ви знаєте?
8. Охарактеризуйте ступінь забруднення води в залежності від категорій водокористування.
9. Дайте визначення основним напрямкам нормування забруднювачів у ґрунті.
10. Розкрийте сутність нормування шкідливих речовин в орному шарі ґрунту сільськогосподарських угідь.
11. Дайте визначення термінам «допустима залишкова кількість» та «тимчасово допустима концентрація» і їх методи визначення.
12. Розкрийте сутність нормування кількості токсичних речовин на території підприємства.
13. * Які додаткові показники санітарного стану ґрунту Ви знаєте?
14. Розкрийте сутність нормування забруднювачів у харчових продуктах.

1.4 ПРИКЛАДНЕ ЗАСТОСУВАННЯ НОРМ САНІТАРНО-ГІГІЄНИЧНОГО НОРМУВАННЯ

Студент за допомогою матеріалу, викладеному в даному підрозділі, повинен знати: класифікацію викидів в атмосферу та схему їх інвентаризації; принципи розрахунку розсіювання шкідливих речовин в атмосфері від викидів промислових підприємств; класифікацію стічних вод та методику розрахунку умов їх скиду в водні об'єкти; поняття санітарно-захисної зони та її визначення.

1.4.1 Класифікація та інвентаризація викидів в атмосферу

Викиди характеризуються кількістю забруднюючих речовин, їх хімічним складом, концентрацією, агрегатним станом.

Викиди класифікуються наступним чином:

- По організації відводу і контролю – на організовані і неорганізовані;
- По режиму здійснення – на неперервні і періодичні;
- По температурі – на нагріті (у який температура пилогазових сумішей вище температури зовнішнього повітря) і холодні;
- З урахуванням сфери утворення – в основному, допоміжному і підготовчому виробництві;
- По ознаках очищення – що викидаються без очищення (організовані і неорганізовані) і після очищення (організовані);
- По хімічному складу і розмірам (дисперсії) часток.

При цьому, організовані промислові викиди – це викиди, що надходять в атмосферу через спеціально споруджені газоходи, повітропроводи та труби. А неорганізовані викиди надходять в атмосферу у вигляді ненаправлених потоків внаслідок порушення герметизації, невиконання вимог охорони атмосфери при навантаженні та розвантаженні вантажів, порушенні технології виробництва або несправності обладнання.

Технологічний викид шкідливих речовин – це кількість шкідливих речовин, що викидаються в атмосферу основним виробництвом підприємства, тобто тією частиною виробничого процесу, у ході якого основні матеріали перетворюються в готову продукцію, що займає переважне місце в загальному випуску.

Крім того, використовується такий показник, як звісно статистичний (фактичний) питомий викид, тобто фактичний питомий (на одиницю продукції, що випускається,) викид шкідливої речовини на діючому підприємстві.

За агрегатним станом викиди поділяються на 4 класи: I – газоподібні та пароподібні, II – рідкі, III – тверді, IV – змішані.

За величиною маси викиди об'єднані в 6 груп, т/доб: 1 група – маса менше 0,01 включно; 2 група – від 0,01 до 0,1; 3 група – від 0,1 до 1; 4 група – від 1 до 10; 5 група – від 10 до 100; 6 група – понад 100.

Існують класифікації як викидів і скидів, так і їхніх джерел. Наприклад, джерела викидів шкідливих речовин в атмосферу класифікують по висоті (табл. 1.10).

Таблиця 1.10 – Класифікація джерел забруднення за ОНД-86*

Клас	Висота устя над рівнем землі Н, м	Види джерел
I – високі	Більш 50	Труби ТЕЦ, підприємства й ін.
II – середньої висоти	10-20	Труби, аераційні ліхтарі будинків, вентиляційні установки
III – низькі	2-10	Труби, аераційні ліхтарі будинків, вентиляційні установки
IV – наземні	Менш 2	Палаючі і гниючі смітники, двигуни й інше технологічне устаткування

Примітка: *ОНД-86 – нормативний документ Держкомгідромету 1986 року: Методика розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин, що містяться у викидах підприємств (станом на 01.01.2024 чинний).

Крім того, розрізняють точкові джерела (труби) і лінійні (аераційні ліхтарі на будинках або близько розташовані труби одного класу висоти).

Викиди підлягають періодичній інвентаризації, під якою слід розуміти систематизацію відомостей про розподіл джерел викидів на території об'єкта, їх кількість та склад (рис. 1.5).

Метою інвентаризації є:

- визначення викидів шкідливих речовин, що надходять в атмосферу від об'єктів;
- оцінка впливу викидів на навколишнє середовище;
- встановлення ГДВ або ТПВ;
- вироблення рекомендацій з організації контролю викидів;
- оцінка стану очисного обладнання та екологічності технології та виробничого обладнання;
- планування черговості природоохоронних заходів.

Інвентаризація здійснюється один раз на 5 років згідно з Інструкцією з інвентаризації викидів забруднюючих речовин в атмосферу. Джерела забруднення атмосфери визначаються виходячи зі схем виробничого процесу підприємства. Для діючих підприємств контрольні точки приймаються по периметру санітарно-захисної зони. Заміри параметрів викидів здійснюються працівниками лабораторії підприємства або лабораторії санітарно-епідеміологічної станції.

Основними параметрами, які характеризують викиди забруднюючих речовин в атмосферу, є вид виробництва, джерело виділення шкідливих речовин, джерело викиду, число джерел викидів, координати розташування викиду, висота джерела викиду, діаметр устя труби, параметри газоповітряної суміші на виході з джерела викиду (швидкість, об'єм, температура), характеристика газоочисних пристроїв, види та кількість шкідливих речовин тощо.

Шкідливі речовини, що потрапляють в атмосферу від промислових та транспортних підприємств, енергетичних установок, транспортних засобів, розчиняються в повітрі та переносяться рухомими потоками повітря на великі віддалі. Розсіювання забруднень приводить до зниження концентрації шкідливих речовин у зонах їх викиду та до одночасного збільшення площ із забрудненим повітрям.

На характер поширення шкідливих речовин в атмосфері та на величину зон забруднення впливають метеорологічні умови (горизонтальний та вертикальний рух мас повітря, його швидкість, температура, вологість, дощ, сніг, наявність хмар).

Крім метеорологічних факторів, на розсіювання забруднень впливає рельєф місцевості, наявність лісів, водоймищ, гір тощо. На забрудненість міст та населених пунктів впливають їх планування та озеленення.

Розрахунок забруднення атмосфери викидами промислових підприємств виконується згідно з Методикою розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин, що містяться у викидах підприємств (ОНД-86) або за збірником методик розрахунку викидів в атмосферу забруднюючих речовин.

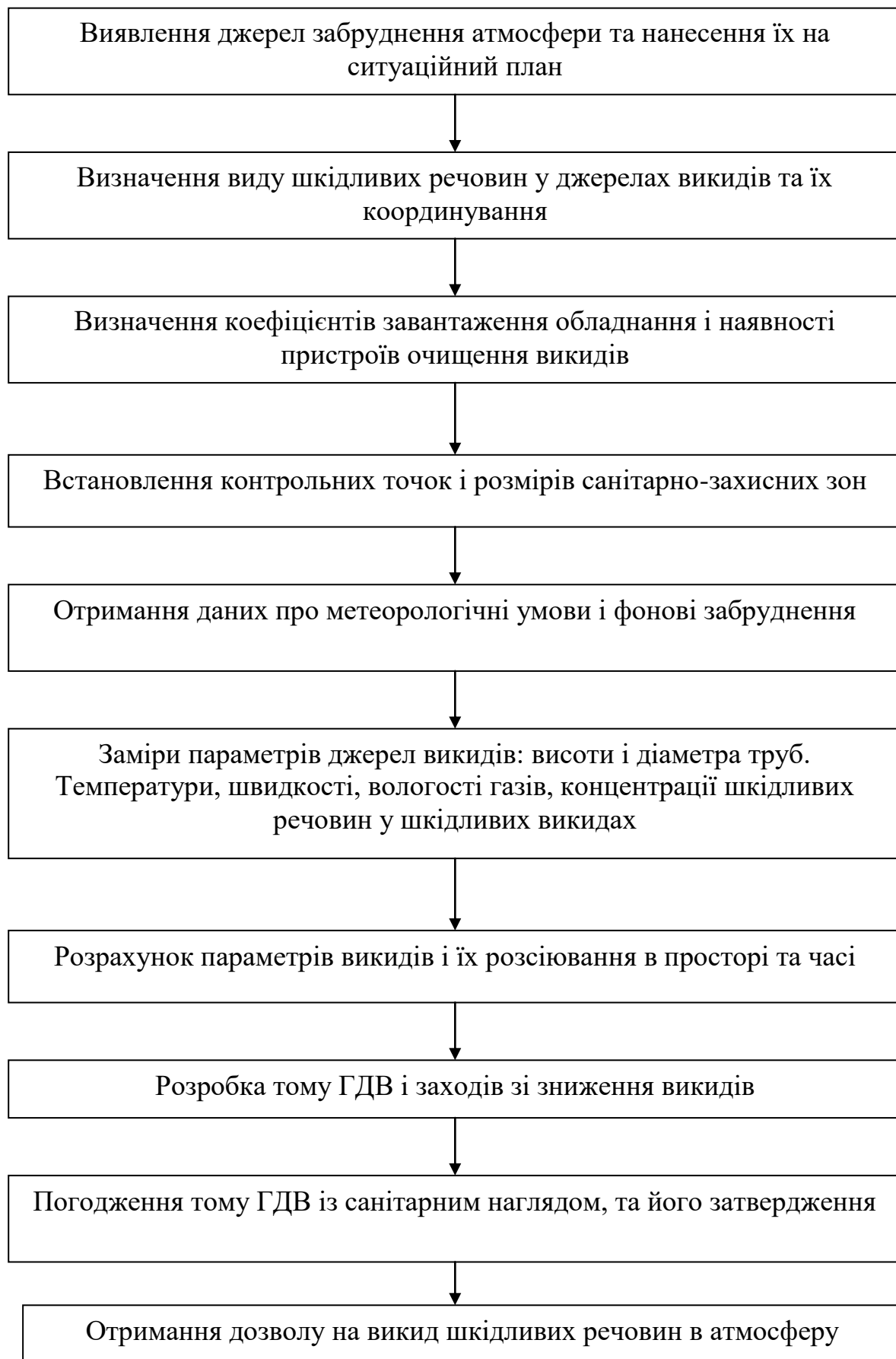


Рисунок 1.5 – Послідовність інвентаризації викидів у атмосферу

1.4.2 Пилогазові викиди

Розсіювання газових домішок в атмосфері використовують для зниження небезпечних концентрацій домішок до відповідного рівня ГДК. Виходячи з досвіду, в приземному шарі атмосфери поблизу великих енергетичних установок (ДРЕС, ТЕС, ТЕЦ) та других підприємств концентрація шкідливих речовин в відхідних газах може перевищувати гранично допустимі норми, незважаючи на всі використані засоби очистки газів та екологізацію технологічних процесів.

Розсіювання пилогазових викидів здійснюється за допомогою високих димових труб. Чим вище труба, тим більше її ефект розсіювання. На деяких підприємствах висота димової труби досягає більше 300 м. Наприклад, на мідно-нікелевому комбінаті в м. Садбері (Канада) висота труби 407 м. Значну висоту (не менше 100 м) мають вентиляційні (викидні труби) на АЕС для розсіювання радіоактивних викидів.

Але слід признати, що розсіювання шкідливих речовин в атмосфері – це далеко не саме краще вирішення проблем пов'язаних із забрудненням повітряного басейну. На думку А.Гора (1993), «використання високих димових труб, хоч це і допомогло зменшити локальне димове забруднення, ускладнило в той же час регіональні проблеми випадання кислотних дощів. Чим вище від поверхні землі відбувається викид забруднюючих газів, тим далі від свого джерела вони розповсюджуються».

Таким чином, розсіювання шкідливих речовин в атмосфері – це тимчасовий, вимушений захід, яке здійснюється внаслідок того, що існуючі очисні споруди не забезпечують повної очистки викидів від шкідливих речовин.

При розрахунку умов розсіювання в атмосфері викидів промислових підприємств необхідно керуватися «Вказівками з розрахунку розсіювання в атмосфері викидів підприємств» СН 369-74 (було замінено на ОНД-86). Ці вказівки поширюються на усі види викидів незалежно від їхнього складу, температури, географічної широти місця розташування промислових підприємств за умови розсіювання забруднень над рівною або слабо пересіченою місцевістю.

1. Розрахунок параметрів розсіювання викиду від одинарного джерела

а) Нагрітий викид

Величина максимальної приземної концентрації шкідливої речовини на відстані X_m від джерела при небезпечній швидкості вітру U_m визначається за формулою (1.17):

$$C_M = \frac{AMF\eta mn}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \Delta T}}, \text{ мг/м}^3 \quad (1.17)$$

де A – коефіцієнт, що визначає умови вертикального і горизонтального розсіювання шкідливих речовин в атмосфері, $\text{с}^{1/3}\text{м}^3\text{град}^{1/3}/\text{г}$ (для субтропічної зони Середньої Азії – 240; для Казахстану, Кавказу, Молдови, Сибіру, Далекого Сходу, і інших районів Середньої Азії – 200; для Уралу й України – 160);

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

M – фактичний викид шкідливої речовини в атмосферу, г/с;

H – висота джерела викиду, м;

F – безрозмірний коефіцієнт, що враховує швидкість осідання шкідливих речовин в атмосферному повітрі (для газів $F = 1$; для пилу при ККД очисних споруд більше 90% $F = 2$; при ККД від 75% до 90% $F = 2,5$; при ККД менше 75% $F = 3$);

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

V_I – витрата газоповітряної суміші, $\text{м}^3/\text{с}$;

ΔT – Різниця між температурою газу T_g і температурою атмосферного повітря $T_n, ^\circ\text{C}$. Значення T_g визначаються шляхом технологічного розрахунку; температуру повітря T_n приймають рівною його середній температурі о 13 годині найбільш спекотного місяця.

Примітка:

1. При визначенні T_g повинні враховуватися підсмоктування повітря та охолодження викидів у випадках застосування мокрого пило- та газоочищення;
2. Для котельень, що працюють за опалювальним графіком, допускається при розрахунках приймати значення T_n рівними середній температурі повітря за самий холодний період

Методика розрахунку коефіцієнту η

Безрозмірний коефіцієнт η приймається рівним 1, якщо в радіусі п'ятдесяти висот труб H від джерела перепад відміток місцевості не перевищує 50 м на 1 км. В інших випадках поправка на рельєф встановлюється на підставі картографічного матеріалу, що висвітлює рельєф місцевості в радіусі п'ятдесяти висот труб H від джерела, але не менше 2 км.

Якщо в районі розташування джерела викидів (підприємства) можна виявити окремі ізольовані перепони, витягнені в одному напрямку (пасма, гребені, балки, виступи), то коефіцієнт η розраховується наступним чином:

$$\eta = 1 + \varphi_1 \left(\frac{|x_0|}{a_0} \right) (\eta_m - 1), \quad (1.18)$$

де η_m – визначається за табл. 1.11 в залежності від форм рельєфу, поперечні перетини котрих подано на рис.1.6, та безрозмірних величин $n_l =$

H/h_0 і $n_2 = a_0/h_0$, де n_1 – визначається з точністю до десятих, а n_2 – з точністю до цілих.

Таблиця 1.11 – Значення η_m в залежності від n_1 і n_2

n_1	n_2								
	6-9	10-15	16-20	6-9	10-15	16-20	6-9	10-15	16-20
	Балка (впадина)			Виступ			Гребінь (пагорб)		
0,5	2,0	1,6	1,3	1,8	1,5	1,2	1,5	1,4	1,2
0,6-1,0	1,6	1,5	1,2	1,5	1,3	1,2	1,4	1,3	1,2
1,0	1,5	1,4	1,1	1,4	1,2	1,1	1,3	1,2	1,0

Прийняти позначення: H – висота джерела, h_0 – висота (глибина) перепоны; d_0 – напівширина пасма, гребеня, балки або протяжність бічного схилу виступу; a_0 – відстань від середини перепоны (для пасма або балки) та від верхньої кромки схилу (для виступу) до джерела згідно з рис. 1.6. Значення функції $\varphi_1(x_0/a_0)$ визначається за відповідним графіком на рис. 1.6, розташованим над поперечними перетинами вказаної форми рельєфу. Якщо джерело розташоване на верхньому плато виступу, то в якості аргументу функції φ_1 замість x_0/a_0 приймається x_0/a_0 , як показано на рис. 1.6.

Якщо перепоны являє собою пасма (балки), витягнені в одному напрямку, то параметри h_0 та a_0 визначаються для поперечного перетину, перпендикулярного цьому напрямку. Якщо ізольована перепоны являє собою окремі пагорби або впадини, то h_0 вибирається таким, що відповідає максимальній (мінімальній) відстані перепоны, а n_2 – максимальній крутизні схилу, зверненого до джерела.

Якщо джерело викиду потрапляє в зону впливу декількох ізольованих перепоны, то слід визначити коефіцієнти поправок для кожної окремої перепоны і використати максимальні. У випадках, коли перепоны мають більшу крутизну ($n_2 \leq 5$), а також коли рельєф місцевості настільки складний, що не вдається виділити залежність поправки η від віддалі джерела до перепоны з врахуванням затухання їх впливу, поправки на рельєф встановлюються геофізичною обсерваторією.

Коефіцієнт m залежить від параметра f і визначається за формулою (1.19):

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f} + 0,1 \cdot \sqrt{f}} \quad (1.19)$$

Параметр f визначається за допомогою виразу (1.20):

$$f = \frac{1000 \cdot W_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T} \quad (1.20)$$

де W_0 – середня швидкість виходу газоповітряної суміші з джерела викиду, м/с; D – діаметр устя джерела викиду, м. Інші величини такі ж самі що й у формулі (1.17).

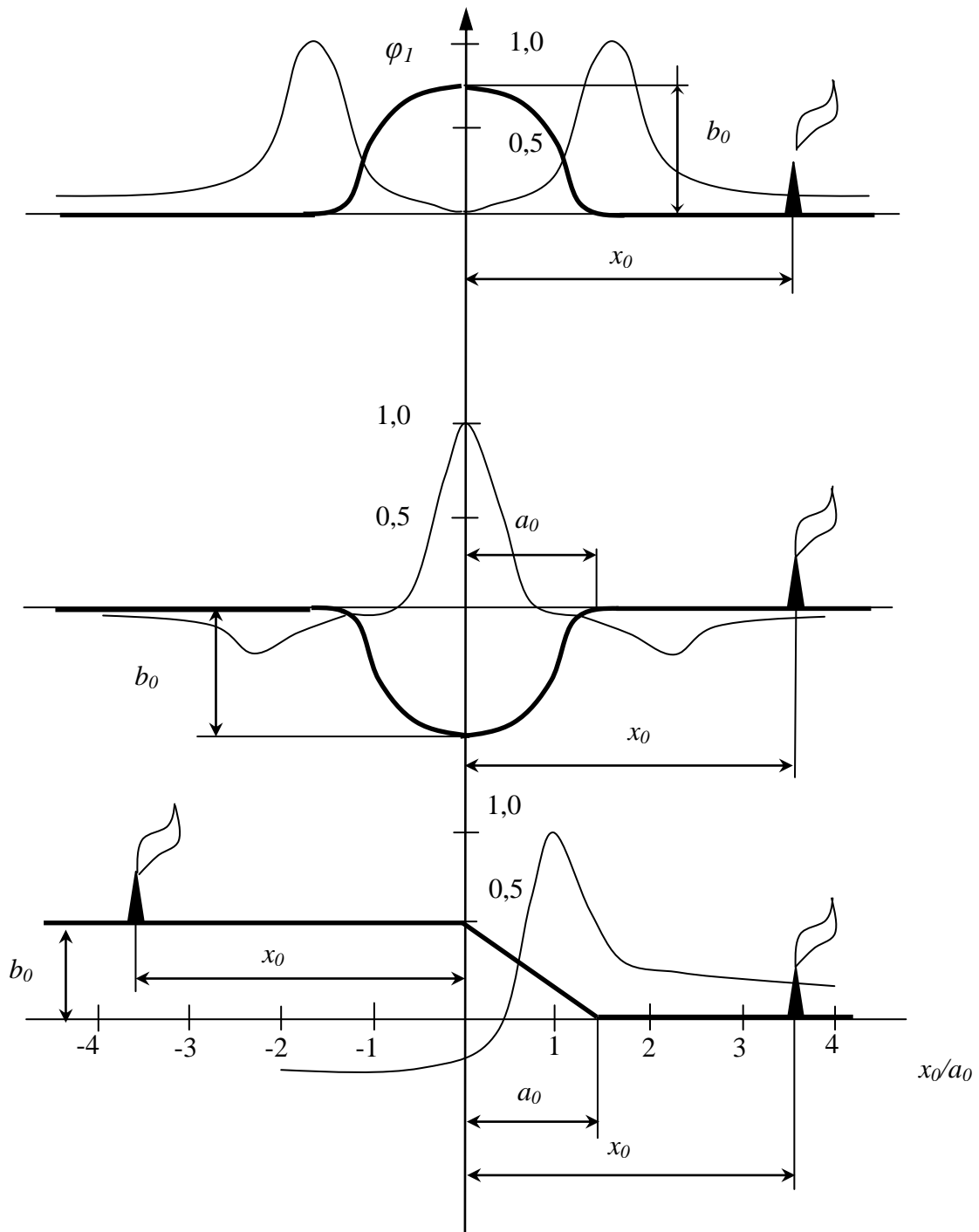


Рисунок 1.6 – Форми поперечного перетину рельєфу та вид функції

Значення коефіцієнта n визначається в такий спосіб:

при $V_m \leq 0,3$

$$n = 3$$

при $0,3 < V_m \leq 2$

$$n = 3 - \sqrt{(V_m - 0,3) \cdot (4,36 - V_m)}$$

при $V_m > 2$

$$n = 1$$

При цьому коефіцієнт V_m визначається наступним чином:

$$V_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}} \quad (1.21)$$

Витрата пилогазової суміші розраховується за формулою (1.22):

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot W_0 \quad (1.22)$$

Величина максимальної приземної концентрації шкідливої речовини при несприятливих метеорологічних умовах спостерігається уздовж осі факелу викиду на відстані X_m від джерела.

Значення X_m визначається за формулою (1.23):

$$X_m = dH \quad , \quad (1.23)$$

де d – безрозмірна величина, що визначається в такий спосіб:

при $V_m \leq 2$

$$d = 4,95V_m \left(1 + 0,28\sqrt[3]{f}\right) \quad ;$$

при $V_m > 2$

$$d = 7\sqrt{V_m} \left(1 + 0,28\sqrt[3]{f}\right)$$

Якщо коефіцієнт $F \geq 2$, то величина X_m визначається за формулою (1.24):

$$X_m = \frac{5 - F}{4} dH \quad (1.24)$$

Величина небезпечної швидкості вітру U_m , м/с, на рівні флюгера (10 м від рівня землі), при якій спостерігається найбільше значення приземної концентрації шкідливої речовини в повітрі C_m , приймається:

при $V_m \leq 0,5$

$$U_m = 0,5 \quad ;$$

при $0,5 < V_m \leq 2$

$$U_m = V_m \quad ;$$

при $V_m > 2$

$$U_m = V_m \left(1 + 0,12\sqrt[3]{f}\right)$$

Якщо швидкість вітру u відрізняється від небезпечної швидкості вітру U_m , то максимальна величина приземної концентрації шкідливої речовини C_{mn} визначається за формулою (1.25):

$$C_{mn} = rC_m \text{ , мг/м}^3 \quad , \quad (1.25)$$

де r – безрозмірний коефіцієнт, що визначається в залежності від співвідношення u/U_m в такій спосіб:

при $u/U_m \leq 1$

$$r = 0,67\left(\frac{u}{U_m}\right) + 1,67\left(\frac{u}{U_m}\right)^2 - 1,34\left(\frac{u}{U_m}\right)^3 ;$$

при $u/U_m > 1$

$$r = \frac{3\left(\frac{u}{U_m}\right)}{2\left(\frac{u}{U_m}\right)^2 - \left(\frac{u}{U_m}\right) + 2}$$

Відстань від джерела викиду X_{mn} , на якому при швидкості вітру u приземна концентрація шкідливої речовини досягне максимального значення $C_{мп}$, визначається за формулою (1.26):

$$X_{mn} = pX_m , \quad (1.26)$$

де p – безрозмірний коефіцієнт, що визначається в залежності від співвідношення u/U_m в такій спосіб:

при $u/U_m \leq 0,25$

$$p = 3$$

при $0,25 < u/U_m \leq 1$

$$p = 8,43\left(1 - \frac{u}{U_m}\right)^5 + 1 ;$$

при $u/U_m > 1$

$$p = 0,32\left(\frac{u}{U_m}\right) + 0,68$$

Величини приземних концентрацій шкідливої речовини в атмосферному повітрі уздовж осі факела викиду на різних відстанях від джерела визначаються за наступною формулою (1.27):

$$C_x = s_1 C_{mn} , \quad (1.27)$$

де s_1 – безрозмірний коефіцієнт, що визначається в такій спосіб:

при $x/X_{mn} \leq 1$

$$s_1 = 3\left(\frac{x}{X_{mn}}\right)^4 - 8\left(\frac{x}{X_{mn}}\right)^3 + 6\left(\frac{x}{X_{mn}}\right)^2 \quad (1.28)$$

при $1 < x/X_{mn} \leq 8$

$$s_1 = \frac{1,13}{0,13 \left(\frac{x}{X_{mn}} \right)^2 + 1} \quad (1.29)$$

при $x/X_{mn} > 8$ і якщо $F = 1$ величина s_1 визначається за формулою

$$s_1 = \frac{\frac{x}{X_{mn}}}{3,58 \left(\frac{x}{X_{mn}} \right)^2 - 35,2 \left(\frac{x}{X_{mn}} \right) + 120} \quad (1.30)$$

при $x/X_{mn} > 8$ і якщо $F \geq 2$ величина s_1 визначається за формулою

$$s_1 = \frac{1}{0,1 \left(\frac{x}{X_{mn}} \right)^2 + 2,47 \left(\frac{x}{X_{mn}} \right) - 17,8} \quad (1.31)$$

У формулах (1.28) – (1.31) величина x – поточна координата по осі факелу викиду, м.

Приблизний графік функції $C_x = f(x)$ приведено на рис. 1.7.

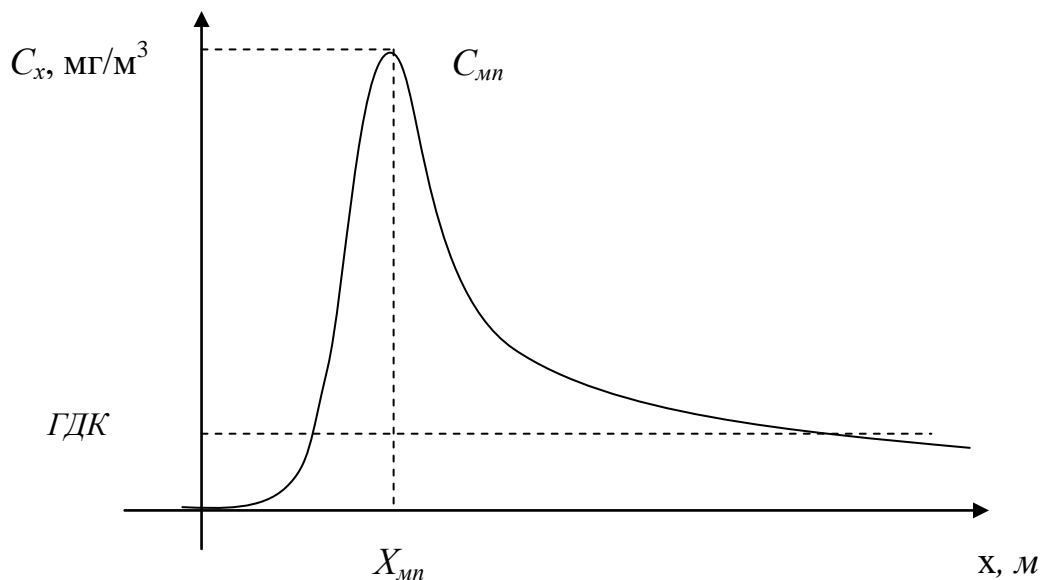


Рисунок 1.7 – Графік функції $C_x = f(x)$

Для розрахунку розподілу приземної концентрації шкідливої речовини в атмосфері уздовж осі факела викиду необхідно підставляти у формули (1.28) – (1.31) різні значення x . При цьому необхідно попередньо знайти граничні значення x , при яких концентрація шкідливої речовини C дорівнює ГДК, тобто визначити довжину зони викиду.

Величина приземної концентрації шкідливої речовини в атмосфері C_y на відстані y по перпендикуляру до осі факела викиду визначається за формулою (1.32)

$$C_y = s_2 C_x \quad (1.32),$$

де s_2 – безрозмірний коефіцієнт, що визначається наступним чином:

$$s_2 = \frac{1}{\left[1 + 8,4u \left(\frac{y}{x} \right)^2 \right] \left[1 + 28,2u^2 \left(\frac{y}{x} \right)^4 \right]} \quad (1.33)$$

У формулі (1.33) u – фіксоване значення швидкості вітру, м/с; x – фіксоване значення відстані від джерела по осі факелу викиду, м; y – поточна координата, м.

Приблизний графік функції $C_y = f(y)$ приведено на рис. 1.8.

Для розрахунку розподілу приземної концентрації шкідливої речовини в атмосфері по перпендикуляру на відстані x від джерела необхідно підставляти у формулу (1.33) різні значення y при фіксованих значеннях x та u . При цьому необхідно попередньо визначити значення y , при якому концентрація C_y дорівнює ГДК, тобто ширину зони викиду.

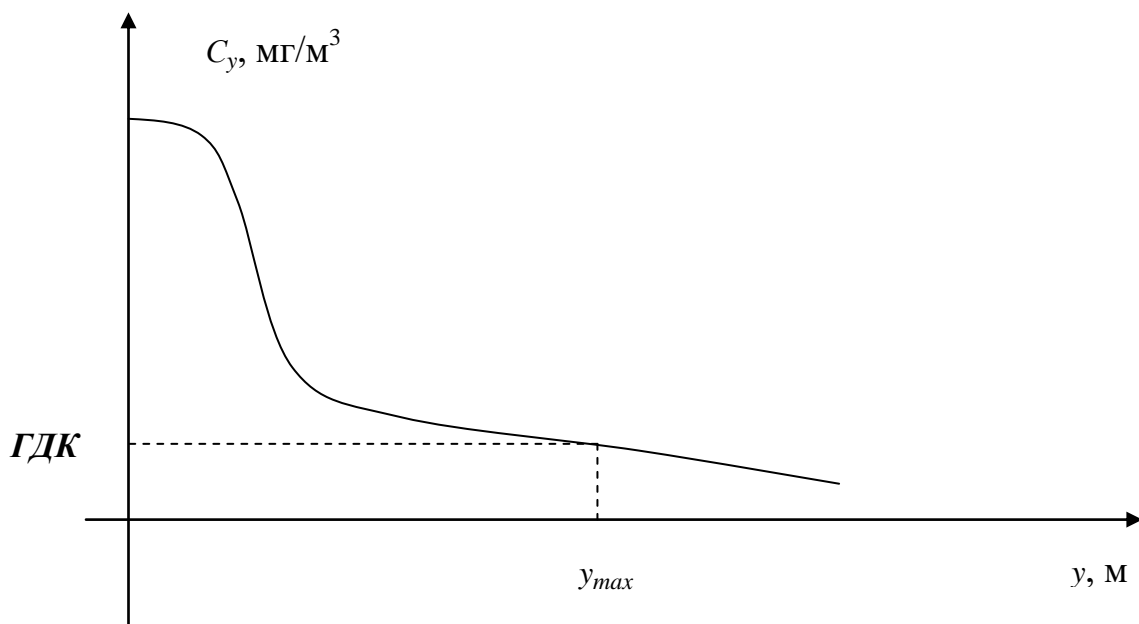


Рисунок 1.8 – Графік функції $C_y = f(y)$

Увага: Для визначення дійсного значення ширини зони необхідно величину y_{max} помножити на два, тобто на рис. 1.8 приведена дзеркальна половина дійсної ширини.

б) Холодний викид

Нагадаємо, що холодним викидом вважається викид, для якого величина ΔT менше або дорівнює нулю.

Величина максимальної приземної концентрації шкідливої речовини на відстані X_m від джерела при небезпечній швидкості вітру U_m визначається за формулою (1.34):

$$C_m = AFMn \frac{K}{H^{4/3}}, \quad \text{мг/м}^3, \quad (1.34)$$

Позначення ті ж, що й у формулі (1.17), K – безрозмірний коефіцієнт, що визначається за формулою:

$$K = \frac{D}{8V_1}, \quad (1.35)$$

Методика розрахунку розсіювання шкідливих речовин в атмосферному повітрі аналогічна вище згаданій при нагрітому викиді. За винятком, визначення небезпечної швидкості вітру при $V_m > 2$. У цьому випадку $U_m = 2,2V_m$.

V_m у свою чергу визначається за формулою:

$$V_m = 1,3 \frac{W_0 D}{H}, \quad (1.36)$$

Безрозмірний коефіцієнт d при холодному викиді визначається за наступними виразами:

$$\text{При } V_m \leq 2 \quad d = 11,4 V_m \text{ та при } V_m > 2 \quad d = 16,1 V_m$$

в) Прямокутне устя джерела викиду.

Для джерел із прямокутним устям розрахунок здійснюється аналогічно за вищевказаною методикою, при цьому: $D = D_e$ і $V_1 = V_e$.

Середня швидкість виходу в атмосферу газоповітряної суміші визначається за формулою:

$$W_0 = \frac{V_1}{Lb}, \quad \text{м/с} \quad (1.37)$$

де L – довжина устя, м; b – ширина устя, м.

Ефективний діаметр D_e обчислюється за формулою:

$$D_e = \frac{2Lb}{L+b}, \quad \text{м} \quad (1.38)$$

Ефективний обсяг виходу в атмосферу газової суміші розраховується за формулою:

$$V_e = \frac{\pi D_e^2}{4} W_0 \quad (1.39)$$

2. Розрахунок розсіювання викидів від декількох джерел

При виконанні цих розрахунків необхідно враховувати наступні варіанти:

1) Усі викиди містять один інгредієнт:

Тоді максимальна приземна концентрація від усіх джерел повинна дорівнювати сумі максимальних приземних концентрацій від кожного джерела:

$$C_m = C_{m1} + C_{m2} + \dots + C_{mn} \quad (1.40)$$

2) Усі викиди містять різні інгредієнти, що володіють сумациєю:

Тоді необхідно створити такі умови розсіювання, щоб виконувалася умова (1.41):

$$q = \sum_{i=1}^n \frac{C_{mi}}{ГДК_i} \leq 1 \quad (1.41)$$

Розрахунок спрощується, якщо всі речовини, що містяться у викидах і характеризуються односпрямованою дією, перерахувати на одну речовину:

$$M = M_1 + M_2 \frac{ГДК_1}{ГДК_2} + \dots + M_n \frac{ГДК_1}{ГДК_n} \quad (1.42)$$

3) Усі викиди містять різні інгредієнти, що володіють різними характеристиками дії.

У цьому випадку розрахунок умов розсіювання виконується для кожної речовини окремо.

Кожний із трьох варіантів варто розглядати в залежності від розташування джерел викидів. Якщо джерела розташовані близько один від одного, то їх можна звести до однієї точки або до місця розташування головного за потужністю джерела.

Величина C_m від N близько розташованих джерел з рівними параметрами ($H, D, W_0, \Delta T$) визначається наступним чином:

а) для нагрітого викиду:

$$C_m = \frac{AMFmn}{H^2} \sqrt[3]{\frac{N}{V\Delta T}} \quad (1.43)$$

де M – сумарна кількість шкідливих речовин, що викидаються всіма джерелами, г/с;

$V = V_1 N$ – сумарний обсяг газопилової суміші, що викидається всіма джерелами, м³/с.

б) для холодного викиду:

$$C_m = AFMn \frac{K}{H^{4/3}} \quad (1.44)$$

де $K = ND/(8V_{cp})$, та V_{cp} – середній обсяг газопилової суміші ($V_{cp} = V/N$).

Далі розрахунок розсіювання шкідливих речовин в атмосферу для близько розташованих однакових джерел забруднення не відрізняється від розрахунку розсіювання нагрітих і холодних викидів з одинарного джерела.

Виняток складає визначення V_m для нагрітих викидів. При визначенні V_m необхідно скористатися формулою:

$$V_m = 0,653 \sqrt[3]{\frac{V\Delta T}{NH}} \quad (1.45)$$

3. Розрахунок гранично допустимого викиду (ГДВ), мінімальної висоти труби H_{min} і необхідного ступеня очищення X_f .

Якщо в результаті виконаних розрахунків з'ясувалося, що концентрації шкідливих речовин перевищує значення ГДК, то необхідно розрахувати величину ГДВ шкідливої речовини, при якій у приземному шарі забезпечується концентрація не більше чим ГДК.

а) для нагрітого викиду

$$ГДВ = \frac{H^2 ГДК \sqrt[3]{V_1 \Delta T}}{AFmn} \quad , \text{ г/с} \quad (1.46)$$

У цьому випадку концентрація шкідливої речовини в усті викиду не повинна перевищувати величини:

$$C_{m.уст.} = \frac{ГДВ}{V_1} \quad , \text{ г/м}^3 \quad (1.47)$$

б) для холодного викиду:

$$ГДВ = \frac{8V_1 ГДК H \sqrt[3]{H}}{AFnD} \quad , \text{ г/с} \quad (1.48)$$

$$C_{m.уст.} = \frac{8ГДК H \sqrt[3]{H}}{AFnD} \quad , \text{ г/м}^3 \quad (1.49)$$

в) При декількох джерелах викидів шкідливих речовин величини ГДВ і $C_{m.уст.}$ для кожного з джерел повинні знаходитися за формулами:

$$ГДВ = M, \text{ г/с} \quad (1.50)$$

$$C_{m.уст.} = \frac{M}{V_1}, \text{ г/м}^3 \quad (1.51)$$

де M і V_1 – величина викиду шкідливої речовини та обсяг димових газів, прийнятих при розрахунку від усієї сукупності джерел, при якій максимальна приземна концентрація в атмосфері при несприятливих метеорологічних умовах не буде перевищувати ГДК.

Для забезпечення необхідного ГДВ ефект очищення X_f повинний складати:

$$X_f = 100 - \frac{ГДВ}{M} 100, \quad \% \quad (1.52)$$

Якщо досягти необхідного ефекту очищення за якимось причинами неможливо, то необхідно збільшити висоту труби до величини H_{min} , при якій забезпечується значення максимальної приземної концентрації шкідливих речовин не більше ГДК.

а) Величина H_{min} для нагрітого викиду визначається за формулою (1.53):

$$H_{min} = \sqrt{\frac{AMFmn}{(ГДК - C_{фон})^3 \sqrt{V_1 \Delta T}}}, \text{ м} \quad (1.53)$$

б) Величина H_{min} для холодного викиду визначається за формулою (1.54):

$$H_{min} = \left(\frac{AMFDn}{8V(ГДК - C_{фон})} \right)^{\frac{3}{4}}, \text{ м} \quad (1.54)$$

Якщо розраховані по формулах (1.53) і (1.54) значення H_{min} значно (більше чим на 10 м) відрізняються від заданої висоти труби, то необхідно перерахувати значення m і n і уточнити величину H_{min} .

Якщо з одного джерела викидається кілька речовин, то за висоту викиду приймають найбільшу з величин, що визначають для кожної шкідливої речовини окремо чи для кожної групи речовин з однаковим характером дії.

1.4.3 Стічні води

Загальні положення

Стічні води, що містять розчинені і зважені речовини, що відходять у водні об'єкти, розглядаються як скиди. Скиди розділяються на *неорганізовані*, якщо вони стікають у водний об'єкт безпосередньо з території промислового або сільськогосподарського підприємства, не обладнаного спеціальною каналізацією, наприклад зливовою каналізацією або іншими пристроями для збору, а також на *організовані*, якщо вони відводяться через спеціально споруджені джерела, тобто випуски різної конструкції.

Випуски класифікуються за наступними ознаками:

- По типу водоймища або водостоку, у який надходять стічні води: на річкові, озерні, морські;
- По місцю розташування випуску: *берегові* (розміщені в межах берегової смуги, зокрема в набережних), *руслові* (у виді трубопроводів, виведених у русло ріки для найкращого і швидкого змішування стічної води з природною на найкоротшій відстані від випуску), *глибинні* (до глибини більш 30-40 м – звичайно в непротічні водойми на деякій відстані від берега) і *глибоководні* (на глибину більш 40 м);
- По конструкції розподільної частини: зосереджені, розсіючі і розосереджені;
- По типу оголовки (тобто по конструкції скидного пристрою): отвір або щілини в тілі труби, різного роду циліндричні насадки з відбивачами, конфузорами, що мають за мету більш інтенсивне змішування стічних вод з водами водного об'єкта.

Визначити умови випуску стічних вод у водойму – це, означає, розрахувати допустимий ступінь їхнього забруднення, при якій вони можуть бути спущені в дану водойму і при цьому буде збережена якість води в створі, розташованому на 1 км вище найближчого пункту водокористування, у межах вимог, установлених «Правилами охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами» № 465 від 25 березня 1999 р. (далі «Правила»).

Забороняється випускати стічні води, що містять:

- виробничу сировину, реагенти, напівфабрикати і кінцеві продукти виробництва в кількостях, що перевищують установлені нормативи технологічних втрат;
- речовини, для яких не встановлені гранично допустимі концентрації (ГДК);
- радіоактивні речовини;
- технологічні відходи.

Якщо за якимось причинами не можна уникнути випуску стічних вод у водойму, необхідно розрахунковим шляхом у кожному конкретному випадку визначити умови випуску, що гарантують охорону водного об'єкту від забруднення.

Критеріями забруднення водойми є:

- погіршення якості води в зв'язку зі зміною її органолептичних властивостей;
- поява в ній шкідливих речовин вище ГДК для людей, тварин, птахів, риб, кормових і промислових організмів;
- зміна умов для життєдіяльності водних організмів і підвищення температури води.

Це веде до обмеження або повного виключення однієї чи декількох категорій водокористування (господарсько-питні, спортивно-оздоровчі і рибогосподарські потреби).

Забруднення водойми стічними водами – це така зміна якості води вище пункту водокористування на 1 км, що не відповідає вимогам, запропонованими до якості води водойм «Правилами». Нормування шкідливих речовин у воді водойм, згідно «Правилам», здійснюється по трьох головних показниках шкідливості: органолептичному, загальносанітарному і санітарно-токсикологічному.

З урахуванням приведених положень методика розрахунку умов випуску стічних вод у водойму включає:

- ознайомлення з матеріалами, що характеризують стічні стоки (кількість, склад, властивості і режим випуску);
- ознайомлення з матеріалами, що характеризують водоймище (витрата води, її склад і властивості по сезонах року, швидкість течії, умови перемішування, тривалість підлідного періоду; характер використання водойми нижче місця випуску стічних вод);
- перевірку ступеня змішування і розведення стічної рідини водою водойми в пункту водокористування;
- в умовах поточного санітарного нагляду перевірку відповідності розрахункових величин фактичним ознакам і вивчення впливу випуску стічних вод на якість води у водоймі, водокористування, а в окремих випадках і на здоров'я населення.

Розрахунок умов спуска стічних вод.

а) Кратність розведення.

Кратність розведення показує, у скільки разів стічні води, що надходять, розбавляються водою водойми за час руху від місця скидання до створу, розташованого на 1 км вище пункту водокористування.

Гігієнічне значення цього показника полягає в наступному:

- знаючи кратність розведення і вихідну концентрацію стічних вод, можна орієнтовно установити ступінь забруднення водойми;
- знаючи кратність розведення, визначають умови випуску стічних вод за органолептичними показниками.

Кратність розведення n знаходять розрахунковим шляхом за формулою (1.55):

$$n = \frac{\gamma Q + q}{q} \quad (1.55)$$

де Q – найменша середньогодинна витрата води водойми самого маловодного місяця року з 95% забезпеченістю стоку, що визначається за даними гідрометеослужби або приблизно за формулою (1.56):

$$Q = \frac{SV_{cp}H_{cp}}{2}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (1.56)$$

де S – ширина річки, м;

V_{cp} – середня швидкість течії на ділянці між випуском стічних вод і створом пункту водокористування, м/с;

H_{cp} – середня глибина водойми на тій же ділянці, м.

q – середньогодинна витрата стічних вод, обумовлена технологічними розрахунками і спеціальними вимірами, м³/год;

γ – коефіцієнт змішування, що показує, яка частина води водойми Q бере участь у розведенні кількості стічних вод q , що випускається.

Якщо уся вода ріки бере участь у розведенні стічних вод, то $\gamma = 1$, у всіх інших випадках $\gamma < 1$.

Коефіцієнт γ розраховується за формулою (1.57):

$$\gamma = \frac{1 - \beta}{1 + \frac{Q\beta}{q}} \quad (1.57)$$

де β – проміжний коефіцієнт, що розраховується по наступній формулі:

$$\beta = e^{-\alpha\sqrt[3]{L}} \quad (1.58)$$

де L – відстань по фарватеру від місця випуску стічних вод до створу найближчого пункту водокористування;

α – коефіцієнт, що враховує гідравлічні умови змішування та визначається за формулою (1.59):

$$\alpha = \varepsilon\varphi\sqrt[3]{\frac{E}{q}} \quad (1.59)$$

де ε – коефіцієнт, значення якого залежить від місця випуску стічних вод у водойму (при випуску у берега $\varepsilon = 1$, при випуску у стрижень ріки $\varepsilon = 1,5$);

φ – коефіцієнт звивистості ріки, визначається за формулою (1.60):

$$\varphi = \frac{L}{L_{np}} \quad (1.60)$$

де L_{np} – відстань від місця випуску до найближчого пункту водокористування;

E – коефіцієнт турбулентної дифузії, що для рівнинних рік визначається за формулою (1.61):

$$E = \frac{V_{cp} H_{cp}}{200} \quad (1.61)$$

б) *Розрахунок гранично допустимого скиду (ГДС) і його аналіз з фактичним значенням скиду*

Розрахунок гранично допустимого скиду (ГДС) шкідливих речовин у водні об'єкти здійснюють наступним чином:

$$ГДС = qC_{ст. доп.} \quad (1.62)$$

де $C_{ст. доп.}$ – концентрація забруднюючої речовини в стічних водах, при якій не будуть порушуватися вимоги, запропоновані «Правилами» до якості річкової води в пунктах водокористування, мг/л.

Величина $C_{ст. доп.}$ розраховується за формулою (1.63):

$$C_{ст. доп.} = \frac{Q\gamma}{q} (ГДК - C_p) + ГДК \quad (1.63)$$

де C_p – концентрація шкідливої речовини у воді річки в створі вище місця випуску стічних вод, мг/л.

Величина фактичного скиду визначається за формулою (1.64):

$$M_{факт.} = qC_{ст} \quad (1.64)$$

де $C_{ст}$ – фактична концентрація шкідливої речовини в стічних водах.

Для того, щоб концентрація забруднюючої речовини у водному об'єкті не перевищувала гранично допустимої концентрації, необхідно щоб виконувалася наступна умова:

$$M_{факт.} \leq ГДС \quad (1.65)$$

Таким чином, умова (1.65) гарантує, що якість води у водоймі на 1 км вище пункту водокористування буде відповідати вимогам «Правил».

1.4.4 Санітарно-захисна зона (СЗЗ)

Загальні положення

Захист атмосферного повітря від шкідливих викидів підприємств у значній мірі пов'язаний із влаштуванням санітарно-захисних зон (СЗЗ) і архітектурно-планувальних рішень.

Як ми вже знаємо, домішки, що надходять у повітря від джерел, розсіюються до безпечних концентрацій на визначеній відстані від них. Крім шкідливих речовин, від промислових підприємств можуть бути й інші форми забруднення. Наприклад, високі рівні шуму, вібрації, електромагнітного випромінювання і т.п. (більш докладно будуть розглянуті Розділі 3). Тому санітарні норми вимагають відокремлювати такі підприємства або їхні окремі підрозділи від районів житлової забудови спеціальними вільними територіями, де не можуть розташовуватися житло і суспільні будинки. Такі території навколо підприємств називаються **санітарно-захисними зонами (СЗЗ)** і являють собою території визначеної довжини і ширини, що розташовуються між підприємством або джерелом забруднення і межами зон житлової забудови.

Санітарно-захисна зона – це ділянки землі навколо підприємств, що створюють з метою зменшення шкідливого впливу цих підприємств на здоров'я людини і джерела, що відокремлюють, від житлових або суспільних будинків для захисту населення від впливу шкідливих факторів виробництва.

СЗЗ розміщують з підвітряної сторони підприємства і засаджують деревами і чагарниками. Наприклад, акацією білою, тополею канадською, ялиною колючою, шовковицею, кленом гостролистим, в'язом і т.д. Про ефективність озеленення свідчать наступні дані: хвоя одного гектара ялинового лісу уловлює 32 т пилу, листя букового лісу – 68 т. На відстані 500 м від підприємства при відсутності озеленення забруднення повітря SO_2 , H_2S і NO_2 у 2 рази нижче, ніж у джерела забруднення, а при наявності озеленення нижче – у 3-4 рази. Вони мають вид парків або лісопарків. У цих зонах можна розміщати адміністративно-службові приміщення, склади, гаражі, депо, торгові центри.

СЗЗ не повинні використовуватися для розширення виробництва, розміщення шкіл, зон відпочинку і лікарень. Ці зони повинні бути озеленені й упорядковані. Сьогодні при плануванні міст зеленим зонам і СЗЗ виділено 50% території міста, а ширина СЗЗ збільшується до 5-10 км, при цьому в цих зонах висаджують переважно пилистійки дерева (біла акація, шовковиця, береза, канадська тополя, дуб, сосна, волосський горіх, ялиця, бузина, смородина, липа і т.п.).

Визначення нормативної СЗЗ за значенням коефіцієнта небезпеки підприємства

В залежності від тієї чи іншої категорії небезпечності підприємства здійснюється врахування викидів забруднюючих речовин в атмосферу і

запроваджується періодичність контролю за викидами підприємств, а також призначається санітарно-захисна зона (СЗЗ) від джерела забруднень до житлових районів.

Для визначення категорії небезпечності підприємств використовують дані щодо викидів забруднюючих речовин в атмосферу за формою статистичної звітності 2ТП-повітря. При цьому у цій формі повинне бути розшифрування «вуглеводів» та «інших» і не повинно бути інформації про сумарні викиди шкідливих речовин в атмосферу від групи підприємств.

Категорію небезпечності підприємств (КНП) розраховують за виразом (1.66):

$$КНП = \sum_{i=1}^n \left(\frac{M_i}{ГДК_{c,d}} \right)^{a_i}, \quad (1.66)$$

де M_i – маса викиду i -тої речовини, т/рік;

$ГДК_{c,d}$ – середньодобова гранично допустима концентрація i -тої речовини, мг/м³;

n – кількість шкідливих речовин, які викидаються підприємством і забруднюють атмосферу;

a_i – безрозмірна константа, яка дозволяє порівняти ступінь шкідливості i -тої речовини зі шкідливістю сірчаного газу (визначається за табл. 1.12).

Таблиця 1.12 – Визначення безрозмірної константи у відповідності з класом небезпечності речовини

Константа	Клас небезпечності речовини			
	1	2	3	4
a_i	1,7	1,3	1	0,9

Для розрахунку КНП за відсутності середньодобових значень ГДК використовують значення максимальних разових ГДК або зменшені в десять разів значення ГДК робочої зони забруднюючих речовин.

За величиною КНП підприємства поділяються на 4 категорії небезпечності. Граничні умови для визначення СЗЗ підприємства за категоріями небезпечності наведено в табл. 1.13.

Таблиця 1.13 – Категорії небезпечності підприємств і граничні значення КНП

Категорії небезпечності	Значення КНП	Значення СЗЗ, м
I	$\geq 10^8$	1000
II	$10^8 > КНП \geq 10^4$	500
III	$10^4 > КНП \geq 10^3$	300
IV	$10^3 > КНП \geq 10$	100
V	$КНП < 10$	50

Примітки:

- до першого класу відносяться наступні виробництва: хімічна, нафтопереробна, паперово-целюлозна і металургія, алюмінієві комбінати і мідеплавильні заводи;
- до другого класу – цементні, акумуляторні, гіпсові, вапняні й азбестові заводи;
- до третього класу – керамзитові, скляні, ТЕЦ, заводи залізобетонних виробів, асфальтобетонні, кабельні;
- до четвертого класу – підприємства металообробної промисловості, машинобудівні заводи, електропромисловість;
- до п'ятого класу – підприємства легкої промисловості, консервні, електролампові заводи і т.д.

Уточнення значення СЗЗ

Нормативні значення СЗЗ повинні уточнюватися з урахуванням метеорологічних і кліматичних умов, географічного розташування джерела викиду, його характеру і потужності. СЗЗ уточнюється за методикою розсіювання шкідливих речовин (див. п. 1.4.2).

Також при встановленні довжини СЗЗ враховуються пануючі напрямки вітрів, тобто вона може в залежності від рози вітрів мати різну довжину в різних напрямках, але в будь-якому випадку не нижче мінімальної (нормативної). Згідно ОНД-86, довжина СЗЗ по кожному напрямку від джерела викиду уточнюється за формулою:

$$l = l_0 \frac{P}{P_0} \quad (1.67)$$

де l_0 – нормативна ширину СЗЗ для даного класу підприємства;

P – повторюваність вітрів (в %) у даному напрямку;

P_0 – середньозважена повторюваність вітру для даного регіону (при 8-румбовій розі вітрів дорівнює 12,5 %).

В усіх випадках, коли виявляється, що $P < P_0$, тобто при розрахунку за формулою (1.67) l виявляється нижче встановленої нормативний, приймається $l = l_0$ (рис. 1.9).

Розміри СЗЗ можуть бути зменшені за рахунок технологічних заходів, наприклад, впровадження систем очищення і знешкодження забруднюючих речовин, зниження рівня інших шкідливих виробничих факторів. Іншими словами, забруднення не повинне у встановленій зоні перевищувати діючі нормативи.

Архітектурно-планувальні заходи включають правильне взаємне розміщення джерел викиду і населених місць з урахуванням напрямку вітрів, вибір під забудову промислового підприємства рівного піднесеного місця, що продувається добре вітрами, спорудження автомобільних доріг в обхід населених пунктів і ін.

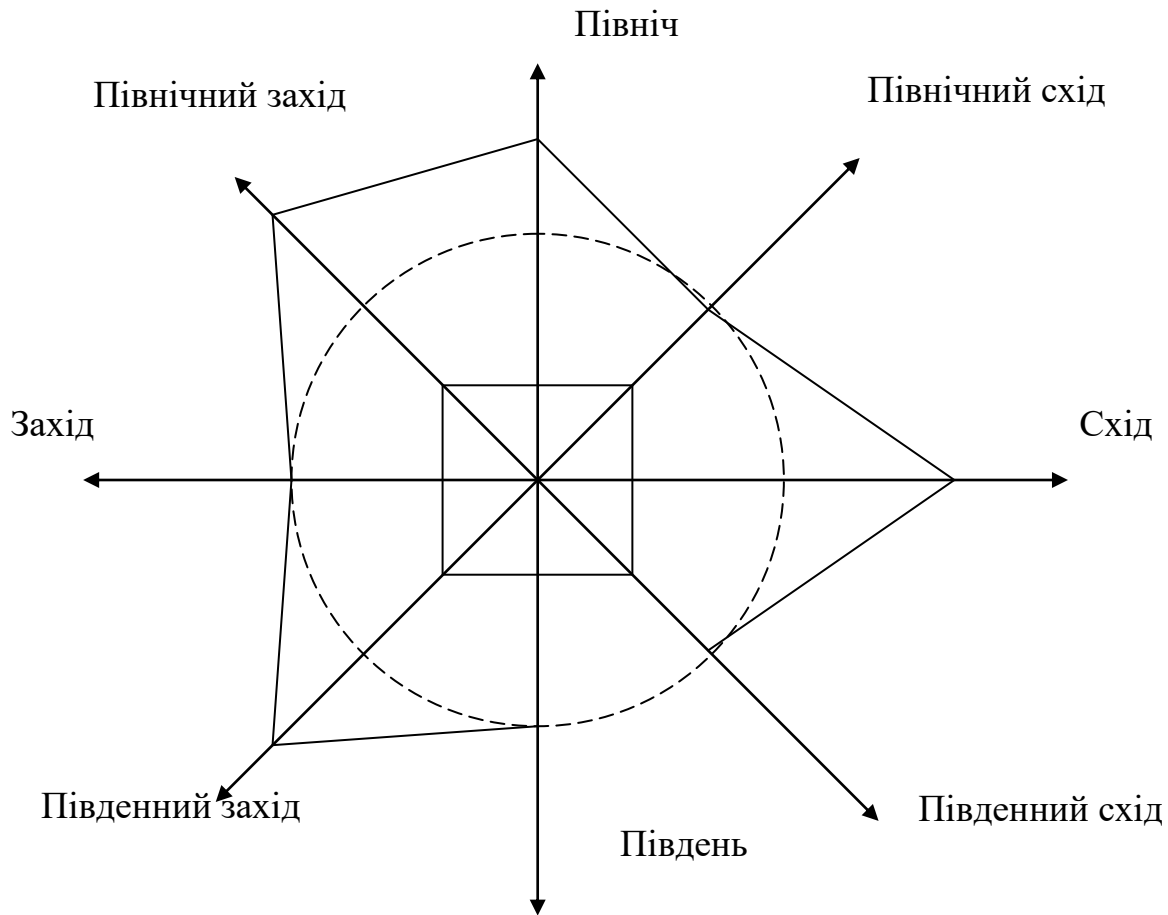


Рисунок 1.9 – Встановлення СЗЗ підприємства

На рис. 1.9 квадратом умовно позначена межа підприємства, штриховою лінією – нормоване значення СЗЗ згідно класу небезпечності даного підприємства, ломаною лінією – фактична СЗЗ, що уточнюється згідно розі вітрів. Дана роза вітрів малюється на міліметровому папері в масштабі і накладається на карту місцевості.

Питання для самоперевірки та обговорення *

1. Дайте класифікацію викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря та джерел забруднення.
2. * Розкрийте сутність інвентаризації джерел викиду, стисло наведіть схему інвентаризації.
3. * Які на Вашу думку переваги та недоліки розсіювання шкідливих речовин в атмосфері?
4. Стисло розкрийте методику розрахунку параметрів розсіювання від одинарного джерела при нагрітому викиді шкідливих речовин в атмосферу.

5. Як розраховується зона викиду шкідливих речовин з урахуванням швидкості вітру? Наведіть графіки функцій $C_x = f(x)$ та $C_y = f(y)$ і дайте їх аналіз.
6. Які особливості розрахунку параметрів розсіювання при холодному викиді шкідливих речовин в повітря?
7. Наведіть методику розрахунку параметрів розсіювання викидів якщо устя джерела прямокутне.
8. Як розраховуються параметри розсіювання викидів від декількох джерел?
9. Наведіть методику розрахунку гранично допустимого викиду, мінімальної висоти труби джерела та необхідного ступеня очищення.
10. Наведіть методику розрахунку умов спуску стічних вод та значення гранично допустимого скиду
11. Розкрийте сутність санітарно-захисної зони та методику її розрахунку та встановлення з врахуванням категорії небезпечності підприємства та розсіювання.

РОЗДІЛ 2

ЕКОЛОГІЧНЕ НОРМУВАННЯ

2.1 ЕКОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ НОРМУВАННЯ АНТРОПОГЕННИХ НАВАНАЖЕНЬ

Студент за допомогою матеріалу, викладеному в даному підрозділі, повинен знати: задачі екологічного нормування та його відмінність від санітарно-гігієнічного методу; принципи екологічного нормування; вимоги до екологічних норм; основні напрями екологічного нормування.

2.1.1 Завдання екологічного нормування, відмінність екологічного підходу від санітарно-гігієнічного методу

Екологічне нормування – це встановлення системи кількісних та якісних стандартів стану навколишньої природного середовища, при яких забезпечуються сприятливі умови для життя людини і стійкого функціонування природних екосистем.

Задачею екологічного нормування є захист екосистем, біологічних співтовариств. Втрата окремих особин у популяції не є небезпекою для екосистеми, якщо загибель особи не знижує потенційної продуктивності, стабільності і розмаїтості системи.

Санітарно-гігієнічні норми, що розроблені в даний час, визначають ГДК шкідливих речовин у конкретному середовищі і переважно для людини.

У нормах санітарно-гігієнічного підходу не враховуються:

1. Ефекти хімічного і біологічного накопичення шкідливих речовин у результаті їхнього переходу в інше середовище.
2. Накопичення шкідливих речовин у трофічних ланках.
3. Трансформація речовин при міграції в більш токсичні форми.

Тому вище названі вторинні «ефекти» є істотними для екосистеми в цілому. Наприклад, окремі стійкі забруднювачі становлять особливу небезпеку через їх накопичення в трофічних ланках. До таких речовин відносяться хлор, пестициди (ДДТ, делфулін і ін.), поліхлорбефініли (ПХБ), ртуть і радіоактивні речовини.

2.1.2 Принципи екологічного нормування

Як було вже відзначено, під **екологічним нормуванням** розуміється визначення величин гранично допустимих навантажень, що не приводять до порушення функцій екосистеми.

Питанням екологічного нормування присвячена безліч робіт. Зокрема, як вважає Ю.А. Израель, універсальним інструментом вивчення найрізноманітніших антропогенних впливів на природне середовище, тобто методом оцінки наслідків таких впливів є всебічний аналіз навколишньої природного середовища. При комплексному аналізі всіх діючих факторів допустимість того чи іншого впливу Ю.А. Израель пропонує оцінювати за величиною збитку, що може бути екологічним, економічним і моральним.

І.П. Герасимов вважає, що в основі методики визначення допустимого навантаження і природної здатності екосистем до самоочищення повинна бути покладена система структурно-функціональних показників: збалансованість і швидкість утворення біологічної продукції, інтенсивність круговороту речовин.

З.С. Безель і співавтори розглядають співвідпорядкованість різних рівнів екологічного нормування (ландшафтно-географічного, біогеоценотичного, популяційного). Екологічна регламентація означає обмеження загального антропогенного навантаження на елементарну ландшафтно-географічну одиницю (природно-територіальний комплекс), що інтегрує всю розмаїтість діючих природних і антропогенних факторів. Разом з тим через природну розмаїтість біогеоценозів і нерівномірності навантаження окремі елементи ландшафту не рівною мірою піддаються дії антропогенного тиску. Тому застосування інтегральних показників, що характеризують стан екосистем у цілому, важко реалізувати практично. Необхідно перейти до локального або біогеоценотичного рівня нормування. Визначення допустимих антропогенних навантажень на конкретній біогеоценоз, прийнятий у якості критичного, прямо пов'язано з можливістю визначення оптимальної кількості інтегральних показників, що з максимальною повнотою характеризують найважливіші властивості біогеоценозу.

Таким чином, необхідно нормувати навантаження на окремі популяції рослин і тварин. Хоча антропогенний тиск направлений на всю біосферу і її компоненти, точкою прикладення зовнішніх впливів є, насамперед, популяція. Саме тут реалізуються ті екологічні процеси, що визначають функціонування наступних рівнів інтеграції. Відповідно до цього З.С. Безель і співавтори пропонують застосовувати при нормуванні антропогенних навантажень показників біологічної розмаїтості.

А. А. Верніченко та А. Г. Васенко виділяють наступні основні принципи екологічного нормування:

1. *Принцип надійності* – екологічні нормативи повинні бути науково обґрунтованими, максимально об'єктивними, легко контрольованими.

2. *Принцип ієрархічності* – екологічні нормативи повинні розроблятися для різних ієрархічних рівнів і для різних рівнів природокористування (місцевого, регіонального, національного і глобального).
3. *Принцип диференціації та інтеграції* – екологічні нормативи повинні розроблятися для різних типів екосистем, різних регіонів, ситуацій, з урахуванням зонування території, для різних періодів і т.п.; у той же час повинні бути розроблені також інтегральні нормативи.
4. *Принцип реалістичності* – поточні екологічні нормативи повинні бути здійсненні.
5. *Принцип «слабкої ланки»* – екологічні нормативи повинні розроблятися з урахуванням найбільш уразливих компонентів, зв'язків у системі або самих систем.
6. *Принцип мети* – пріоритет врахування довгострокових наслідків для суспільства і природи в цілому над короткостроковими економічними інтересами окремих природокористувачів, регіональних інтересів над локальними і т.д.
7. *Принцип зниження питомого ризику* – необхідно розробляти такі технологічні вимоги, що забезпечували б зниження антропогенного навантаження на одиницю площі природно-територіальних комплексів і одиницю виробленої продукції.

Таким чином, розробка стандартів якості природного середовища є невід'ємною складовою частиною екологічної політики. Стандарти викидів або гранично допустимі норми можуть використовуватися або для обов'язкового застосування конкретної технології, або як інструмент для досягнення бажаного рівня якості природного середовища за межами даного підприємства.

2.1.3 Екологічні аспекти роздільного нормування забруднювачів

З екологічної позиції принцип роздільного нормування забруднюючих речовин у повітрі і воді має серйозні недоліки. Згідно рис. 1.1, 1.3 і 1.4 можна вважати, що умова $C \leq ГДК$ дотримується тільки у визначених місцях: для повітря – у цеху, на території підприємства або населеного пункту, а у воді – у створі 1 км вище місця водокористування в проточних водоймах і в радіусі 1 км від місця водокористування – у неперотічних водоймах.

Виникає питання про те, які ж вимоги до якості середовища поза зазначеними місцями. Відповідь полягає в тому, що повітря і вода поза цими місцями являють собою зони розсіювання або розведення шкідливих домішок, тобто тут допускається сильне забруднення з багаторазовим перевищенням значень ГДК. Вочевидь, що таке положення цілковито неприйнятно.

Нагадаємо, що, з погляду екології, зоною розсіювання домішок є екосистема. Отже, у створі водокористування і поза його водна екосистема єдина і вона так чи інакше руйнується, навіть якщо в контрольній точці або

створі забруднюючі речовини розбавляються до ГДК. Подібний підхід до нормування забруднюючих речовин прирікає екосистеми на зниження продукції або розпад, забезпечуючи не охорону природи, а лише збереження окремих характеристик у безпосередньому навколишньому середовищі.

При цьому враховується можливість негативного впливу якої-небудь речовини безпосередньо на організм людини, але не на екосистеми в цілому, хоча в деяких випадках нормативні документи і обумовлюють про відповідні умови.

Наприклад, присутність фенолів, іонів металів, деяких інших хімічних речовин і з'єднань навіть у межах ГДК може негативно позначатися на планктоні, бентосі, змінювати фізико-хімічні властивості води. З погляду якості для людини така вода може і не представляти небезпеки, але може порушувати харчові ланцюги, придушивши окремі ланки трофічних ланцюгів, що може мати руйнівні наслідки для екосистеми в цілому. Тому, з одного боку, при нормуванні змісту домішок варто враховувати так названу асиміляційну здатність екосистеми, а з іншого боку – не обмежується формальним дотриманням нормативів на скиди і викиди.

Важливою умовою нормування змісту забруднюючих речовин у природному середовищі є екологічна диференціація нормативів ГДК. Сприйнятливість організму до впливу забруднюючих речовин може збільшуватися, а стійкість до них – знижуватися, якщо організм є під впливом інших екологічних факторів, режими яких близькі до меж толерантності або виходять за ці межі. У токсикології врахування такого спільного впливу факторів вважається необхідним, хоча в практиці санітарно-гігієнічного нормування не застосовується: використовуються єдині нормативи ГДК.

2.1.4 Вимоги до екологічних норм діяльності

Вимоги до екологічних норм для кожної популяції.

Для кожної популяції m , починаючи з рівня m_0 , вимоги визначаються за формулою (2.1):

$$\frac{\int_R C_i(R) n_{m \geq m_0}(R) dR}{K_{mi} (ЛК_{кр})_m} \leq 1 \quad (2.1)$$

де C_i – концентрація i -ої речовини;

R – функція відстані або площі, що займає популяція;

$n_{m \geq m_0}(R)$ – нормований розподіл організмів m -ї популяції в просторі;

$(ЛК_{кр})_m$ – критичне навантаження (концентрація) для m -ї популяції;

K_{mi} – коефіцієнт запасу, що визначається в такий спосіб:

$$K_{mi} = \frac{q_{дон}}{q_{кр}},$$

де $q_{кр}$ – критичний вплив, що приводить до розподілу даної популяції (може бути узята, наприклад, концентрація $LK_{50} \approx LK_{кр}$, летальна для 50% особин популяції).

Вимоги до екологічних норм для невеликої частини організмів кожної популяції

Для невеликої частини організмів кожної популяції, вимоги визначаються за формулою (2.2):

$$\frac{C_i(R)}{(LK_{кр})_m} \geq 1 \quad (2.2)$$

Всі позначення в формулі (2.2) такі самі що і в формулі (2.1).

2.1.5 Основні напрями екологічного нормування

З усього різноманіття досліджень в галузі екологічного нормування варто виділити три основні напрямки:

1. Визначення гранично допустимого екологічного навантаження (ГДЕН) і резерву екосистеми

Екологічні норми не можуть бути єдиними для будь-якого типу екосистем, а також для будь-яких фізико-географічних умов. Важливим є комплекс робіт з вивчення характеру і закономірності поширення, накопичення, деструкції, біоаккумуляції, трофічних перетворень забруднюючих речовин, їхньої трансформації в екосистемах, переходу з одного середовища в інше в локальному, регіональному і глобальному масштабах.

Поняття ГДЕН схоже з терміном ГДК, але більш ширше, тому що охоплює антропогенне навантаження на всю екосистему, враховує всі можливі прояви антропогенної діяльності, у тому числі і хімічне забруднення навколишнього середовища.

Але на даний момент норми ГДЕН ще не розроблені, не визначені числові значення. Це пояснюється складністю математичного опису екосистеми і недостатчею інформації про неї. І в вирішенні цієї проблеми головну допомогу можуть надати геоінформаційні системи (ГІС) і системи моніторингу навколишнього середовища, як у локальному, так і в глобальному масштабі.

2. Визначення ГДЕН з врахуванням регіонального підходу.

Даний напрямок заснований на тім, що норми ГДЕН для кожного регіону різні. Це пояснюється розмаїтістю кліматичних, ландшафтних, географічних і, навіть до деякої міри, економічних умов.

3. Визначення ГДЕН з врахуванням трансформації і переносу забруднюючих речовин у різних середовищах.

Даний напрямок базується на тій положенні, що багато хімічних речовин під впливом різних факторів (температури, вологості, сонячного світла і тому подібне) трансформуються в інші речовини. При цьому дана трансформація приводить, як правило, до утворення ще більш токсичних речовин, тобто відбувається посилення антропогенних навантажень при тій же рівні викидів.

Одночасно з трансформацією речовин відбувається їхня міграція з різних середовищ, у тому числі і по харчових ланцюгах. Тому необхідно норматив ГДЕН розробляти з врахуванням міграції речовин у біосфері.

Питання для самоперевірки та обговорення * :

1. Назвіть головні завдання і від'ємність екологічного нормування від санітарно-гігієнічного методу.
2. * Викладіть стисло екологічні принципи нормування.
3. Розкрийте сутність екологічних аспектів нормування антропогенного навантаження на природне середовище.
4. * Які Ви знаєте вимоги до створення екологічних норм для популяції в цілому та окремої частини популяції?
5. Дайте визначення основним напрямкам екологічного нормування антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище.

2.2 ПОНЯТТЯ Й ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНИЧНО ДОПУСТИМОГО ЕКОЛОГІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Студент за допомогою матеріалу, викладеному в даному підрозділі, повинен знати: поняття гранично допустимого екологічного навантаження; категорії екосистем та вимог до них; функцію стану екосистеми; поняття екологічного резерву та галузь застосування гранично допустимого екологічного навантаження.

2.2.1 Гранично допустиме екологічне навантаження на довкілля

Розробка екологічних норм допустимих навантажень повинна ґрунтуватися на вивченні шляху забруднюючої речовини від джерела його викиду до потрапляння в живий організм. Подібно ГДК розробляються також нормативи екологічного нормування. Одним з них є **гранично допустиме екологічне навантаження (ГДЕН)**.

Гранично допустиме екологічне навантаження – це таке навантаження (можливі антропогенні впливи) на природні ресурси, що не викликають небажаних наслідків у населених на Землі організмів, і в першу чергу у людини,

а також не приведе до погіршення якості природного середовища і порушенню стійкості екосистем.

Під **допустимим антропогенним впливом** на навколишнє середовище (НС) варто розуміти вплив, що складаються з окремих однорідних і різнорідних впливів, що не впливає на якість НС та змінює природне середовище в припустимих межах.

Допустимий вплив повинен відповідати допустимому навантаженню. Величина впливу залежить від того, які межі вважати допустимими, якими цілями задається людина при нерівномірному впливі на НС.

Для оцінки загальної стійкості екосистем щодо антропогенних впливів використовують наступні показники:

1. Запаси органічної речовини;
2. Ефективність утворення органічної речовини або продукції рослинного покриву;
3. Видова і структурна розмаїтість.

Вчені-екологи встановили, що стабільність середовища не тільки рослинного, але і тварини світу, а в кінцевому рахунку і людини визначається, у першу чергу, масою живої органічної речовини і його основної частини – фітомаси (деревина, трав'яниста рослинність і ін.). Чим значніше ця маса, тим стабільніше середовище. Головне значення при цьому мають фотосинтезуючі організми, тому що вони є основним джерелом біомаси, а також визначають харчові умови для всіх інших ланок екосистеми і значною мірою склад атмосферного повітря.

Здатність екосистем у мінімальний термін відновлюватися у випадку антропогенного порушення визначається іншим показником – *ефективністю утворення продукції* рослинного покриву в результаті вторинної сукцесії. Чим вище структурна і видова розмаїтість екосистем, тим більше число комбінацій структурних елементів може створити вона у відповідь на зовнішній антропогенний вплив. Структурна розмаїтість екосистеми можна оцінити, порівнюючи запаси фітомаси (деревина, трав'яниста рослинність і т.д.).

Потенційна здатність природного середовища переносити ті чи інші антропогенні навантаження без порушення основних функцій екосистем визначається терміном «ємність природного середовища» або «екологічна ємність території».

Поняття ГДЕН, на думку П.Г. Олдана, повинне лежати в основі всього природокористування. У зв'язку з цим він розрізняє екстремальне і рівноважне природокористування.

Екстенсивне природокористування – це коли зростання виробництва здійснюється за рахунок зростаючого навантаження на природні комплекси, причому це навантаження росте швидше, ніж збільшується масштаб виробництва. Екстенсивне природокористування може привести до повного

руйнування природного комплексу і подібно тому, як безмежний ріст біологічної ємності популяції приводить до її краху, крах потерпить і техносфера.

Рівноважне природокористування – це коли суспільство контролює всі сторони свого розвитку, домагаючись того, щоб сукупне антропогенне навантаження на середовище не перевищувало самовідновлення природних систем.

Звідси випливає важливий висновок про те, що регулювання якості природного середовища повинне починатися з визначення навантаження, допустимого з екологічної точки зору, а регіональне природокористування повинне відповідати екологічній «витривалості» території.

Зневага основних екологічних комплексних нормативів в інженерно-господарській практиці веде до серйозних екологічних прорахунків.

При формуванні територіально-виробничих комплексів, розвитку промисловості, будівництва, реконструкції міст і тому подібне, застосування ГДЕН повинне передбачатися в обов'язковому порядку. Регіональні ГДЕН встановлюють граничне господарське навантаження на територіальні природні комплекси. Галузеві – на окремі види природних ресурсів, наприклад, граничне число домашньої худоби на одиницю пасовиськ, граничне число відвідувачів у національних парках та інше.

2.2.2 Функція стану екосистеми

На сучасному етапі розвитку екологічної науки питання про математичне визначення ГДЕН залишається відкритим. Розглянемо більш докладно одну з гіпотез, запропоновану засновником моніторингу в колишньому СРСР Ізраєлем Ю.А. Зокрема, він увів певну функцію $\eta(R, t)$ стану екосистеми або будь-якого елементу біосфери, що характеризує будь-який окремий бік стану екосистеми (по диференційному показнику) або її стану в цілому (по інтегральному показнику).

Функція $\eta(R, t)$ міняється в просторі і в часі. Узагальнена функція стану екосистеми для регіону може бути записана у наступному вигляді:

$$\eta^*(t) = \int_R \eta(R, t) dR, \quad (2.3)$$

На рис. 2.1 зображено у вигляді графіків функція стану екосистем, що описується рівнянням (2.3).

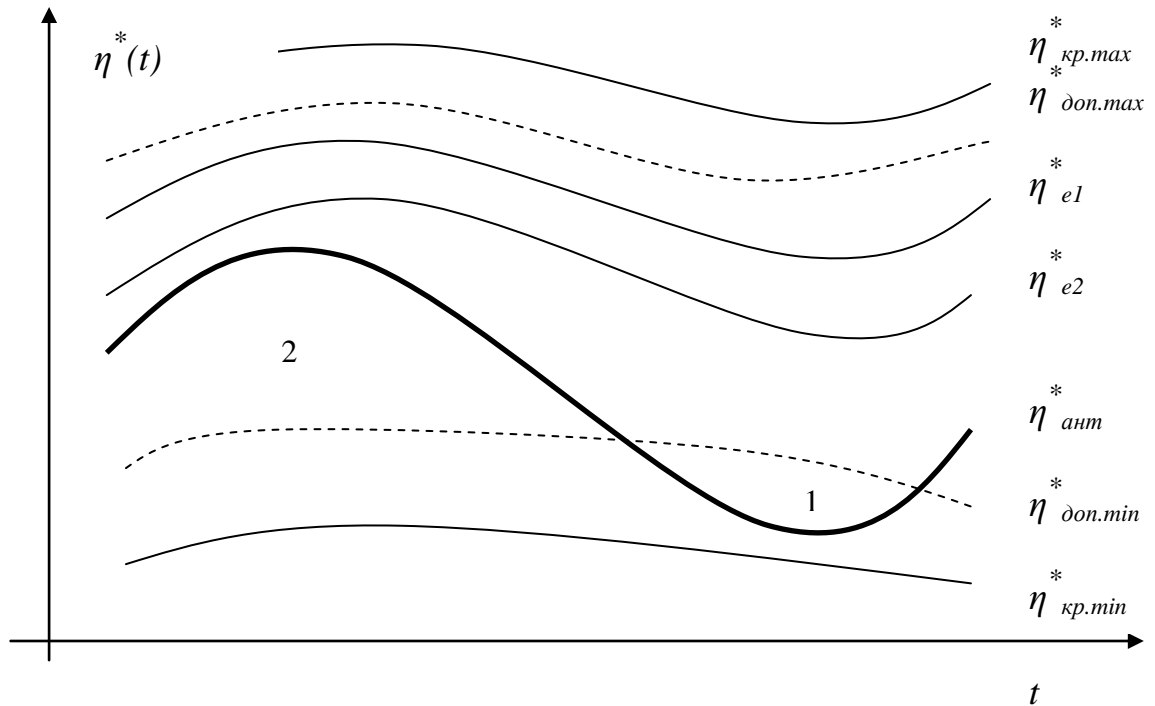


Рисунок 2.1 – Графік функції стану елементів біосфери $\eta(t)$ в часі при різних навантаженнях

На рис. 3.1 позначено: 1 – «критична» зона; 2 – зона «екологічного резерву»; $\eta_{доп.мах}^*$, $\eta_{доп.мін}^*$ – відповідно допустимий максимальний та мінімальний рівень стану екосистеми; $\eta_{кр.мах}^*$, $\eta_{кр.мін}^*$ – відповідно критичний максимальний та мінімальний рівень стану екосистеми; $\eta_{ант}^*$ – антропогенний стан екосистеми, формула (2.5); $\eta_{е1}^*$, $\eta_{е2}^*$ – відповідно нормальний та фактичний стан екосистеми.

Допустимою мірою відхилення від нормального стану $\eta_{е1}^*$ екосистеми вважається таке відхилення, що згодом може бути ліквідовано самою системою. Досягнення критичного рівня $\eta_{кр.мах(мін)}^*$ веде до руйнування даної екосистеми. Зміни $\eta(t)$ у часі обумовлені зміною зовнішніх умов – температури, вологості і тому подібне. Безліч станів екосистеми $\eta_{е2}^*$ лежить між $\eta_{кр.мах}^*$ і $\eta_{кр.мін}^*$.

2.2.3 Екологічний резерв

Екологічний резерв – різниця між гранично допустимим і фактичним станом системи. При рівних умовах цей резерв буде тим більше, чим менше відрізняється фактичний стан $\eta_{е2}^*$ від середнього (нормального) $\eta_{е1}^*$. Приблизно за міру екологічного резерву можна прийняти найменшу величину $|\eta_{доп}^* - \eta_{е2}^*|$, що осереднена в розглянутому інтервалі часу.

Для визначення «критичних» зон і зон «резерву» введена функція антропогенного впливу $\chi_{ант}(R,t)$ у точці (R,t) або для регіону в цілому:

$$\chi_{ант}^*(t) = \int_R \chi_{ант}(R,t) dR, \quad (2.4)$$

Звідси, стан середовища визначається за формулою:

$$\eta_{ант}^*(t) = \varepsilon \eta^*(t) \chi_{ант}^*(t), \quad (2.5)$$

де ε – ефект впливу на стан екологічної системи одинарного впливу. Даний параметр може бути постійним (лінійна залежність $\eta_{ант}$ від $\chi_{ант}$) або нелінійної (ε залежить від $\chi_{ант}$). Графік функції антропогенного впливу наведений на рис. 2.2 (позначення такі ж самі як і на рис. 2.1).

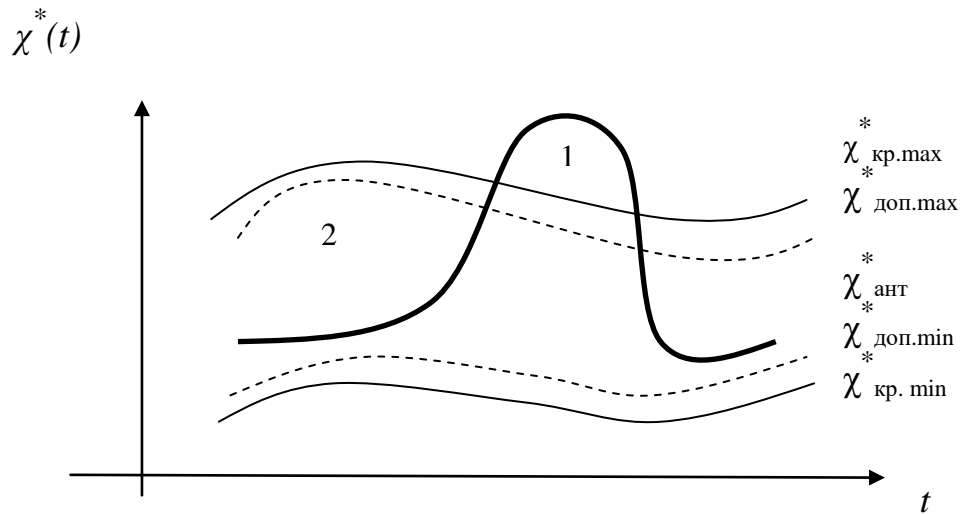


Рисунок 2.2 – Функція антропогенного впливу $\chi^*(t)$

2.2.4 Галузь застосування положень екологічного нормування

Формулювання допустимого навантаження, його теоретичне та експериментальне визначення необхідне для рішення наступних задач:

- 1) при проектуванні і здійсненні господарського розвитку, будівництві міст, рекреаційного розвитку регіону;
- 2) при визначенні пріоритетів у діяльності щодо захисту людини і навколишнього середовища в зонах інтенсивного антропогенного впливу;
- 3) для визначення економічних наслідків впливу і заходів, спрямованих на зменшення таких впливів;
- 4) для побудови оптимальних систем моніторингу стану навколишнього середовища.

Для забезпечення досить високої якості навколишньої природного середовища необхідно:

- а) для нормального функціонування екосистем – не перевищення ГДЕН на дану екосистему (враховують усі фактори комплексного впливу);

б) для забезпечення відсутності небажаних наслідків в окремих популяціях – не перевищення таких величин, що забезпечують високу якість природного середовища (ГДК для людини, окремих видів промислових риб тощо).

Значення ГДЕН спираються в даний час на поняттях стійкості екосистеми або її критичний стан, коли резерв міцності відсутній. При досягненні ГДЕН екосистема може почати руйнуватися. І в цьому випадку можна ввести поняття допустимого екологічного навантаження (ДЕН), що засноване на схожих із ГДК поняттях. Тоді також виникає резерв міцності (екологічний резерв), що базується на різниці між ДЕН і ГДЕН.

Питання для самоперевірки та обговорення * :

1. Дайте визначення терміну «гранично допустиме екологічне навантаження» та його місце в екологічному нормуванні.
2. Охарактеризуйте функцію стану екосистем та її графік.
3. Дайте визначення поняттю «екологічний резерв» та що необхідно для його визначення?
4. * Де може використовуватися така норма як гранично допустиме екологічне навантаження?

2.3 РЕГІОНАЛЬНИЙ ПІДХІД ДО ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ДОВКІЛЛЯ

Студент за допомогою матеріалу, викладеному в даному підрозділі, повинен знати: сутність регіонального підходу щодо визначення екологічного навантаження. Крім того, знати як побудувати модель регіону в загальному вигляді.

2.3.1 Побудова моделі регіону в загальному вигляді

Так як забруднення природного середовища та інші антропогенні впливи відбуваються в основному в межах територіально-економічних районів, то важливе значення набуває їхнє регіональне нормування.

Системний аналіз і імітаційне математичне моделювання дають можливість прогнозувати можливі стани і зміни складних систем і роблять управління ними більше ефективним.

Опис методу

1. Формулюється конкретна постановка даної задачі і характер відповіді, що бажано одержати.
2. Формулюється словесна модель із внутрішніми зв'язками.

3. Будується граф словесної моделі і його відображення в математичну модель.
4. На персональному комп'ютері імітується поведінка системи, виробляється порівняння з реальними процесами.
5. У випадку розбіжності результатів моделі з реальним станом системи проводиться повторна процедура з необхідними уточненнями.

Для успішного прогнозування змін у екосистемах регіону, необхідно розбити регіон на однорідні, по фізико-географічних умовах, територіальні підсистеми. Виділення підсистем потрібно також для того, щоб визначити функції впливу однієї частини регіону на будь-яку іншу.

Для цього вводиться параметр – частка внесеного забруднення будь-якої частини регіону в іншу частину β_{ij} .

За деякий інтервал часу даний параметр визначається по наступній формулі:

$$\beta_{ij} = \frac{\sum_l \sum_m f_{ijlm} G_{il}}{\sum_i \sum_l \sum_m f_{ijlm} G_{il} + \sum_l \sum_m f_{xjlm} G_{xl} + \sum_l G_l}, \quad (2.6)$$

де G_{il} – середнє забруднення в середовищі l i -ої частини регіону;

f_{ijlm} – імовірність переносу забруднення із середовища l i -ої частини регіону в середовище m j -ої частини регіону;

f_{xjlm} – теж, але ззовні регіону;

G_{xl} – середнє забруднення в середовищі l на границі регіону, що надходить ззовні регіону.

Якщо розрахунок переносу здійснюється тільки для одного середовища l , то вираз (2.6) істотно спрощується:

$$\beta_{ij} = \frac{f_{ij} G_{il}}{\sum_i f_{ij} G_{il} + f_{xj} G_{xl} + G_{jl}} \quad (2.7)$$

Вираз (2.6) може бути записано і для загального балансу речовин, що переміщуються, потенційно небезпечних для природного середовища. Мається на увазі доступна для потрапляння в навколишнє середовище частина цих речовин. Наприклад, для ділянок ґрунтів, порушених ерозією, може бути виділена частина ґрунту, доступна змиву; для сільськогосподарських добрив – частина, доступна змиву і міграції; для металів – невелика частина, доступна розчиненню кислотними опадами, і т.д.

Шляхи надходження можливих забруднень (різних речовин) доцільно розділити на три основні категорії:

1. Надходження шляхом переносу і міграції в природних середовищах (через атмосферу, водостоки і т.д.).
2. Надходження шляхом промислового і іншого транспортування різних матеріалів.

3. Надходження шляхом переміщення (перевезень) харчових продуктів (шляху прямого надходження в організм людини).

2.3.2 Модульний принцип побудови моделі регіону

Приймається модульний принцип побудови моделі, тому що кожен модуль має самостійне значення, що дозволяє робити перебудову усередині кожного з модулів, не роблячи зміни моделі в цілому.

Розглянемо більш докладно модульний принцип побудови моделі регіону.

Інвентаризаційний модуль

Інвентаризаційний модуль включає перепис усіляких джерел забруднення різних середовищ і їхню інтенсивність. Дані беруться або з матеріалів спостережень – виявлення джерел і потужності їх викиду (кількість забруднюючого речовини, що викидається в одиницю часу), або з технічної документації підприємства. Орієнтовно потужності викиду можуть розраховуватися по кількості продукції, виходячи з технологічного рівня підприємства і господарської структури діяльності. Потім здійснюється класифікація джерел по наступним категоріях:

1. По типах джерел (точковий, розподілений по площі, стаціонарний, пересувний і т.п.). Особлива увага приділяється найбільш великим або потенційно небезпечним джерелам.
2. По природних середовищах, у які здійснюється викид і де відбувається його розподіл (атмосфера, гідросфера, літосфера і біота).
3. По видах господарської діяльності (промисловість, сільське господарство, комунальне господарство).
4. По окремих речовинах, що викидаються підприємством у навколишнє середовище.
5. По укрупнених категоріях забруднень, що поєднують інгредієнти в групи (важкі метали, нафтопродукти, пестициди і т.п.).
6. По рівнях токсичності.

Функціональний модуль

Основна задача цього модуля визначення функції $f_{ijlm}(t)$ (табл. 2.1) або, якщо говорити про переходи тільки між середовищами, скорочено f_{lm} , де f_{ijlm} – імовірність переходу забруднень за час Δt з області i в область j , із середовища l у середовище m . Поширення забруднень в атмосфері (індекс 1), осідання на поверхні ґрунту (індекс 2), водну поверхню (індекс 3) і пряме потрапляння в біоту (індекс 4) (у результаті сухих випадань і вимивання з опадами) відповідають значення $f_{11}, f_{12}, f_{13}, f_{14}$.

За даними про джерела забруднень і метеорологічними даними здійснюється розрахунок розподілу домішок в атмосфері, осадження (сухого і

«вологого» – з опадами) на підстеляючу поверхню і розподіл забруднюючих речовин на поверхні.

Таблиця 2.1 – Можливі форми переходу (міграції) забруднюючих речовин між природними середовищами

Імовірність f_{lm} переходу забруднюючих речовин із середовища l у середовище m	Природні середовища	Можливі форми міграції забруднюючих речовин
1	2	3
f_{11}	Атмосфера – атмосфера	Перенос в атмосфері, характерний для більшості забруднюючих речовин
f_{12}	Атмосфера – гідросфера	Осадження (вимивання) атмосферних забруднень на водяну поверхню
f_{13}	Атмосфера – поверхня суші	Вимивання атмосферних забруднень на земну поверхню
f_{14}	Атмосфера – біота	Осадження на поверхню насаджень з наступною асиміляцією (позакореневе)
f_{21}	Гідросфера – атмосфера	Випаровування з води в атмосферу (нафтопродукти, з'єднання ртуті)
f_{22}	Гідросфера – гідросфера	Перенос (поширення) забруднень у водних системах
f_{23}	Гідросфера – поверхня суші (дно рік, озер).	Перехід з води в ґрунт (фільтрація, “самоочищення”, осадження на дно водойм)
f_{24}	Гідросфера – біота	Перехід з поверхневих вод у біоту (наземні і водяні екосистеми, надходження в організм тварин і людини з питною водою)
f_{31}	Поверхня суші – атмосфера	Перехід з поверхні суші, ґрунту в атмосферу (вивітрювання, випар, перенос пилу)
f_{32}	Поверхня суші – гідросфера	Змив забруднень із суші під час сніготанення, з опадами, тимчасовими водоспадами
f_{33}	Поверхня суші – поверхня суші	Міграція в ґрунті, льодовиках, сніжному покриві (проникнення забруднень на різні глибини)
f_{34}	Поверхня суші – біота	Кореневе надходження забруднень у рослинність
f_{41}	Біота – атмосфера	Випар з біоти (малозначні)

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
f_{42}	Біота – гідросфера	Вилучення забруднень з біоти у воду після загибелі організмів
f_{43}	Біота – поверхня суші	Вилучення забруднень з біоти в ґрунт, головним чином після загибелі організмів
f_{44}	Біота – біота	Міграція по харчових ланцюгах

Розрахунку поширення забруднень з різних джерел в атмосфері та осад їх на поверхні присвячена велика кількість наукових праць. У цих роботах приводиться розрахунок для поширення від миттєвих і безупинних джерел різної висоти, на малі і великі відстані домішок з різними швидкостями осадження на ідеальну поверхню і поверхню зі складним рельєфом.

В даних розрахунках необхідно враховувати можливості природного переносу забруднень в атмосфері із сусідніх регіонів, у тому числі з великих відстаней.

Деякі забруднюючі речовини попадають в атмосферу (індекс 1) з поверхні суші (індекс 3) – пил, пестициди; ртуть може випаровуватися і переходити в атмосферу як з поверхні суші (індекс 3) так і з водної поверхні (індекс 2). В останніх двох випадках необхідно визначити функції f_{31} , f_{21} .

Виведення забруднюючих речовин з поверхні суші можливо у водойми (змив з поверхні), потрапляння в біоту (кореневе надходження).

Модуль прогнозування стану природних екосистем

По розрахованих полях забруднень визначається вплив забруднень на екосистему і наслідки впливів забруднень.

В основі модуля прогнозування покладений принцип «оптимальності особі». У екосистемі виділяються «основні ніші», а системи видів, що займають ці ніші, розглядаються як «узагальнений вид». Використовуючи біологічний принцип взаємозалежності характеристик співтовариств, знаходиться система співвідношень, рішення якої дає параметри екосистеми в залежності від антропогенного впливу.

Особливістю складної системи є те, що така система характеризується великим числом змінних з наявністю в системі зворотних зв'язків між величинами; система характеризується тимчасовими затримками, нелінійними залежностями і навіть розривами. Рівняння, що описують таку систему, як правило, не мають аналітичного рішення; тут з успіхом може бути використане математичне моделювання.

Модуль оцінки збитку

Останнім модулем моделі є модуль оцінки збитку від забруднень і оптимізації використання ресурсів екосистеми регіону. В цьому модулі розглядають наступні види збитку:

1. Екологічний, збідніння генофонду;
2. Естетичний, рекреаційний збиток, пов'язаний зі збитком для туризму, курортних зон і тому подібне;
3. Збиток промислу;
4. Збиток від забруднення атмосфери, гідросфери і літосфери.

В науковій літературі маються розробки у визначенні цих видів збитків, наприклад, визначення співвідношення корисності регіону (з погляду, наприклад, промислу) і збитку, що здійснюється антропогенним впливом цьому промислу. Зупинимося на оцінці збитку від забруднення води і рекреаційного збитку.

Оцінка збитку від забруднення води, розглянутий як промисловий ресурс, може бути зроблена при розгляді функції, пов'язаної з корисністю води озера:

$$C_{\epsilon} = g(t, S)V(t, S) + q \quad (2.8)$$

де $g(t, S)$ – регіональна ціна води як функція якості, що також є функцією господарської політики S і часу t ;

$V(t, S)$ – промислове споживання води;

q – корисність у ході експлуатації.

Рекреаційний збиток може бути знайдений при розгляді зменшення, втрати рекреаційної корисності регіону C_p , величина якої визначається за допомогою виразу:

$$C_p = ar_1(t)T(t, S) + ar_2(t, S) \quad (2.9)$$

де $T(t, S)$ – рекреаційне використання озера в людино-днях (з урахуванням часу на під'їзд); r_1 – середня заробітна плата туриста (у день); $r_2(t, S)$ – витрати туристів; a – корисність використання часу і засобів, характерна для держави.

2.3.3 Побудови моделі регіону на прикладі озера Байкал

Зазначені підходи щодо визначення допустимого екологічного навантаження на великий природний об'єкт, регіон у цілому розглянемо на прикладі регіону оз. Байкал – регіону з промисловістю, що розвивається, і сільським господарством, з істотною інтенсивністю використання природних

ресурсів. Особливістю цього регіону є унікальність оз. Байкал, його економічна і естетична цінність.

Для довідки: оз. Байкал містить близько 23,6 тис. км³ винятково чистої прісної води – мінералізація води складає усього близько 100 мг/л. Вода дуже багата киснем, його зміст не падає нижче 9 мг/л.

Рослинний і тваринний світ Байкалу різноманітний; біля третини рослинних організмів і двох третин тваринних організмів є ендеміками, тобто зустрічаються тільки в оз. Байкал. Безумовно, весь регіон оз. Байкал є складною системою, зі складними фізико-географічними й економічними особливостями.

Розглядаючи підходи щодо визначення допустимих екологічних навантажень, необхідно зупинитися в першу чергу на питанні допустимих забруднень для регіону в цілому.

Для конкретного рішення задачі щодо розробки допустимого екологічного навантаження на даний регіон необхідно виділити по контуру цей регіон по деякій ознаці, що відповідає поставленій задачі. Слід зазначити «відкритість» системи регіону при виборі багатьох ознак, наприклад економічного.

Для виділення регіону оз. Байкал була обрана гідрологічна ознака – за територію регіону взятий басейн оз. Байкал. У цьому регіоні чітко виділяються визначені типи ландшафтів і визначені системи біогеоценозів.

Територія оз. Байкал розділена на 22 територіальні підсистеми. Взаємозв'язки показані на рис. 2.3.

Крім територіальних підсистем, виділялися також найважливіші функціональні підсистеми, такі як людські поселення, промисловість, транспорт; використання природних ресурсів (екосистеми оз. Байкал, лісових, земельних, водних ресурсів); рекреація. Розглядалися гідрологічні, екологічні й економічні аспекти стану і розвитку регіону.

Коротка характеристика приводиться нижче:

0 – озеро Байкал, у моделі є об'єктом антропогенного впливу.

1 – зовнішня область (стосовно регіону в цілому), власне кажучи, визначає потік різних речовин ззовні в регіон оз. Байкал, включаючи надходження забруднень з верховій р. Селенги, з території Монголії.

2-9 – ділянка р. Селенги, що виділені по своєму внеску в забруднення.

10-12 – найбільш великі антропогенні джерела забруднень, пов'язані з містами і промисловими підприємствами (м. Улан-Уде, Байкальський целюлозно-паперовий комбінат, Селенгінський целюлозно-картонний комбінат).

13-20 – частини регіону оз. Байкал, що відповідають басейнам найбільш великих рік, що впадають в озеро, а також характеризуються відносною однорідністю виду землекористування.

21 – р. Ангара, що витікає з оз. Байкал.

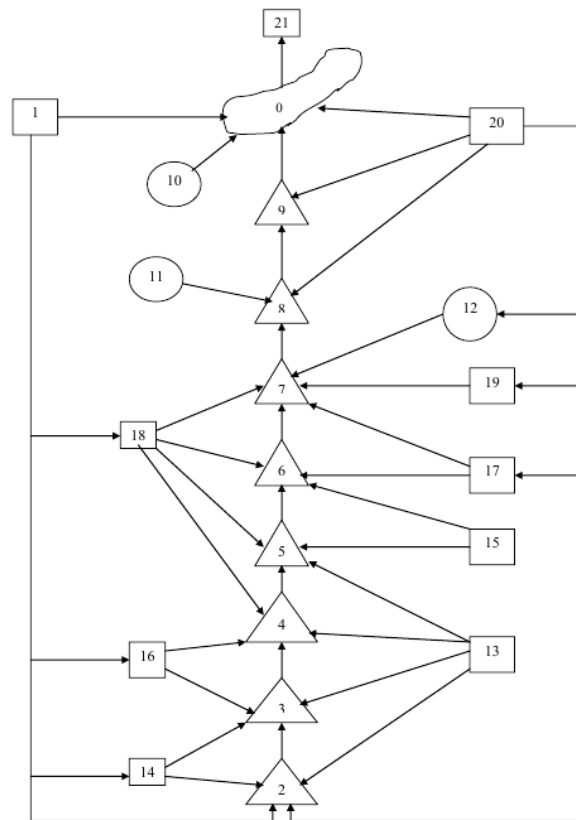


Рисунок 2.3 – Територіальні підсистеми регіону оз. Байкал із вказівкою спрямованості переносу забруднень

У висновку необхідно сказати, що описана імітаційно-балансова модель регіону оз. Байкал є не тільки прикладом застосування, але і практичним інструментом всебічного аналізу НС для оцінки сучасного стану і довгострокового прогнозування, визначення допустимих антропогенних навантажень на регіон у цілому і безпосередньо на біоту оз. Байкал, на його унікальну екологічну систему в умовах економіки цього регіону. Використання цієї моделі забезпечує планування спостережень за станом озера й антропогенних факторів впливу, а також нормування цих впливів і використання цієї інформації в управлінні економікою регіону.

Питання для самоперевірки та обговорення* :

1. Охарактеризуйте сутність регіонального підходу щодо визначення граничного допустимого екологічного навантаження на природне середовище.
2. Дайте визначення модульному принципу побудови моделі регіону, зміст основних модулів.
3. * Які на Вашу думку є головними та вторинними можливі форми міграції забруднюючих речовин між природними середами?
4. * Опишіть модель регіону на прикладі оз. Байкал.

2.4 ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНИЧНО ДОПУСТИМОГО ЕКОЛОГІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ З УРАХУВАННЯМ ТРАНСФОРМАЦІЇ І МІГРАЦІЇ ЗАБРУДНЮВАЧІВ У ПРИРОДНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Студент за допомогою матеріалу, викладеному в даному підрозділі, повинен знати: сутність визначення гранично допустимого екологічного навантаження з урахуванням трансформації та міграції забруднюючих речовин.

2.4.1 Постановка завдання та його виконання в загальному вигляді

При розробці санітарно-гігієнічних норм (ГДК для атмосфери, гідросфери і ґрунти) як правило, розрахунок ведеться для якого-небудь одного середовища. Але в сучасних умовах оцінка впливу забруднень на популяції і екосистеми повинна проводитися з урахуванням трансформації, міграції і перерозподілу забруднюючих речовин для різних середовищ.

Припустимо, що екосистема складається з N компонентів (популяцій, елементів середовища). Прийнемо наступні позначення: $\vec{X} = (x_1, x_2, \dots, x_N)$ – вектор стану всієї екосистеми; C_{ij} – концентрація j -го інгредієнта в i -му компоненті екосистеми ($i = 1 \dots N, j = 1 \dots M$); \vec{C} – вектор концентрацій забруднюючих речовин у екосистемі.

Кількість компонентів екосистеми N , розмірність кожного із векторів \vec{X} визначається складністю екосистеми і кожного із її компонентів, а також залежить від бажаного ступеню деталізації.

Тоді, динаміка стану екосистеми описується системою диференціальних рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} \dot{X}_i &= F_i(\vec{X}, \vec{C}, \vec{Q}) \\ \dot{C}_{ij} &= \Phi_{ij}(\vec{X}, \vec{C}) + E_{ij}\beta_i(x_i) \end{aligned} \right\} \quad (2.10)$$

де F_i – функція, що описує зміни стану i -го компоненту;

Φ_{ij} – функція, що описує зміни концентрації j -го забруднювача в i -му компоненті екосистеми внаслідок процесів обміну між компонентами, розпаду і хімічних перетворень забруднюючих речовин;

E_{ij} – антропогенне надходження j -ої речовини в i -ий компонент середовища;

$\beta_i(x_i)$ – функція, що враховує зміни концентрації в i -му компоненті на одиницю маси забруднювача;

$\vec{Q} = (Q_1, \dots, Q_N)$ – вектор зовнішніх впливів (зміна вологості, температури, інтенсивності вилову риби, вирубка і посадка лісу і топу подібне).

Через $D_i(x_i, C_i)$ – позначимо шкоду, що наноситься забрудненням i -му компоненту середовища.

Ціль задачі є нормування величин C_i і E_i , \vec{C} і \vec{E} концентрацій та інтенсивності надходження даної речовини в i -й компонент середовища і всю систему відповідно, при урахуванні фактичних значень x_i , \vec{Q} , β_i . При цьому необхідно щоби дотримувалася наступна умова:

$$D_i(x_i, C_i) \leq D_i^0, \quad (2.11)$$

де D_i^0 – гранично допустимий або критичний вплив.

Забруднення навколишнього середовища пов'язане з тим, що в даний час виробництво більшості корисних продуктів неминуче пов'язано з утворенням відходів, що надходять у довкілля. Кількість цих відходів залежить, насамперед, від технології виробничих процесів, а при сучасному технологічному процесі вона практично пропорційна кількості створеного корисного продукту. Тому при заданій технології викиди E_i і вплив \vec{Q} тісно пов'язані з корисністю продукції підприємства. Нехай $V(Q, E_1, \dots, E_N)$ – функція корисності при існуючій технології. Нашою задачею є оптимізація корисного ефекту, тобто вирішення рівняння:

$$\int_0^T V(\vec{Q}, E_1, \dots, E_N) dt \rightarrow \max, \quad (2.12)$$

При виконанні обмеження (2.11) очевидно, що $E_{ij} \geq 0$. За початкові умови для системи (2.10) візьмемо значення \vec{X} і \vec{C} під час відсутності антропогенної діяльності. Неважко помітити, що при заданій технології збільшення випуску корисного продукту буде пов'язано з ростом відходів і ростом надходження їх у навколишнє середовище. Тому у визначених межах збільшення E_{ij} пов'язане з ростом V .

Отже, функція V буде монотонно зростаючою по кожному аргументу E_{ij} у деякій близькості від нуля, тобто при виконанні наступної умови:

$$0 \leq E_{ij} \leq E_{ij}^0 \quad (2.13)$$

Тут E_{ij}^0 – допустиме значення викиду j -го забруднювача в i -му компоненті середовища

Можна показати, що в зазначених припущеннях E_{ij}^{onm} – рішення, що задовольняє (2.12), буде задовольняти (2.13). Тому ми приймемо (2.13) у якості ще одного обмеження для поставленої задачі оптимізації, а функцію V будемо вважати монотонною по кожному аргументу в області умови (2.13).

Можна сказати, що в будь-який момент часу або траєкторія системи (2.10), на основі якої виконане рівняння (2.12), проходить по межі множини (2.11), або відповідні впливи E_{ij}^{onm} досягли свого граничного рівня,

обумовленого (2.13). Те середовище, для якого шкода $D_i = D_i^0$ або впливи досягли граничних рівнів, назвемо лімітованим середовищем, (порівняйте поняття лімітованої ознаки).

Варто помітити, що множина, яка обумовлена (2.11), буде задовольняти наступній умові: якщо при деякому X_i вектор \vec{C}_i задовольняє (2.11), то будь-який вектор \vec{C}'_i , при якому виконується умова $0 \leq \vec{C}'_i \leq \vec{C}_i$, буде задовольняти умові (2.11). Це значить, що обмеження (2.11) можна записати в такому вигляді:

$$0 \leq C_{ij} \leq C_{ij}^D(\vec{X}), \text{ при } \vec{X}_i \in G_i, \quad (2.14)$$

де G_i – безліч допустимих станів i -го компоненту екосистеми, а C_{ij}^D – концентрація забруднювача, при якій збиток унаслідок забруднення не перевищує допустимого.

Для простоти, розглянемо випадок надходження одного забруднювача в одне середовище, а також будемо вважати, що кругообіг забруднюючих речовин можна описати лінійною системою диференціальних рівнянь (2.15).

$$\dot{C} = AC + \vec{E}, \quad (2.15)$$

де $A = \|a_{ij}\|$ – матриця коефіцієнтів переходу між середовищами; а компоненти вектора \vec{E} визначаються за формулою:

$$E_i = k_i \beta_i E,$$

де E – загальний викид забруднюючих речовин у природне середовище;

k_i – його частка надходження в i -те середовище й визначається технологією виробництва;

β_i – нормуючий множник.

Викид E будемо вважати постійним, тому природно розглянути тільки стаціонарний стан системи \vec{C}^0 . Вважаючи, що збиток пропорційний концентраціям, ми приходимо до оптимізації величини E :

$$E \rightarrow \max, \\ 0 \leq E \leq E^0$$

при наступному обмеженні:

$$-A^{-1} \vec{k} E \leq C_i^0, \quad (2.16)$$

Де C_i^0 – максимально допустима концентрація в i -му середовищі; вектор \vec{k} визначається з умови $\vec{E} = \vec{k} E$.

Рішення задачі записується для оптимальних значень E для середовища i , де гранична концентрація досягається швидше усього і яка є лімітуючим середовищем l :

$$E^{onm} = \min_i \left[\frac{C_i^0}{(-A^{-1}\vec{k})_i} \right], \quad (2.17)$$

Таким чином, лімітована концентрація C_l^0 для середовища l визначається за формулою:

$$C_l^0 = (-A^{-1}\vec{k}) E^{onm}, \quad (2.18)$$

Для ілюстрації описаного підходу нижче приведено приклад міграції і трансформації двоокису сірки в атмосфері (таким чином, індекси i і j конкретизовані).

2.4.2 Виконання завдання на прикладі забруднення двоокисом сірки

Світова антропогенна емісія сірки в атмосферу обумовлена в основному роботою енергетичних підприємств (55%), підприємств кольорової металургії (15%) і підприємств чорної металургії (10%). В усіх випадках сірка, що міститься у рудах або паливі, окисляється до SO_2 і саме в цьому вигляді викидається в атмосферу. Які ж при цьому виникають проблеми і як нормувати надходження антропогенного двоокису сірки в атмосферу?

Насамперед необхідно розглянути основні риси поведінки двоокису сірки в атмосферному повітрі. Інтенсивне виведення двоокису сірки з атмосфери пов'язано з трьома основними механізмами: хімічними перетвореннями, вимиванням дощовими і хмарними краплями та абсорбцією підстиляючої поверхні.

Двоокис сірки це дуже активний газ, що легко розчиняється у воді. При переносі в атмосфері SO_2 здатна окислитися в газовій формі до сірчаного ангідриду SO_3 , що, з'єднуючись з молекулою води, утворює сірчану кислоту. Крім того, багато речовин природного й антропогенного походження, що містяться в атмосфері, розчиняючись в краплях хмар і дощу, здатні вступати із сірчаною кислотою в реакцію нейтралізації. Ці реакції ведуть до утворення сульфатів, що є стійкими з'єднаннями і не перетерплюють подальших перетворень.

Згадані реакції проходять в основному в рідко-краплинній фазі. При випарі крапель утворюються тверді аерозольні частки. Частки сульфатів виводяться з атмосфери за рахунок процесів сухого осідання і вимивання опадами.

Власне двоокис сірки може впливати як на тварин (включаючи і людину), так і на рослинність. Захворювання органів дихання в людини і тварин можуть бути викликані відносно високими концентраціями двоокису сірки в повітрі. Відчутний вплив на органи дихання починає виявлятися при хронічному впливі концентрацій більш 100 мкг/м^3 . Найбільш чутливі до впливу двоокису сірки деякі види рослин, наприклад мохи і лишайники, а з дерев хвойні породи. Прихована поразка деяких видів сосен спостерігається при концентраціях 20

мкг/м³. Оцінено, що викид в атмосферу 1 т двоокису сірки в рік приводить до загибелі 0,05-0,1 га лісу.

Істотно більший вплив на НС роблять продукти перетворення двоокису сірки. Можна виділити наступні види впливу: збільшення випадків респіраторних захворювань у людини і тварин, загибель рослинності і придушення її росту, підвищення корозійного зносу матеріалів, руйнування конструкцій з вапняку і мармуру, закислення ґрунтів і замкнутих водойм, зміна оптичних характеристик атмосфери.

Як бачимо, спектр можливих впливів з'єднань сірки дуже широкий. Повертаючись до питання про те, як нормувати викиди двоокису сірки в атмосферу, ми, насамперед, переконуємося в тім, що нормувати ці викиди, виходячи лише з вимог дотримання санітарно-гігієнічних норм ГДК, недостатньо. Справді, норми вмісту двоокису сірки і сірчаної кислоти в атмосферному повітрі були встановлені окремо для кожної речовини без урахування можливості їхніх взаємоперетворень, а вміст сульфатів у повітрі взагалі не нормується. Очевидно, що якщо розрахувати норму викиду двоокису сірки, виходячи тільки із значень ГДК, то це може призвести, по-перше, до недотримання норм вмісту вторинних продуктів у повітрі, скажемо сірчаної кислоти, і, по-друге, до значного закислення атмосферних опадів і відповідно до серйозних проблем закислення ґрунтів і поверхневих вод. Отже, нормувати викиди SO₂ в атмосферу необхідно з урахуванням цих обставин.

Розглянемо випадок рівноважної системи, коли джерело досить велике, крайові ефекти відсутні й емісія сірки у вигляді SO₂ компенсується механізмами стоку. Якщо допустити, що всі ці механізми підкоряються закону кінетики першого порядку, то зміст в атмосфері сірчаної кислоти і сульфатів пов'язано зі вмістом двоокису сірки наступними залежностями:

$$\left. \begin{aligned} N^{SO_2} k_3 &= N^{H_2SO_4} (k_4 + k_5 + k_6) \frac{M^{SO_2}}{M^{H_2SO_4}} \\ N^{SO_2} k_3 &= N^{MeSO_4} \frac{(k_4 + k_5 + k_6)(k_7 + k_8)M^{SO_2}}{k_6 M^{MeSO_4}} \end{aligned} \right\} \quad (2.19)$$

де N^j – зміст j -го з'єднання в атмосфері;

M^j – молекулярна вага j -го з'єднання;

k_i – коефіцієнти, що описують поведження з'єднань сірки в атмосфері: k_1 – абсорбція SO₂; k_2 – вимивання SO₂ дощем з одночасним окислюванням до H₂SO₄; k_3 – окислювання SO₂ до H₂SO₄; k_4 – сухе осідання H₂SO₄; k_5 – вимивання H₂SO₄; k_6 – нейтралізація H₂SO₄ до MeSO₄; k_7 – сухе осідання MeSO₄; k_8 – вимивання MeSO₄.

Оцінимо числові значення коефіцієнтів k_i і розрахуємо значення $N^{H_2SO_4}$ і N^{MeSO_4} при мінімальних і максимальних значеннях k_i .

Коефіцієнт k_1 звичайно представляють у вигляді:

$$k_1 = \frac{v_a}{H}$$

де v_a – лінійна швидкість абсорбції, що може змінюватися в межах від 0,005 до 0,01 м/с; H – висота шару розподілу, що залежить від конкретних метеорологічних умов (для європейських умов середнє значення може бути прийнято рівним 1000 м).

Отже, значення k_1 лежить в інтервалі від 0,018 до 0,036 год⁻¹.

Вимивання SO₂ і дрібних часток опадами можна описати емпіричним вираженням:

$$k_2 = k_5 = k_8 = \Lambda f \sqrt{I}$$

де Λ – коефіцієнт Лангмюра може бути прийнятий рівним 10⁻⁴ с⁻¹; f – частка часу випадання опадів, для розрахунків приймаємо рівної 0,06÷0,1; I – середня інтенсивність опадів і дорівнює 1 мм/год.

Значення коефіцієнтів k_2 , k_5 , k_8 лежать у межах від 0,022 до 0,036 год⁻¹.

Швидкість хімічних перетворень SO₂ безпосередньо в атмосфері залежить від наявності в повітрі окислюючих компонентів, каталізаторів, інтенсивності сонячної радіації і т.п. Для розрахунків покладемо $k_3 = 0,07 \div 0,15$ год⁻¹.

Частки, що представляють в атмосфері H₂SO₄ і MeSO₄, дуже малі за розміром (їхній середній діаметр складає близько 1 мкм). Для часток такого розміру значення швидкості осідання прийємо рівним 0,005 м/с, що при висоті розподілу $H = 1000$ м приводить до значення $k_4 = k_7 = 0,018$ год⁻¹.

Практично нічого не відомо про швидкість нейтралізації H₂SO₄ безпосередньо в атмосфері до сульфатів. Виходячи з того факту, що в опадах, що надходять з районів Центральної Європи і випадають у Південній Норвегії, від 50% до 90% сірки представлено сірчаною кислотою, оцінимо величину k_6 у межах від 0,005 до 0,02 год⁻¹.

Як уже відзначалося, розглянутий випадок може реалізуватися над дуже великим постійно діючим джерелом. При цьому в атмосфері постійно будуть присутні велика кількість різних забруднюючих речовин. Отже, для цих умов варто прийняти максимальні значення k_3 і k_6 , тобто 0,15 і 0,03 год⁻¹ відповідно. Покладемо k_4 і k_7 рівними 0,018 год⁻¹, а k_5 і k_8 що варіюють в межах від 0,022 до 0,036 год⁻¹. По формулі (2.19) розраховуємо рівноважні концентрації H₂SO₄ і MeSO₄ при концентрації SO₂, рівної 50 мкг/м³:

$$C_{\min}^{H_2SO_4} = 155 \text{ мкг H}_2\text{SO}_4/\text{м}^3$$

$$C_{\max}^{H_2SO_4} = 191 \text{ мкг H}_2\text{SO}_4/\text{м}^3$$

$$C_{\min}^{MeSO_4} = 56 \text{ мкг MeSO}_4/\text{м}^3$$

$$C_{\max}^{MeSO_4} = 94 \text{ мкг MeSO}_4/\text{м}^3$$

Середньодобове значення ГДК для населених місць за SO₂ дорівнює 50 мкг/м³, а за H₂SO₄ – 100 мкг/м³. Отже, у нашому стаціонарному випадку при

дотриманні норми ГДК за SO_2 концентрація H_2SO_4 перевищить ГДК у 1,5-2 рази. Для сульфатів не встановлені значення гранично допустимих концентрацій, однак, граничною за впливом на людину можна вважати концентрацію 10 мкг/м^3 . Отже, рівноважна концентрація сульфатів буде перевищувати граничне значення в 5-10 разів.

Як уже вказувалося, істотний вплив на екологічні системи можуть робити ефекти закислення опадів. Якщо вважати, що закислення опадів відбувається за рахунок вимивання SO_2 зі швидкістю k_2 і H_2SO_4 зі швидкістю k_4 , питомий потік сірчаної кислоти буде лежати в межах від 45 до 85 г $\text{H}_2\text{SO}_4/(\text{м}^2 \cdot \text{рік})$ і значення рН опадів буде надзвичайно низьким, приблизно 2,72.

Ясно, що випадання таких опадів на великих територіях неприпустимо, воно привело б до зміни природних геохімічних процесів, викликало б колосальний економічний і екологічний збиток. Отже, не можна встановлювати норми змісту шкідливих речовин, і не тільки, SO_2 у повітрі, або в іншому середовищі, для великих територій, виходячи з існуючих санітарно-гігієнічних норм ГДК.

Студентам пропонується самостійно розглянути приклади визначення ГДЕН з урахуванням трансформації, міграції та перетворення на прикладі ртуті та пестицидів за допомогою літературних джерел.

Питання для самоперевірки та обговорення *

1. Охарактеризуйте сутність визначення граничного допустимого екологічного навантаження на природне середовище з урахуванням трансформації, міграції та перетворення шкідливих речовин.
2. Дайте стисле рішення проблеми трансформації та міграції шкідливих речовин в навколишньому середовищі при визначенні ГДЕН.
3. *Обґрунтуйте необхідність визначення ГДЕН з урахуванням трансформації та міграції на прикладі двоокису сірки.
4. *Наведіть приклад визначення ГДЕН з урахуванням трансформації й переносу ртуті та пестицидів.

РОЗДІЛ 3

НОРМУВАННЯ ФІЗИЧНИХ ЗАБРУДНЕНЬ

3.1 РАДІАЦІЙНЕ НОРМУВАННЯ

Студент за допомогою матеріалу, викладеному в даному підрозділі, повинен знати: основні види іонізуючого випромінювання та їх дози, положення національних норм радіаційної безпеки населення та персоналу, технічні засоби та методи захисту від радіаційного випромінювання.

3.1.1 Іонізуюче випромінювання, його види та дози

Види іонізуюче випромінювання

Радіаційні забруднення мають істотну відмінність від інших. Радіоактивні нукліди – це ядра нестабільних хімічних елементів, що випускають заряджені частки і короткохвильові електромагнітні випромінювання. Саме ці частки і випромінювання, потрапляючи в організм людини руйнують клітини, внаслідок чого можуть виникнути різні хвороби, у тому числі і променеві.

У біосфері всюди є природні джерела радіоактивності, і людина, як і всі живі організми, завжди піддавалася природному опроміненню. Зовнішнє опромінення відбувається за рахунок випромінювання космічного походження і радіоактивних нуклідів, що знаходяться в навколишнім середовищі. Внутрішнє опромінення створюється радіоактивними елементами, що попадають в організм людини з повітрям, водою і їжею.

Нагадаємо, що явище радіоактивності полягає в спонтанному перетворенні (розпаді) атомних ядер, що приводить до зміни їхнього атомного номеру або масового числа. Зміна атомного номеру (Z), тобто перетворення одного хімічного елемента в інший; при зміні тільки масового числа (A) відбувається перетворення ізотопів даного елемента. Іноді до явища радіоактивності відносять зміну енергетичного стану ядер, що супроводжується випусканням гама квантів (при цьому їхній склад залишається незмінним). У результаті радіоактивних перетворень можуть виникати заряджені і незаряджені частинки, наприклад альфа-частинки, бета-частинки, фотони, нейтрони. Фотони ядерного походження називаються також γ -квантами.

Іонізуюче випромінювання (ІВ) – це випромінювання, взаємодії якого із середовищем приводить до утворення іонів різного знаку (видиме світло та ультрафіолетове випромінювання не відносяться до ІВ).

Розрізняють безпосереднє ІВ і непряме ІВ.

Безпосереднє ІВ складається з заряджених часток, кінетична енергія яких достатня для іонізації при зштовхуванні з атомами речовини (альфа і бета випромінювання, протонне випромінювання прискорювачів і т.п.).

Непряме ІВ складається з незаряджених (нейтральних) часток, взаємодія яких із середовищем приводить до виникнення заряджених частинок, здатних безпосередньо викликати іонізацію (нейтронне випромінювання (потік нейтронів), рентгенівське або гамма-випромінювання, тобто електромагнітне).

Змішані випромінювання – це випромінювання, що складаються з частинок різного виду. У залежності від характеру поширення в часі розрізняють безупинне й імпульсне випромінювання.

Для виміру енергії ІВ використовують позасистемну одиницю – електрон/вольтів (еВ). $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж (1еВ дорівнює енергії, що здобуває електрон при проходженні різниці потенціалів в 1 вольт).

Іонізувати речовину можуть також частки, що випускають спеціальні технічні пристрої, наприклад: рентгенівські апарати, електронні мікроскопи, прискорювачі заряджених часток і ін.

Хоча великі нестійкі ядра можуть виділяти багато видів випромінювання (рис. 3.1), але природні радіонукліди найбільш частіше виділяють гамма- і бета-випромінювання, значно рідше – альфа-частинки. Значно рідше найтяжкі з природних ядер (це може бути уран-235) поділяються на дві великі частини з одночасним вивільненням декількох нейтронів.

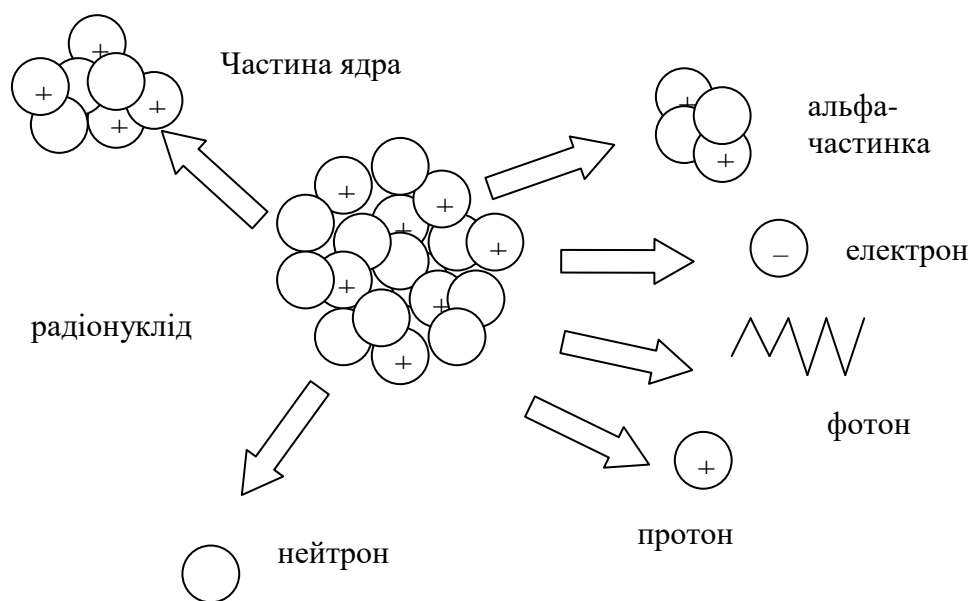


Рисунок 3.1 – Продукти розпаду важких і нестабільних ядер

Таким чином, основними типами радіоактивних випромінювань є: альфа-частинки, бета-випромінювання, нейтронні випромінювання (група корпускулярних випромінювань), рентгенівські випромінювання і гамма-випромінювання (група хвильових). Корпускулярні випромінювання являють собою потоки невидимих елементарних часток, що мають масу і діаметр. Хвильового ж випромінювання мають квантову природу. Це електромагнітні хвилі у надкороткохвильовому діапазоні.

Альфа-випромінювання – безпосереднє ІВ, що складаються з альфа-частинок (тобто ядер гелію), що випускаються при ядерних перетвореннях і поширюються з початковою швидкістю близько 20 тис. км/с. Альфа-частинки мають малий пробіг, тобто проникаюча здатність низька: до 10 см у повітрі і не більш 0,1 мм у біологічній тканині (звичайний лист паперу затримує альфа-частинки), однак вони дуже небезпечні при забрудненні шкіри і слизуватої оболонки очей, при влученні в легені і шлунково-кишковий тракт, тому що на своєму шляху ці частки створюють високу щільність іонізації.

Маючи великий заряд, альфа-частинки утворюють іони «на кожному кроці», залишаючи поза себе густий ланцюг ушкоджених, розірваних на частини, збуджених молекул. Втративши швидкість, альфа-частинки приєднують два електрони і стають нешкідливими хімічно інертними атомами гелію. Шкодять вони живому тільки під час швидкого руху. Надійним захистом людини від альфа-частинок є також одяг. З огляду на те, що альфа-випромінювання має найбільшу іонізуючу, але найменшу проникаючу здатність, зовнішнє опромінення альфа-частинками практично нешкідливо, але влучення усередину організму є дуже небезпечним.

Бета-випромінювання – безпосереднє ІВ з безупинним енергетичним спектром, що складається з електронів (позитронів) одержуваних при ядерних перетвореннях. Бета-частинки мають невеликий пробіг (20 м у повітрі і кілька сантиметрів у біологічній тканині). На практиці бета-проміння майже цілком поглинають віконні або автомобільні стекла, або металеві екрани товщиною в кілька міліметрів. Одяг поглинає до 50 % бета-частинок. При зовнішнім опроміненні організму людини усього тільки 20-25 % бета-частинок проникають у тіло на глибину близько 1 мм. Тому бета-опромінення становить серйозну небезпеку лише при влученні радіоактивної речовини безпосередньо на шкіру, особливо слизувату оболонку і кристалик ока, при влученні в легені і шлунково-кишковий тракт.

Спочатку швидкість бета-частинок трохи менше ніж швидкість світла у вакуумі, що складайте майже 300 тис. км/с. Рухаючись в речовині, вони також іонізують її, утворюючи інші – нові рухливі електрони, збуджуючи уцілілі молекули. Втрачаючи енергію, бета-частинки гальмуються і приєднуються до якої-небудь з молекул. Надалі вони вже нешкідливі. Маючи заряд, бета-частинки сильніше взаємодіють з речовиною, чим гамма-кванти, швидше втрачаючи енергію.

Нейтронне випромінювання – непряме ІВ, що складається з нейтронів – незаряджених часток, що виникають у ядерних реакціях, наприклад, при ядерному вибуху. Швидкість нейтронів досягає 20 тис. км/с. По енергії розрізняють 4 основні групи нейтронів: *теплові* (з найбільш ймовірною енергією 0,025 еВ), *проміжні* (з енергією від 1еВ до 200 кеВ), *швидкі* (з енергією від 200 кеВ до 20 МеВ) і *надшвидкі* (з енергією більш 20 МеВ). Нейтрони не мають електричного заряду, тому їхня проникаюча здатність дуже велика: пробіг теплових нейтронів досягає 20 м у повітрі і 3 см у біологічній

тканині, швидких нейтронів сотні метрів у повітрі і 10 см у біологічній тканині, а надшвидкі нейтрони можуть «пробігати» у повітрі декілька кілометрів.

Під дією нейтронів протікають різні ядерні реакції в речовині, і відбувається його іонізація. Вони легко проникають у живу матерію і захоплюються ядрами її атомів. Тому нейтронне опромінення робить дуже сильну вражаючу дію при зовнішнім опроміненні. Кращими захисними матеріалами від них є воднезмістовні матеріали, такі як вода, парафін, поліетилен і ін.

Гамма-випромінювання – електромагнітне (фотонне) непряме ІВ, що випускається при ядерних перетвореннях (реакціях) або анігіляції частинок.

Це випромінювання, як правило, супроводжує бета-розпад, рідше альфа-розпад. По своїй природі гамма-випромінювання являє собою електромагнітне поле з довжиною хвилі 10^{-8} - 10^{-11} см. Іонізуюча здатність цього випромінювання значно слабкіше, ніж у бета-частинок і тим більше в альфа-частинок. Але гамма-випромінювання має найвищу проникаючу здатність (пробіг фотонів у повітрі може досягти сотень метрів, у біологічній тканині до 10-15 см) і тому становить велику небезпеку, як джерело зовнішнього випромінювання. Для ослаблення його енергії в два рази необхідний шар речовини, так називаний шар половинного ослаблення, товщиною: води – 23 см, сталі – 3 см, бетону – 10 см, дерева – 30 см. Гарним захистом від гамма-випромінювань є важкі метали, наприклад, свинець, що найчастіше використовується в захисних цілях.

Гамма-випромінювання випускається окремими порціями, названими квантами, і поширюється воно зі швидкістю світла. Як і світло, гамма-випромінювання не має електричного заряду й існує тільки в русі, а виникають під час перебудови взаємно розміщених заряджених часток у ядрах.

Унаслідок дуже високої частоти хвиль гамма-кванти не відбиваються від поверхні як звичайні фотони світла, тому для них усі речовини більш-менш прозорі. Коли їхня енергія велика, то, потрапивши в речовину, вони спочатку навіть не поглинаються. Головне, що вони роблять: зіштовхують електрони з орбіт, відриваючи їх від молекул і додаючи їм чималу швидкість. Нагадаємо, що це явище називають іонізацією молекул або атомів, тому що після відриву електрону вони перетворюються в позитивно заряджений іон.

Відірваний електрон забирає від гамма-кванта частину його енергії. Вона цілком достатня для того, щоб цей електрон сам став іонізатором, зриваючи з місця інші електрони або розбиваючи молекули на частини з утворенням іонів обох знаків, поки не утратить швидкість. Лише утративши велику частину енергії, гамма-кванти поглинаються і зникають.

Рентгенівське випромінювання – сукупність гальмового і характеристичного випромінювання, що генерується рентгенівським апаратом. Рентгенівські промені або їх ще називають ікс-промені були відкриті першими з усіх видів ІВ. У них така ж фізична природа і ті ж властивості, що й у гамма-випромінювань. Рентгенівське випромінювання розрізняють, насамперед, по способу одержання і від гамма-випромінювання вони відрізняються тим, що мають поза ядерне походження. Рентгенівські промені одержують у

спеціальних вакуумних рентгенівських трубках при гальмуванні (ударі об спеціальну мішень) швидко летючих електронів.

Рентгенівське випромінювання підрозділяється на два випромінювання:

- *Гальмове випромінювання* – фотонне випромінювання з безупинним енергетичним спектром, що випускається при зміні швидкості заряджених часток. Виникає в рентгенівській трубці, прискорювачах заряджених часток, у середовищі навколо джерела бета-випромінювання;
- *Характеристичне випромінювання* – фотонне моноенергетичне випромінювання; енергія фотонів залежить від матеріалу, з якого виготовлений анод рентгенівської трубки.

Енергія квантів рентгенівських променів трохи менша, ніж гамма-випромінювання більшості радіоактивних ізотопів, і, отже, проникаюча здатність рентгенівського випромінювання трохи нижча, ніж у гамма-випромінювання. У зв'язку з цим його широко використовують замість гамма-випромінювання, зокрема для опромінення насіння рослин і т.д. З цією метою використовують також установки для опромінення (просвічування) людей. Кращими захисними матеріалами від рентгенівського випромінювання є також важкі метали і зокрема свинець.

В останні роки навчилися одержувати електромагнітні випромінювання високої енергії за допомогою прискорювачів заряджених часток. Таке синхронне опромінення має ті ж властивості, що і рентгенівське і гамма-випромінювання.

Основні дози опромінення

Дозою опромінення називається енергія випромінювання, поглинена в одиниця об'єму або маси за увесь час впливу випромінювання. Поглинена речовиною енергія випромінювання витрачається на його іонізацію. Доза опромінення характеризує ступінь іонізації речовини: чим більше доза, тим більше ступінь цієї іонізації. Саме доза опромінення є мірою вражаючої дії радіоактивних випромінювань на організм людини, тварини або рослини. Та сама доза може накопичуватися за різний час, причому біологічний ефект опромінення залежить не тільки від величини дози, але і від часу її накопичення. Чим швидше отримана дана доза, тим більш її вражаючий вплив і навпаки. Тканини, органи людини також мають різну чутливість до радіації. Якщо врахувати ще і це, тоді доза буде називатися *ефективною*.

Існують наступні поняття дози радіаційного опромінення.

Поглинена доза (D) – характеризується енергією, поглиненою одиницею маси речовини, що опромінюється. Одиниця виміру в СІ – грей, Гр (1 Гр = 1 Дж/кг). Грей є мірою кількості енергії ІВ будь-якого виду, поглиненої речовиною будь-якого типу. Позасистемна одиниця – рад.

Еквівалентна доза (H) – величина введена для оцінки можливого збитку здоров'я людині від хронічного впливу ІВ довільного складу. Ця доза

опромінення враховує ту обставину, що різні види випромінювання створюють різний біологічний вражаючий ефект при одній і тій же дозі випромінювання. Наприклад, альфа-випромінювання наносить людині вражаючий ефект у 20 разів більший, ніж така ж доза гамма-випромінювання. Щоб врахувати нерівномірність поразки організму різними видами випромінювань, уведено «коефіцієнт якості», на який необхідно помножити величину поглиненої дози від визначеного виду випромінювання, щоб одержати еквівалентну дозу. Визначається еквівалентна доза по формулі (3.1):

$$H = \sum_{i=1}^n D_i Q_i , \quad (3.1)$$

де Q – коефіцієнт якості випромінювання (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Значення коефіцієнта якості випромінювання Q

Вид випромінювання	Значення Q	Примітка
Рентгенівське і гамма-випромінювання	1	При зменшенні енергії фотонів від 1 МеВ до 5 кеВ коефіцієнт Q збільшується з 1 до 2,6
Електрони, позитрони і бета-випромінювання	1	
Протони	10	З енергією не більш 10 МеВ
Альфа-випромінювання	20	При енергії α -частинок не більш 10 МеВ
Нейтронне випромінювання	10	В інтервалі енергій від 0,1 до 10 МеВ
Нейтронне випромінювання	3	З енергією менше 20 кеВ

Одиницею виміру є – зіверт, Зв ($1 \text{ Зв} = 1 \text{ Дж/кг}$). Зіверт дорівнює дозі випромінювання будь-якого виду, що робить таку ж біологічну дію, як і доза утворена рентгенівським випромінюванням у 1 Гр. Позасистемна одиниця – бер (біологічний еквівалент раду). Усі міжнародні і національні норми встановлені саме в еквівалентній дозі опромінення.

Експозиційна доза (X) або (D_x) – (використовується тільки для фотонного випромінювання) – повний заряд іонів одного знака, що утвориться в одиницю маси повітря. Саме її вимірюють дозиметричними приладами. Вона характеризує джерело і радіоактивне поле, що він створює. Це потенційна небезпека опромінення людини. Людина ввійшла в радіоактивне поле – опромінилася, не ввійшла – не опромінилася, але саме поле з визначеною дозою залишається. Одиниця виміру – Кл/кг. На практиці використовується позасистемна одиниця – рентген, Р.

Один рентген відповідає утворенню в одному см³ сухого атмосферного повітря при нормальних умовах (тобто при температурі 0 °С и тиску 760 мм рт. ст.) 2,082 млрд. пар іонів обох знаків.

Потужність дози опромінення: (P) – відношення збільшення дози за деякий інтервал часу до цього інтервалу часу. Одиниця потужності дози: Гр/с, Зв/с, Р/с, а також кратні одиниці.

Ефективна еквівалентна доза – еквівалентна доза, помножена на коефіцієнт, що враховує різну чутливість різних тканин до опромінення. Ефективна еквівалентна доза (H_{ef}) розраховується за формулою (3.2) і вимірюється в зівертах:

$$H_{ef} = \sum_t W_t H_t , \quad (3.2)$$

де H_t – середнє значення еквівалентної дози H у тканині або органі t з масою m_t .

Вагові коефіцієнти W_t характеризують відношення ризику стохастичного ефекту опромінення даного органу (або тканини) до сумарного ризику стохастичного ефекту при рівномірному опроміненні всього тіла. Вони дозволяють вирівняти ризик опромінення незалежно від того, опромінюється все тіло рівномірно або нерівномірно. Числові значення коефіцієнтів W_t визначаються експериментально і рекомендуються для застосування Міжнародною комісією з радіаційного захисту (МКРЗ). Очевидно, що сума W_t дорівнює 1 (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Значення коефіцієнтів W_t

Орган (тканина)	Коефіцієнт W_t
Гонади	0,25
Молочна залоза	0,15
Червоний кістковий мозок	0,12
Легені	0,12
Щитовидна залоза	0,03
Кісткові поверхні	0,03
Інші органи і тканини	0,30

Коллективна (популяційна) потужність дози (P_s) призначена для кількісної оцінки можливих соматико-стохастичних ефектів у результаті впливу ІВ на групи людей. Іншими словами, **колективна ефективна еквівалентна доза** – ефективна еквівалентна доза, отримана групою людей від якого-небудь джерела радіації, що вимірюється в людино-зівертах (люд.-Зв.). При використанні такої величини передбачається наявність лінійної залежності «доза – біологічний ефект» для будь-якої тканини, що опромінюється будь-яким видом ІВ, як

правило, у дозах, що не перевищують допустимі значення для професійного впливу.

Повна очікувана колективна ефективна еквівалентна доза – колективна ефективна еквівалентна доза, що одержує покоління людей від якого-небудь джерела за увесь час його подальшого існування.

Якщо велике число людей $N(P)$ знаходяться в полі випромінювання з потужністю дози від P до $P + dP$, то величина P_s , що визначається виразом (4.3) і є **колективною (популяційною) потужністю дози**.

$$P_s = \int_0^{\infty} PN(P)dP, \quad (3.3)$$

Колективна (популяційна) доза за деякий період часу від t_1 до t_2 є результат інтегрування за часом колективної потужності дози:

$$D_s = \int_{t_1}^{t_2} P_s(t)dt$$

Потужність дози P_s визначається за формулою (3.3).

3.1.2 Основні радіаційні норми

Основні положення

Основним нормативним документом сьогодні в Україні, що встановлює радіаційні норми для персоналу і населення є «Норми радіаційної безпеки України» (надалі НРБУ-97). Вони включають систему принципів, критеріїв, нормативів та правил, виконання яких є обов'язковою нормою в політиці держави щодо забезпечення протирадіаційного захисту людини та радіаційної безпеки. НРБУ-97 розроблені у відповідності до основних положень Конституції та Законів України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення», «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку», «Про поводження з радіоактивними відходами» [4].

Спадкоємність і новизна

В основу НРБУ-97 покладено:

- рекомендації Міжнародної комісії з радіологічного захисту (МКРЗ), видані у 1989-1996 рр.;
- Міжнародні основні норми безпеки для захисту від іонізуючих випромінювань та безпеки джерел випромінювання (МАГАТЕ, 1994, 1996, 1997, Серія «Безпека» № 115) та інші публікації МАГАТЕ серії «Безпека»;
- позитивний досвід застосування «Норм радіаційної безпеки» (НРБ-76/87);

- нормативно-технічний документ «Критерії для прийняття рішення про заходи захисту населення у випадку аварії ядерного реактора» (1990);
- найважливіші наукові розробки вітчизняних та закордонних фахівців у галузі протирадіаційного захисту та радіаційної безпеки, а також у суміжних галузях.

У порівнянні з попередніми НРБ-76/87 у даний документ введені наступні сучасні концептуальні положення:

- концепція ефективної дози;
- нова система обґрунтування допустимих рівнів з використанням дозиметричних моделей з вік-залежними параметрами;
- дві групи категорій осіб, які зазнають опромінювання (персонал та населення);
- система чотирьох груп радіаційно-гігієнічних регламентів:
 - регламенти, щодо обмеження опромінення при нормальній практичній діяльності;
 - регламентування аварійного опромінення населення;
 - регламентування опромінення від техногенно-підсилених джерел природного походження;
 - основи обмеження медичного опромінення.

Основні регламентовані величини НРБУ-97

НРБУ-97 поширюються на ситуації опромінення людини джерелами іонізуючого випромінювання в умовах:

- нормальної експлуатації індустриальних джерел іонізуючого випромінювання;
- медичної практики;
- радіаційних аварій;
- опромінення техногенно-підсиленими джерелами природного походження.

НРБУ-97 включають чотири групи радіаційно-гігієнічних регламентованих величин:

Перша група – регламенти для контролю за практичною діяльністю, метою яких є додержання опромінення персоналу та населення на прийнятому для індивідууму та суспільства рівні, а також підтримання радіаційно-прийнятого стану навколишнього середовища та технологій радіаційно-ядерних об'єктів як з позицій обмеження опромінення персоналу та населення, так і з позицій зниження імовірності виникнення аварій на них.

До цієї групи входять:

- ліміти доз;
- похідні рівні (допустимі рівні та контрольні рівні).

Друга група – регламенти, що мають за мету обмеження опромінення людини від медичних джерел.

До цієї групи входять – регламентовані рівні.

Третя група – регламенти щодо відвернутої внаслідок втручання дози опромінення населення в умовах радіаційної аварії.

До цієї групи входять:

- рівні втручання;
- рівні дії.

Четверта група – регламенти щодо відвернутої внаслідок втручання дози опромінення населення від техногенно-підсилених джерел природного походження.

До цієї групи входять:

- рівні втручання;
- рівні дії.

Радіаційно-гігієнічні регламенти першої групи (персонал та населення без урахування медичних заходів і обстежень)

Нормами радіаційної безпеки встановлюються такі категорії осіб які зазнають опромінювання:

Категорія А (персонал) – особи, які постійно чи тимчасово працюють безпосередньо з джерелами іонізуючих випромінювань.

Категорія Б (персонал) – особи, які безпосередньо не зайняті роботою з джерелами іонізуючих випромінювань, але у зв'язку з розташуванням робочих місць в приміщеннях та на промислових майданчиках об'єктів з радіаційно-ядерними технологіями можуть отримувати додаткове опромінення.

Категорія В – все населення.

Ліміти доз та допустимі рівні

Числові значення лімітів доз встановлюються на рівнях, що виключають можливість виникнення детерміністичних ефектів опромінення і, одночасно, гарантують настільки низьку імовірність виникнення стохастичних ефектів опромінення, що вона є прийнятною як для окремих осіб, так і для суспільства в цілому (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Ліміти доз опромінення (мЗв/рік)

Ліміти доз опромінення	Категорія осіб, які зазнають опромінення		
	А ^{а) б)}	Б ^{а)}	В ^{а)}
LD _Е (ліміт ефективної дози)	20 ^{б)}	2	1
Ліміти еквівалентної дози зовнішнього опромінення:			
– LD _{к.о.} (для кришталика ока)	150	15	15
– LD _ш (для шкіри)	500	50	50
– LD _{к/с} (для кистей та стіп)	500	50	–

Примітки:

а) розподіл дози опромінення протягом календарного року не регламентується;

б) для жінок дітородного віку (до 45 років), та для вагітних жінок діють обмеження пункту 5.6 НРБУ-97 (див.);

в) в середньому за будь-які послідовні 5 років, але не більше 50 мЗв за окремий рік (LD_{max}).

Для осіб категорій *A* і *B* ліміти доз встановлюються в термінах індивідуальної річної ефективної та еквівалентних доз зовнішнього опромінення (ліміти річної ефективної та еквівалентної дози). Обмеження опромінення осіб категорії *B* здійснюється введенням лімітів річної ефективної та еквівалентної доз критичних груп осіб категорії *B*.

З лімітом дози порівнюється сума ефективних доз опромінення від усіх індустриальних джерел випромінювання. До цієї суми не включають:

- дозу, яку одержують при медичному обстеженні або лікуванні;
- дозу опромінення від природних джерел випромінювання;
- дозу, що пов'язана з аварійним опроміненням населення;
- дозу опромінення від техногенно-підсилених джерел природного походження.

Встановлюється такий перелік допустимих рівнів (ДР), які відносяться до першої групи:

1. Для категорії А:

- допустиме надходження радіонукліду через органи дихання ДНАорг.д;
- допустима концентрація радіонукліду в повітрі робочої зони ДКАр.з.;
- допустима щільність потоку частинок ДЩПА;
- допустима потужність дози зовнішнього опромінення ДПДА;
- допустиме радіоактивне забруднення шкіри, спецодягу та робочих поверхонь ДЗА.

2. Для категорії Б:

- допустиме надходження радіонукліду через органи дихання ДНБорг.д;
- допустима концентрація радіонукліду в повітрі робочої зони $ДК_B^{P.3.}$;

3. Для категорії В:

- допустиме надходження радіонукліда через органи дихання ДНВорг.д і травлення ДНтрав.;
- допустимі концентрації радіонукліда в повітрі ДКВпов. та питної воді ДКВп.в.;
- допустимий скид та викид у довкілля.

Числові значення ДН і ДК розраховані для умов впливу одного радіонукліду та одного шляху надходження при референтних умовах опромінення подані у додатку 2 НРБУ-97.

При контролі річного надходження радіонуклідів і дози зовнішнього опромінення LD не буде перевищено, якщо одночасно виконуються наступні нерівності:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{E_{зо}}{LD_E} + \sum_{i=1}^n \frac{I_i^{інг}}{ДН_i^{дох}} + \sum_{i=1}^n \frac{I_i^{перор}}{ДН_i^{трав}} \leq 1 \quad (a) \\ \frac{H_{кр.о.}}{LD_{кр.о.}} \leq 1 \quad (b) \\ \frac{H_{ш}}{LD_{ш}} \leq 1 \quad (c) \\ \frac{H_{к/с}}{LD_{к/с}} \leq 1 \quad (d) \end{array} \right. , \quad (3.4)$$

де:

$E_{зо}$ – ефективна доза зовнішнього опромінення;

LD_E – ліміт ефективної дози для категорії, що розглядається;

$I_i^{інг}$ – річне інгаляційне надходження і-го радіонукліду;

$ДН_i^{дох}$ – допустиме надходження через органи дихання для і-го радіонукліду та категорії, що розглядається;

$I_i^{перор}$ – річне пероральне надходження і-го радіонукліду;

$ДН_i^{трав}$ – допустиме надходження через органи травлення;

$H_{кр.о.}$ – річна еквівалентна доза в кристалику ока;

$LD_{кр.о.}$ – ліміт еквівалентної дози зовнішнього опромінення кристалика ока;

$H_{ш}$ – річна еквівалентна доза шкіри;

$LD_{ш}$ – ліміт еквівалентної дози зовнішнього опромінення шкіри;

$H_{к/с}$ – річна еквівалентна доза кистей та стіп;

$LD_{к/с}$ – ліміт еквівалентної дози зовнішнього опромінення кистей та стіп;

При контролі середньорічної об'ємної концентрації радіонукліда в повітрі і питної води (продуктах харчування) і дози зовнішнього опромінення LD не буде перевищено, якщо одночасно виконуються наступні нерівності:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{E_{30}}{LD_E} + \sum_{i=1}^n \frac{C_i^{nov}}{ДН_i^{nov}} + \sum_{s=1}^n \frac{C_i^6}{ДН_i^6} \leq 1 \quad (a) \\ \frac{H_{кр.о.}}{LD_{кр.о.}} \leq 1 \quad (b) \\ \frac{H_{ш}}{LD_{ш}} \leq 1 \quad (c), (3.5) \\ \frac{H_{к/с}}{LD_{к/с}} \leq 1 \quad (d) \end{array} \right.$$

де:

- C_i^{nov} – середньорічна об’ємна концентрація і-го радіонукліду в повітрі;
- $ДК_i^{nov}$ – допустима концентрація і-го радіонукліду в повітрі для категорії, що розглядається;
- C_i^6 – середньорічна об’ємна концентрація і-го радіонукліду в воді (продуктах харчування);
- $ДК_i^6$ – допустима концентрація і-го радіонукліду в питній воді.

Примітка: для категорій *A* і *B* в нерівності (а) систем (3.4) та (3.5) останній член суми (пероральне надходження) не розглядається. Для категорії *B* нерівність (d) – не застосовується.

В системах (3.4), (3.5) нерівність (а) забезпечує не перевищення ліміту річної ефективної дози (що відповідає прийнятому ризику стохастичних ефектів), нерівності (b), (c), (d) – лімітів еквівалентної дози зовнішнього опромінення кристалика ока, шкіри, кистей і стіп.

Для категорії *B* величини ДР в 10 раз нижче відповідних ДР категорій *A*.

Опромінення персоналу категорії A

Для персоналу (категорія *A*) індивідуальна річна ефективна доза не повинна перевищувати значення *LD* для даної категорії (табл. 3.3).

Особи, молодші за 18 років, не допускаються до роботи з джерелами іонізуючого випромінювання. Радіоактивне забруднення шкіри, спецодягу та робочих поверхонь не повинне перевищувати $ДЗ_A$, числові значення яких наведені у Додатку 3 НРБУ-97.

Індивідуальний дозиметричний контроль, у конкретних для кожного випадку обсягах є обов’язковим для осіб, у яких річна ефективна доза опромінення може перевищувати 10 мЗв/рік.

Опромінення персоналу категорії Б

Для персоналу (категорія Б) індивідуальна річна ефективна доза не повинна перевищувати значення LD для даної категорії (табл. 3.3).

Значення величин $ДН_B^{дох}$, $ДК_B^{p.3}$ встановлені на рівні 1/10 величин для категорії А ($ДН_A^{дох}$, $ДК_A^{p.3}$), які наведені в додатку 2 НРБУ-97.

Опромінення населення (категорія В)

Регламентация і контроль опромінення населення здійснюється на основі розрахунків річних ефективних та еквівалентних доз опромінення критичних груп. Обмеження опромінення населення здійснюється шляхом регламентації та контролю:

- газоаерозольних викидів і рідинних скидів у процесі роботи радіаційно-ядерних об'єктів;
- вмісту радіонуклідів в окремих об'єктах навколишнього середовища (воді, повітрі, продуктах харчування і інші).

Крім того, для відповідних об'єктів з радіаційно-ядерними технологіями може встановлюватися санітарно-захисна зона, де регламентується спеціальний режим використання її території та спеціальні вимоги радіаційного контролю.

Для відповідних об'єктів з радіаційно-ядерними технологіями встановлюється квота ліміту дози (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Квоти ліміту дози

Джерело	Квота LD за рахунок всіх шляхів формування дози від викиду		Скиди і квота LD за рахунок критичного скиду водокористування		Сумарна квота LD для окремого підприємства	
	%	мкЗв	%	мкЗв	%	мкЗв
АЕС, АТЕЦ	4	100	1	10	8	80
ПЗРВ, уранові шахти	2	20	1	10	4	40
Заводи радіохімічних технологій	10	100	5	50	20	200
Інші джерело, референтне індустріальне джерело	4	40	1	1-	8	80

Примітка: АЕС – атомна електростанція, АТЕЦ – Атомна теплоелектроцентрально, ПЗРВ – пункт захоронення радіоактивних відходів, референтне індустріальне джерело – не специфіковане явним чином стандартне джерело опромінення населення, що застосовується з метою радіаційно-гігієнічного нормування.

На основі квоти LD для кожного окремого об'єкту встановлюються допустимі скиди та допустимі викиди.

Обмеження опромінення вагітних та жінок дітородного віку

До введення спеціальних нормативів для вагітних жінок на виробництві (категорії A , B) встановлені величини ДР в 20 раз нижчі, ніж для відповідних ДР.

Для жінок дітородного віку (до 45 років) які віднесені до категорії A вводиться додаткове обмеження опромінення: середня еквівалентна доза зовнішнього локального опромінення за будь-які 2 послідовні місяці не повинно перевищувати 1 мЗв. При цьому за весь період вагітності ця доза не повинна перевищувати 2 мЗв, а ліміт річного надходження для вагітних встановлюється на рівні $1/20 DHA$.

Адміністрація установи повинна створити умови роботи по відношенню до професійного опромінення відповідно до вище названих вимог.

Контрольні рівні

З метою фіксації досягнутого рівня радіаційної безпеки на даному радіаційно-ядерному об'єкті, в населеному пункті і не встановлюються *контрольні рівні*.

На основі існуючої радіаційної ситуації на конкретному радіаційно-ядерному об'єкті для окремих його приміщень, санітарно-захисної зони, зони спостереження та інших об'єктів для планування заходів захисту та оперативного контролю за радіаційним станом встановлюються контрольні рівні для всіх або окремих категорій осіб, які задають опромінення.

Контрольні рівні встановлює адміністрація радіаційно-ядерного об'єкту при обов'язковому узгодженні з державними регулюючими органами. Значення контрольних рівнів встановлюють на рівні нижчому за відповідні LD та ДР.

Контрольні рівні можуть бути встановлюють для окремих технологічних операцій, режимів експлуатації та окремих підрозділів об'єктів з радіаційно-ядерними технологіями. Контрольні рівні регулярно переглядаються, враховуючи поточний радіаційний стан на об'єкті.

Студентам пропонується самостійно вивчити регламенти інших груп [4], а зокрема:

Друга група – регламенти, що мають за мету обмеження опромінення людини від медичних джерел.

Третя група – регламенти щодо відвернутої внаслідок втручання дози опромінення населення в умовах радіаційної аварії.

Четверта група – регламенти щодо відвернутої внаслідок втручання дози опромінення населення від техногенно-підсилених джерел природного походження.

3.1.3 Технічні засоби і методи захисту від іонізуючого випромінювання

Основні засоби захисту людей від радіації

Основним і надійним методом захисту людей від радіації варто вважати ізоляцію людей від зовнішнього впливу радіоактивного випромінювання, а також виключення умов, при яких можливе попадання радіоактивних речовин в усередину організму людини разом з повітрям, водою, їжею й іншими шляхами.

Найбільш доцільним способом захисту людей від зовнішнього радіоактивного опромінення і радіоактивних речовин є будівництво і використання притулків і протирадіаційних укриттів, що надійно захищають від радіоактивного пилу і забезпечують послаблення радіоактивного гамма-випромінювання, іншого випромінювання і забруднення в сотні-тисячі разів.

Характер і спосіб боротьби з радіоактивним забрудненням довкілля визначаються багатьма факторами. Вони залежать від масштабності і виду забруднень, рівня його локалізації. При великомасштабних атомних аваріях і катастрофах вони зводяться до реалізації наступних заходів:

- запобігання розсіювання радіоактивних речовин на великій території і герметизація джерела викиду;
- термінова евакуація людей з територій, радіоактивне забруднення яких загрожує їхньому здоров'ю;
- висаджування лісів навколо орних земель і інших сільськогосподарських угідь з метою зменшення міграції радіонуклідів, їхнього вимивання і видування водною і вітровою ерозією;
- дезактивація забруднених поверхонь будівель, споруджень, дорожнього покриття, техніки й інших об'єктів;
- зняття поверхневих, сильно забруднених радіонуклідами шарів ґрунту;
- створення заповідних територій на ділянках, на яких виконання дезактивації неможливо або економічно недоцільно;
- використання спеціальних агротехнічних засобів;
- будівництво спеціально обладнаних могильників і поховання в них продуктів дезактивації і технічних засобів;
- будівництво спеціальних наземних і підземних гідротехнічних споруджень, що запобігають або зменшують радіоактивне забруднення гідросфери і забезпечують охорону підземних вод від цього забруднення;
- будівництво доріг із твердим покриттям з метою зменшення міграції радіонуклідів в атмосферу;
- будівництво й експлуатація об'єктів централізованого водопостачання від артезіанських свердловин;
- обробка ґрунтів спеціальними сполучними суспензіями;

- очищення водних джерел шляхом пропущення води через спеціальні фільтри, оснащені ефективними штучними або природними адсорбентами типу цеолітів і інших;
- установлення зон, у яких забороняється перебування людей, збір грибів і ягід, полювання і лов риби;
- радіологічний контроль на забруднених територій;
- проведення широких роз'яснювальних заходів серед населення;
- організація індивідуального контролю за рівнем радіоактивного опромінення людей з використанням дозиметрів-накопичувачів;
- у разі потреби, використання індивідуальних засобів захисту;
- герметизація кабін транспортних засобів і пунктів керування різних механізмів;
- розміщення різних захисних екранів на шляху поширення радіоактивних променів;
- використання спеціальних укриттів, що вкривають джерела радіації, і їхнє виготовлення з матеріалів, що не мають навідну радіацію;
- установлення фільтрів у місцях радіоактивного викиду;
- пилогазове зменшення радіоактивних викидів в атмосферу водою або водоемульсними сполучними рідинами;
- заборона на використання в будівництві будівельних матеріалів з високим рівнем радіації;
- підвищення надійності і безаварійності атомних установок;
- контроль харчових продуктів на зміст у них радіонуклідів і забезпечення людей радіаційно-чистими продуктами;
- установлення додаткових спеціальних пільг особам, що постраждали від радіації (скорочення віку виходу на пенсію, додаткові відпустки, систематичне лікування і профілактика захворювань у лікувальних установах і санаторіях і інше);
- газифікація населених пунктів з метою уникнення використання місцевого радіоактивного твердого палива;
- вживання людьми антимутагенних препаратів, таких як вітамін Е, вітамін С, соків, капусти, редиски, селери й інших;
- використання протирадіаційної фітотерапії і радіопротекторів;
- дотримання правил готування їжі в умовах радіаційного забруднення, радіаційного контролю харчових продуктів і гігієни харчування в умовах радіаційного забруднення.

Методи захисту людей від зовнішнього та внутрішнього випромінювання

Зовнішнє випромінювання

1. Для категорії А (персонал)

Основними способами захисту від зовнішнього випромінювання є:

- використання для роботи джерел з мінімально можливою активністю (захист кількістю);
- проведення робіт, пов'язаних з опроміненням, протягом мінімального часу (захист часом);
- видалення під час роботи на максимальне відстані від джерел ІВ (захист відстанню.);
- зменшення природного випромінювання за допомогою екрана (захист екраном).

Захист відстанню

Захист від γ -випромінювань може бути забезпечена, якщо персонал знаходиться від джерела на відстані рівному або більшому розрахованому по формулі:

$$R = \sqrt{\frac{K_{\gamma} A t}{X_H}}, \text{ см} \quad (3.6)$$

де K_{γ} – γ -постійна нукліда, $\text{P}\cdot\text{см}^2/\text{год}\cdot\text{мКи}$ (табл. 3.5);

A – активність джерела, мКи;

t – тривалість роботи протягом тижня, ч;

X_H – допустима протягом тижня доза опромінення (при 36 годинному робочому тижні і 50 тижнях у році $X_H = 0,12 \text{ P}$).

Таблиця 3.5 – Значення γ -постійна деяких нуклідів

Нуклід	K_{γ} , $\text{P}\cdot\text{см}^2/\text{год}\cdot\text{мКи}$	Нуклід	K_{γ} , $\text{P}\cdot\text{см}^2/\text{год}\cdot\text{мКи}$
Натрій-24	19,0	Цезій-137	3,1
Кобальт-60	12,93	Радій-226	9,36
Стронцій-89	14,11	Уран-238	0,091

Захист часом

Захист від γ -випромінювань забезпечується, якщо тривалість роботи з джерелом не перевищує величини, розрахованої по формулі:

$$t = \frac{X_H R^2}{K_\gamma A}, \text{ ч} \quad (3.7)$$

Позначення ті ж що і формулі (3.6).
Захист від потоку нейтронів :

$$t = \frac{36N_{\text{дон}}}{N}, \text{ ч} \quad (3.8)$$

де $N_{\text{дон}}$ – припустима щільність потоку нейтронів згідно табл. 3.6, нейтр/см²·с;

N – щільність потоку нейтронів на робочому місці, нейтр/см²·с, розрахована по формулі:

$$N = \frac{N_0}{4\pi R^2} \quad (3.9)$$

Тут N_0 – вихід нейтронів із джерела, нейтр/с. R – відстань від джерела, см.

Таблиця 3.6 – Дозові характеристики моноенергетичних нейтронів

Енергія нейтронів, МеВ	$N_{\text{дон}}$, нейтр/см ² ·с	Енергія нейтронів, МеВ	$N_{\text{дон}}$, нейтр/см ² ·с
теплові	700	100	14
1 10 ⁻⁵	530	500	11
0,005	430	1000	6
0,1	84	3 10 ³	3
1	19	10 ⁴	2
5	16	3 10 ⁴	1,5
10	14	1 10 ⁵	1,2
20	11	1 10 ⁶	0,8

Захист кількістю

Захист від γ -випромінювань забезпечується, якщо при 36 годинному робочому тижні активність джерела в мКи не перевищить величини, розрахованої по формулі:

$$A = \frac{X_H R^2}{K_\gamma t}, \text{ мКи} \quad (3.10)$$

Позначення ті ж що і формулі (3.6).

Захист екранами

- альфа-випромінювання практично безпечно при зовнішнім опроміненні, тому досить знаходитися на відстані 15-20 см від джерела, щоб бути в безпеці;
- для захисту від бета-випромінювання (особливо при великих енергіях) використовують екрани з легких матеріалів (стекло, плексиглас, алюміній);
- для захисту від рентгенівського і гамма-випромінювання використовують екрани з важких металів (свинець, вольфрам, сталь, сплави міді), бетон і баритобетон;
- для захисту від нейтронного випромінювання застосовують воду, парафін, матеріали, що містять воду, а також графіт, берилій і ін.

При нейтронному опроміненні припустимий вихід нейтронів із джерела N_0 при 36 годинного робочого тижня не повинна перевищувати:

$$N_0 = \frac{N_{\text{дон}} 4\pi R}{c} e^{-d/\lambda}, \quad (3.11)$$

де c – поправочний коефіцієнт (табл. 3.7);

λ – довжина релаксації потоку нейтронів у матеріалі екрану, см;

d – товщина екрану.

Таблиця 3.7 – Значення коефіцієнтів c і λ для нейтронів з енергією до 11 МеВ

Матеріал	λ , см	c
Бетон	19,7	1,2
Парафін	17,5	1,3
Вода	16,9	1,3

2. Для категорій Б та В (населення)

Основними заходами щодо захисту населення від іонізуючих випромінювань є всебічне обмеження надходження в навколишню атмосферу, воду, ґрунти відходів виробництва, що містять радіонукліди, а також зонування території поза промисловим підприємством. У разі потреби створюють СЗЗ та зони спостереження.

СЗЗ – територія навколо установи або джерела радіоактивних викидів, на якій рівень опромінення може перевищувати граничну дозу (ГД). Критерієм для визначення розмірів СЗЗ служать межі річного надходження радіоактивних речовин через органи дихання і травлення та ГД зовнішнього випромінювання для категорії Б, а також допустима об'ємна концентрація радіоактивних

речовин в атмосфері і воді. У цій зоні встановлюється режим обмежень і проводиться радіаційний контроль.

Зона спостереження – територія, на котрій можливий вплив радіоактивних викидів і опромінення населення, яке мешкає на даній території, може досягти встановленої ГД. На території зони спостереження, розміри якої у 3-4 рази перевищують розміри СЗЗ, проводиться радіаційний контроль.

Для підприємств атомної промисловості і ядерної енергетики СЗЗ встановлюється спеціальними нормативними актами. Мінімальна відстань від АТЕЦ і АЕС до міст із населенням понад 10 тис. жителів наведена в табл. 3.8.

Таблиця 3.8 – Мінімальна відстань від АТЕЦ та АЕС до міст

Чисельність населення, тис. людей	Відстань, км від:	
	АТЕЦ	АЕС
100 і більш	10	–
300 і більш	12	25
500 і більш	18	–
1000-2000	25	40

Нагляд за дозою опромінення і надходження радіонуклідів в організм досягається введенням контролю радіаційної обстановки за місцем проживання. Якщо за результатами тривалого спостереження встановлено, що опромінення критичних груп органів у осіб категорії Б не перевищує 0,1 гранично допустимої дози, то радіаційний контроль за опроміненням населення може бути скорочений при обов'язковому збереженні радіаційного контролю за джерелами викидів в атмосферу і скидання у водойми. Радіаційний контроль здійснюють установи і підприємства, де проводяться роботи із застосуванням радіоактивних речовин і джерел іонізуючих випромінювань.

Захист від внутрішнього опромінення

Для попередження потрапляння радіоактивної речовини усередину організму приймаються різні захисні міри: вентиляція, ведення робіт у вакуумних шафах, застосування автоматичних маніпуляторів і телебачення, а також індивідуального захисного засобу – респіратори, шлангові протигази, пневмокостюми. Для прискореного виведення радіонуклідів з організму людини застосовують наступні прийоми: промивання шлунково-кишкового тракту, прийом адсорбентів, ізотопне розведення.

Дуже ефективним у боротьбі з радіацією є застосування лікарських рослин, використовуваних у народній медицині, і сприятливих виведенню радіонуклідів з організму. Радіація уражає імунну систему, придушує імунітет, тобто опір організму до всіх несприятливих факторів зовнішнього середовища, що виявляється в ослабленні організму і його підвищеної захворюваності.

Тому, як встановлено спеціалістами–радіобіологами, добрий захисний ефект від наслідків навчання забезпечують радіопротектори – антиоксиданти.

Антиоксиданти – це речовини, що нейтралізують, знешкоджують дію, що виникають у клітинах, у результаті опромінення, вільних радикалів – часток, що володіють великою вражаючою дією на живу клітку. До природних антиоксидантів належать вітаміни А, Е, С, В, Р і інші, і, відповідно, до радіопротекторів можна віднести лікарські рослини з високим змістом цих вітамінів. Вважають, що будь-яка, навіть сама маленька доза радіаційного опромінення, може стати канцерогенної, тобто, обумовити рак. Для профілактики і лікування раку в народній медицині вже давно використовують лікарські рослини. У боротьбі з наслідками радіаційної поразки організму людини допомагають лікарські рослини з різними лікувальними діями: сечогінні, проносні, потогінні, загальнозміцнювальні, що нормалізують обмін речовин, вітамінні, поліпшуючи кровотворення і склад крові, кровоочисні засоби, рослинні засоби від білокрів'я, нервових розладів, опромінення, отруєння, лейкозів, рослини-антиоксиданти.

Питання для самоперевірки та обговорення *

1. Дайте визначення поняттю «іонізуюче випромінювання» та його класифікацію.
2. Наведіть і охарактеризуйте продукти розпаду важких та нестабільних ядер.
3. * Які Ви знаєте дози іонізуючого випромінювання та одиниці їх виміру?
4. Розкрийте зміст національних норм радіаційної безпеки.
5. Які основні регламентовані величини наведені в НРБУ-97?
6. Охарактеризуйте радіаційно-гігієнічні регламенти для персоналу та населення без урахування медичних заходів і обстежень.
7. * Які Ви знаєте норми радіаційної безпеки при обмеженні опромінення людини від медичних джерел?
8. * Стисло наведіть головні норми радіаційної безпеки населення та персоналу в умовах радіаційної аварії.
9. * Охарактеризуйте регламенти щодо відвернення дози випромінювання внаслідок техногенно-підсилених джерел природного походження.
10. Наведіть основні засоби захисту людей від радіації.
11. Які методи захисту людей від зовнішнього та внутрішнього випромінювання Ви знаєте?

3.2 НОРМУВАННЯ ШУМУ Й УЛЬТРАЗВУКУ

Студент за допомогою матеріалу, викладеному в даному підрозділі, повинен знати: основні властивості та характеристики шумового забруднення довкілля, вплив шуму на біологічні об'єкти, допустимі рівні шуму для населення та методи і технічні засоби щодо боротьби із шумовим забрудненням.

3.2.1 Шум, його основні характеристики та вплив на довкілля

Шумовий вплив – одна з форм шкідливого фізичного впливу на навколишнє природне середовище. Забруднення середовища шумом виникає в результаті недопустимого перевищення природного рівня звукових коливань. З екологічної точки зору в сучасних умовах шум стає не просто неприємним для слуху, але і приводить до серйозних фізіологічних наслідків для людини. В урбанізованих зонах розвинутих країн світу від дії шуму страждають десятки мільйонів людей.

З фізичної точки зору звук це механічний коливальний рух часток пружного середовища (газового, рідкого або твердого), що носить як, хаотичний характер, так впорядкований характер.

Шум – це сукупність звуків різної частоти, сили і тривалості, що несприятливо впливають на слух людини, які заважають його роботі і відпочинку.

ДСТУ 2867-94 «Шум. Методи оцінювання виробничого шумового навантаження. Загальні вимоги» передбачає класифікацію шумів, допустимі рівні шуму на робочих місцях, загальні вимоги до шумових характеристик машин, механізмів і устаткування, методи виміру шуму і захист від шуму.

Шум, у якому звукова енергія розподілена по всьому спектрі частот, називається *широкосмуговим*. Звук визначеної частоти називається *тональним*. Шум, що сприймається як окремі імпульси (удари), називається *імпульсним*.

По часовим характеристикам шуми підрозділяються на постійні і непостійні, котрі у свою чергу поділяються на:

- Коливні в часі, рівень звуку яких безупинно міняється в часі;
- Переривчасті – рівень різко падає до рівня фонового шуму;
- Імпульсні, що складаються із сигналів тривалістю менш 1 с.

Крім цього, у залежності від фізичної природи шуми можуть бути:

- *Механічного походження*, що виникають при вібрації поверхонь машин і устаткування, а також при одинарних або періодичних ударах в деталях або конструкціях у цілому;
- *Аеродинамічного походження*, що виникають унаслідок процесів, що відбуваються в газах (вихрові процеси, коливання робочого середовища при обертанні лопаткових коліс, пульсації тиску при переміщенні в повітрі тіл з великими швидкостями, вихід стиснутого повітря, пари або газу і т.п.);
- *Електромагнітного походження*, що виникають унаслідок коливань елементів (ротора, статора, сердечника, трансформатора й ін.) електромеханічних пристроїв під дією змінних магнітних полів;
- *Гідродинамічного походження*, що виникають унаслідок процесів, що відбуваються в рідинах (гідравлічні удари, кавітація, турбулентність потоку й ін.).

У залежності від слухового сприйняття людини пружні коливання в діапазоні частот від 16 до 20 000 Гц називають *звуком*, менш 16 Гц – *інфразвуком*, від 20 000 до 10^9 Гц – *ультразвуком* і понад 10^9 Гц – *гіперзвуком*. Фізично звук характеризується частотою f , інтенсивністю I і звуковим тиском P .

Поширення звукових хвиль супроводжується переносом коливальної енергії в просторі. Її кількість, що проходить через площу 1 м^2 , яка розташована перпендикулярно напрямку поширення звукової хвилі, обумовлює інтенсивність або силу звуку I , що розраховується за формулою:

$$I = E/S, \text{ Вт/м}^2 \quad (3.12)$$

де E – потік звукової енергії, Вт;
 S – площа, м^2 .

Вухо людини відчутно не до інтенсивності звуку, а до тиску P звукової хвилі, який визначається за формулою:

$$P = F/S, \text{ Па} \quad (3.13)$$

де F – нормальна сила, з якою звукова хвиля діє на поверхню, Н;
 S – площа поверхні, на яку падає звукова хвиля, м^2 .

Величини інтенсивності і звукового тиску, з якими приходиться мати справу на практиці, змінюються в широких межах. Порогові чутності при частоті 1000 Гц відповідає інтенсивності звуку 10^{-12} Вт/м^2 і звуковий тиск $2 \cdot 10^{-5} \text{ Па}$. При інтенсивності звуку 10^2 Вт/м^2 і звуковому тиску $2 \cdot 10^2 \text{ Па}$ створюється відчуття болю у вухах. Ці рівні називаються порогом болючого відчуття і перевищують поріг чутності в 10^{14} і 10^7 разів, відповідно. Тому для оцінки шуму зручно вимірювати не абсолютні значення інтенсивності і тиску, а відносний їхній рівень у логарифмічних одиницях, що характеризується відношенням фактично створюваних інтенсивності і тиску до їхніх значень, що відповідають порогові чутності.

По логарифмічній шкалі збільшення інтенсивності і тиску звуку в 10 разів відповідає приросту відчуття на 1 одиницю, названу белом (Б):

$$L = \lg \frac{I}{I_0} = 2 \lg \frac{P}{P_0} \quad (3.14)$$

де I_0 і P_0 – інтенсивність і тиск звуку на порозі чутності.

Для зручності користаються не белом, а одиницею в 10 разів меншої – децибелом (дБ), що відповідає мінімальному збільшенню сили звуку, що розрізняється вухом.

Третьою важливою характеристикою звуку, що визначає його висоту, є частота коливань, змінювана числом повних коливань, зроблених за 1 с (Гц).

Чутний діапазон частот умовно розподілений на октавні смуги, у яких верхня гранична частота дорівнює подвоєній нижній частоті. Таке допущення пов'язане з тим, що при подвоєнні частоти висота звуку змінюється на ту саму величину незалежно від того, у якому частотному інтервалі відбувається ця

зміна. Кожна октавна смуга характеризується середньгеометричною частотою, що визначається за формулою:

$$f = \sqrt{f_1 f_2} = \sqrt{2 f_1^2} \approx 1,4 f_1, \quad (3.15)$$

де f_1 – нижня гранична частота, Гц;

f_2 – верхня гранична частота, Гц.

3.2.2 Основні джерела шумового забруднення довкілля

Шумове забруднення сучасних міст і сіл є однією з найбільш актуальних проблем сучасності. У зв'язку з ростом кількості автомашин, індустріалізацією міст, збільшенням технічного оснащення міського господарства розширюється вплив техносфери міста на навколишнє середовище. Сільські ландшафти, приміські території зазнають впливу від активних шосейних доріг і залізниць, аеродромів, морських і річкових портів. До цих джерел шуму відносяться також залізничні вузли і станції, великі автовокзали й автогосподарства, мотелі і кемпінги, промислові об'єкти і великі бази будівельної індустрії, енергетичні установки.

Джерелами шумів є також гучномовці, ліфти, телевізори, радіоприймачі, музичні інструменти, юрби людей і окремі особи (табл. 3.9).

Таблиця 3.9 – Джерела шуму

№	Джерело шуму	Рівень шуму, дБ	№	Джерело шуму	Рівень шуму, дБ
1	Зимовий ліс у тиху погоду	0	7	Відбійний молоток	90
2	Шепіт	20	8	Важкий самоскид	100
3	Сільська місцевість	30	9	Концерт поп-музики	110
4	Читальний зал	40	10	Грім	130
5	Машбюро	65	11	Реактивний літак на відстані 25 м	140
6	Салон автомобіля	70	12	Старт космічної ракети	150

Примітка. Для джерел № 1-6 рівень шуму допустимий, № 7-10 – граничний рівень, а № 11 і 12 – недопустимий.

Основні джерела антропогенного шуму – транспорт (автомобільний, рейковий і повітряний) і промислові підприємства. Найбільший шумовий вплив на довкілля робить автотранспорт (80% від загального шуму). У великих містах України рівні шуму на транспортних магістралях досягають у середньому 75-80 дБ. Населення, що проживає біля магістралей з інтенсивним рухом транспорту, підпадає під вплив еквівалентного рівня звуку 77-84 дБ. У зонах, що безпосередньо прилягають до транспортних магістралей, еквівалентні рівні звуку складають 80-85 дБ.

Розташування аеропортів у межах міст приводить до значного акустичного дискомфорту в житлових районах, над якими проходять траси польотів, оскільки створюється шум з максимальними й еквівалентними рівнями відповідно 105-116 і 87-98 дБ, що значно перевищує гранично допустимі рівні. Шум від залізниці проникає на територію прилеглої житлової забудови й у 7,5 м від залізничної колії, максимальні рівні звуку при проїзді пасажирського електричного потяга досягають 88 дБ, вантажного потяга – 90-93 дБ. За ствердженням фахівців Українського гігієнічного центру при МОЗ України, близько 40% загальної площі середньостатистичного міста (з населенням 750 тис. жителів) недопустимі для нормального проживання через надмірне акустичне забруднення. У містах з мільйонним населенням жителі магістральних вулиць відчують значне шумове навантаження, що у ряді випадків досягає 83-90 дБ, причому на 55-87% джерелами підвищеного рівня шуму є автотранспорт. При цьому гранично допустимий рівень на територіях, що прилягають до будинків, протягом доби складає 70 дБ від 7 години до 23 години і 60 дБ – від 23 до 7 годин. Усе це свідчить про необхідність зниження шумового забруднення житлових районів сучасних міст до меж, що відповідають санітарним нормам.

3.2.3 Вплив шуму на біоту

Природні звуки на екологічному благополуччі людини, як правило, не відбиваються. Звуковий дискомфорт створюють антропогенні джерела шуму, що підвищують стомлюваність людини, знижують його розумові можливості, значно знижують продуктивність праці, викликають нервові перевантаження, шумові стреси і тому подібне. Високі рівні шуму (більш 60 дБ) викликають численні скарги, при 90 дБ органи слуху починають деградувати, 110-120 дБ вважається болючим порогом, а рівень антропогенного шуму понад 130 дБ – руйнівний для органа слуху межа.

Примітка: при силі шуму в 180 дБ у металі з'являються тріщини. Жінки більш сприйнятливі до дії сильного шуму, і в них за умови звукового дискомфорту виникають ознаки неврастенії.

Вплив шуму на людину може виявлятися не тільки у виді специфічної поразки органа слуху, але і несприятливо впливати на багато інших органів і функції організму.

Численні експерименти і практика підтверджують, що антропогенний шумовий вплив несприятливий позначається на організм людини і скорочує тривалість його життя, тому що звикнути до шуму фізично неможливо. Людина може суб'єктивно не зауважувати звуки, але від цього руйнівна дія його на органи слуху не тільки не зменшується, але і збільшується.

Короткочасний вплив інтенсивного шуму приводить до тимчасового зниження гостроти слуху зі швидким відновленням функції після припинення фактора (адаптаційна захисно-приспосувальна реакція слухового органа). Тривалий вплив інтенсивного шуму може приводити до надзвичайного

роздратування кліток звукового аналізатора і його стомлення, а потім до стійкого зниження гостроти слуху. Найбільш несприятливими з цього погляду є високочастотні (частота близько 4000 Гц) імпульсні шуми.

Крім дії шуму на органи слуху, установлені його вплив і на центральну нервову систему, що виявляється у виді комплексу симптомів: дратівливість, ослаблення пам'яті, апатія, пригніченість, зміна шкірної чутливості, уповільнення швидкості психічних реакцій, розлад сну й ін. При роботі на фоні шуму відбувається зниження продуктивності і якості праці.

У людей, що піддаються дії шуму, відзначаються зміни секреторної і моторної функції шлунково-кишкового тракту, зрушення в обмінних процесах (порушення основного, вітамінного, вуглеводного, білкового, жирового, сольового обмінів).

Вплив ультразвуку на людину виявляється багато в чому схожим з високочастотним шумом, однак має і ряд особливостей. Насамперед працюючі скаржаться на болі переважно в передній і скроневій областях голови, надмірно підвищену стомлюваність. У них спостерігаються тиски у вухах, невпевнена хода, запаморочення, сонливість. Відпочинок після роботи усуває ці порушення. При систематичному впливі ультразвуку іноді відзначаються порушення вестибулярного апарату, підвищення температури тіла і шкіри, зниження рівня цукру в крові. Якщо поряд з інтенсивним ультразвуком присутній і сильний шум, то спостерігається значне погіршення слуху.

Несприятливо впливає на харчування тканин внутрішніх органів і на психічну сферу людини і звукові коливання з частотою менш 16 Гц (інфразвук). Так, наприклад, дослідження, проведені датськими вченими, показали, що інфразвуки викликають у людей стан, аналогічний морської хвороби, особливо при частоті менш 12 Гц.

Шум шкідливий не тільки для людини. Установлено, що рослини під впливом шуму повільніше ростуть, у них спостерігається надмірне (навіть повне) виділення вологи через листи, що може привести до загибелі рослин.

У США встановлено, що хаотичний шум потужністю 100 дБ приводить до запізнювання пророщення насіння і до інших небажаних ефектів.

Аналогічно діє шум на тварин. Від шуму реактивного літака гинуть личинки бджіл, а самі вони втрачають здатність орієнтуватися, у пташиних гніздах виникають тріщини в шкарлупі яєць. Від шуму знижуються надої, приріст у вазі свиней. Болісно переносять шум риби, особливо в період нересту.

3.2.4 Допустимі рівні шуму й ультразвуку

Гігієністи вважають верхньою шкалою шуму для лікарень і санаторіїв 35 дБ, для квартир і навчальних приміщень – 40 дБ, стадіонів і вокзалів – 60 дБ.

Розрізняють два види нормування виробничого шуму: санітарно-гігієнічне і технічне. Перше регулює рівень шуму з огляду на його дію на організм людини. Норматив житлового шуму – 40 дБ вдень і 30 дБ – уночі.

Технічне нормування стандартизує існуючі або очікувані шумові характеристики устаткування об'єкта. Друге повинно забезпечувати вимоги першого.

Норми шуму на робочих місцях регламентуються «Санітарними нормами виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку ДСН 3.3.6.037-99».

Нормування шуму проводиться за рівнем звукового тиску або за рівнем звуку в залежності від характеру виконуваних у приміщенні робіт, частоти шуму і його характеру по частотному спектрі і зміні в часі.

Для такої оцінки ДСТУ 2867-94 дозволяє за характеристику постійного шуму на робочому місці взяти рівень звуку в децибелах, що вимірюється за шкалою А шумоміра:

$$L_A = 20 \lg \frac{P_A}{P_0}, \quad (3.16)$$

де P_A – середньоквадратичний звуковий тиск з урахуванням корекції шумоміра, Па

P_0 – нормований звуковий тиск, $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па.

Допустимі рівні звукового тиску відповідно до ДСТУ 2867-94 наведені в додатку Г.

Характеристикою ультразвуку, створюваного коливаннями повітряного середовища в робочій зоні, є рівні звукового тиску L у дБ в октавних смугах с середньгеометричними частотами від 12,5 до 100 кГц. Припустимі значення рівня звукового тиску приймають за допомогою табл. 3.10 (ДСН 3.3.6.037-99).

Таблиця 3.10 – Допустимі рівні звукового тиску на робочих місцях

Середньгеометричні частоти трьох октавних смуг, кГц	Рівень звукового тиску, дБ
12,0	80
16,0	90
20,0	100
25,0	105
25,0 ... 100,0	110

Характеристиками ультразвуку, що передається контактним шляхом, є пікові значення віброшвидкості (м/с) у частотному діапазоні 10^5 – 10^9 Гц або його логарифмічний рівень (дБ), який визначається за формулою:

$$L_V = 20 \lg \frac{V}{V_0}, \quad (3.17)$$

де V – пікові значення віброшвидкості, м/с;

V_0 – опорне значення віброшвидкості, рівне $5 \cdot 10^{-6}$ м/с.

Допустимі рівні ультразвуку в зонах контакту оператора з робочими органами приладів і установок не повинні перевищувати 110 дБ.

3.2.5 Методи і технічні засоби боротьби із шумовим забрудненням довкілля

Проблема зменшення шумового забруднення навколишнього середовища є багатогалузевою, у рішенні якої беруть участь фахівці широкого спектра: конструктори, лікарі-гігієністи, будівельники, архітектори, містобудівники, економісти і т.п. У сучасних наукових дослідженнях щодо шумозахисту можна виділити основні аспекти:

- *санітарно-гігієнічний* – пов'язаний з вивченням гігієнічних умов проживання і стану здоров'я працівників, а також з особливостями впливу зовнішніх міських шумів на організм у цілому і на функції окремих органів і систем;
- *інженерно-технічний аспект* – пов'язаний з вивченням процесів шумоутворення від промислових установок і агрегатів, транспортних машин, технологічного й інженерного устаткування, а також з розробкою більш досконалих мал шумних конструктивних рішень, норм гранично допустимих рівнів шуму на верстати, агрегати, транспортні засоби і т.п.;
- *архітектурно-планувальний аспект* – пов'язаний з урахуванням вимог шумозахисту в проектах планування і забудови міст, житлових районів і мікрорайонів. Передбачається зниження рівня шуму шляхом застосування екранів, територіальних розривів, шумозахисних конструкцій, зонування і районування джерел і об'єктів захисту, захисних смуг озеленення.
- *будівельно-акустичний* – передбачає розробку для житлових будинків огорожувальних конструкцій з необхідними звукоізолюючими характеристиками – перекриттів, зовнішніх стін, вікон, кватирок, балконних дверей, а також розробку нових типів житлових і суспільних шумових навантажень;
- *економіко-соціальний* – пов'язаний з виявленням економічних і соціальних збитків, що створюються шумом, населенню й об'єктам господарської діяльності, виявленням економічно доцільних напрямків зниження шумів і т.п.

Визначений внесок у захист середовища від шумового впливу вносять заборона звукових сигналів автотранспортом, авіапольотів над містом, обмеження (або заборона) злетів і посадок літаків у нічний час і інші *організаційні міри*.

Однак зазначені заходи навряд чи дадуть належний екологічний ефект, якщо не буде зрозуміле головне: захист від шумового впливу – проблема не тільки технічна, але і соціальна. Необхідно виховувати звукову культуру і обов'язково не допускати дій, що сприяли б зростанню шумового забруднення середовища.

Необхідність здійснення заходів щодо зниження шуму визначається на підставі виміру відповідних рівнів L , L_{Aeq} , L_{Amax} і порівняння з допустимими

значеннями. Для об'єктів, що проектуються необхідність таких заходів може бути визначена лише на підставі акустичного розрахунку, що включає:

- виявлення джерел шуму і визначення їхніх шумових характеристик;
- вибір розрахункових точок (РТ) і визначення для них допустимих рівнів звукового тиску (РЗТ);
- визначення очікуваних РЗТ в РТ до здійснення заходів щодо зниження шуму;
- визначення необхідного зниження РЗТ в РТ;
- вибір заходів щодо забезпечення необхідного зменшення РЗТ;
- розрахунок і проектування засобів, що мають здатність до шумоглушення, шумопоглинання і шумоізоляції (глушители, екрани, звуковбирне облицювання та інші).

Характеристика спрямованості випромінювання шуму показує розподіл сили звуку за різними напрямками навколо джерела. Цю характеристику необхідно знати для розрахунків звукового тиску від даного джерела на робочих місцях або в інших точках, якщо машини встановлюються на відкритих майданчиках, і їхній шум може поширюватися на забудовану територію.

Показник спрямованості випромінювання шуму G – відношення інтенсивності звуку I , створюваного джерелом у даній точці, до інтенсивності $I_{сер}$, що створило би джерело з такою же потужністю, але що рівномірно випромінює звук у всіх напрямках:

$$G = \frac{I}{I_{сер}}, \quad I_{сер} = \frac{P}{4\pi r^2} \quad (3.18)$$

де r – відстань від джерела шуму до точки спостереження.

Шумові характеристики приводяться заводом-виробником у технічній документації на стаціонарні машин і устаткування.

Рівень інтенсивності звуку в РТ, що відповідає рівню звукового тиску розраховується за виразом:

$$L = L_p^{6unp} + 10 \lg \sigma - 10 \lg \Omega - 20 \lg r - \Delta L_p^{6H}, \quad (3.19)$$

де L_p^{6unp} – рівень звукової потужності шуму, що випромінюється в НС;

Ω – просторовий кут випромінювання звуку;

r – відстань до РТ;

ΔL_p^{6H} – зниження рівня звукової потужності (РЗП) на шляху поширення шуму у відкритому просторі.

Через відсутність перешкод і за невеликих відстаней (до 50 м) $\Delta L_p^{6H} = 0$. При великих відстанях дає про себе знати загасання звуку в повітрі, особливо на високих частотах. Це відбувається внаслідок поглинання енергії в процесі релаксації молекул повітря, а також через її втрати, обумовлені теплопровідністю і в'язкістю повітря. У цих випадках $\Delta L_p^{6H} = (\beta_a r)/1000$, де β_a – загасання звуку в атмосфері.

Наявність вітру, рослинності, особливості рельєфу і т.п. впливають на значення ΔL_p^{6H} . Вираз (3.19) приведено для умов вільного поширення звуку без

врахування відбиття його від будинків, споруджень, котрі розташовані поруч. У реальних умовах зниження РЗТ відбувається повільніше, ніж за законом квадрата відстані, тому у випадку розташування РТ серед будинків і споруджень варто брати не $20 \lg r$, а $15 \lg r$.

Для зниження шуму можуть бути застосовані наступні заходи:

- зниження РЗП джерела шуму L_p , що в умовах експлуатації досягається заміною гучного, застарілого обладнання, а при проектуванні – вибором устаткування з кращими шумовими характеристиками, правильним розрахунком режиму його роботи і т.п.;
- правильна орієнтація джерела шуму або місця випромінювання шуму відносно РТ для зниження показника спрямованості G . З цією метою аеродинамічні пристрої для добору і викиду повітря і газоповітряної суміші варто встановлювати так, щоб випромінювання шуму відбувалося в протилежну сторону від житлових і суспільних будинків. Зниження шуму за рахунок правильної орієнтації може бути визначене як $\Delta L = G_1 - G_2$, де G_1 і G_2 – показники спрямованості випромінювання шуму відповідно повітрянозабірним або вихлопними пристроями при їхній неправильній і правильній орієнтації убік РТ;
- розміщення джерела шуму на максимально можливій відстані від РТ або, навпаки, – житлові забудови від підприємства, тобто за рахунок реалізації комплексу архітектурно-планувальних заходів;
- використання засобів звукопоглинання при виконанні акустичної обробки дзвінких приміщень, через вікна яких шум випромінюється назовні (для збільшення β цих приміщень);
- зниження шуму на шляху його поширення від джерела виникнення до РТ. Цей захід пов'язаний зі збільшенням ΔL_p і полягає в наступному:
 - а) використання засобів звукоізоляції шляхом застосування таких матеріалів і конструкцій для зовнішніх стін, вікон, воріт, дверей, трубопроводів і комунікацій, що проходять через огорожувальні конструкції будинків, які можуть забезпечити необхідну звукоізоляцію:
 - влаштування спеціальних боксів і звукоізолюючих кожухів при розміщенні гучного устаткування;
 - застосування екранів, що перешкоджають поширенню звуку від устаткування, розташованого на території промислового підприємства;
 - б) використання засобів віброізоляції і вібродемпфірування;
 - в) встановлення глушителів шуму у повітропроводах, каналах і газодинамічних трактах іспитових боксів, компресорів, вентиляторів і т.д.;
- здійснення організаційно-технічних заходів, зв'язаних із проведенням своєчасного ремонту, змащення машин і устаткування, обмеженням і повною заборонаю проведення гучних робіт і експлуатації найбільш інтенсивних джерел шуму в нічний час.

Одним з ефективних способів зниження шуму на шляху його поширення є застосування захисних смуг озеленення. Захисні насадження в містах можуть використовуватися як самостійні засоби шумозахисту і разом з іншими інженерними шумозахисними спорудженнями.

Спеціальні смуги зелених насаджень мають комплексний характер захисної дії – захист від шуму, вихлопних газів автотранспорту, абсорбція пилу й інших шкідливих речовин, що забруднюють повітря, поліпшення мікрокліматичних показників міського середовища, позитивна психологічна й естетична дія на населення. Усе це значно підвищує соціальну значимість озеленення як містобудівного засобу шумозахисту.

Зниження рівня шумового забруднення при застосуванні захисних насаджень відбувається внаслідок таких явищ, як розсіювання, поглинання і дифракція звукових хвиль.

Зелені насадження щільної посадки з деяким наближенням можна розглядати як бар'єр, що грає роль екрану на шляху поширення звукових хвиль, тобто як напівпрозорий екран, за яким утвориться звукова тінь.

Акустичний ефект зменшення рівня звуку визначають такі фактори як ширина смуги, дендрологічний склад і конструкція посадок (більш детальніше студентам пропонується вивчити самостійно).

Питання для самоперевірки та обговорення *

1. Дайте визначення поняттю «шум» та «шумове забруднення довкілля» та класифікацію шуму.
2. Які головні параметри та характеристики шуму Ви знаєте?
3. * Наведіть і охарактеризуйте сучасні джерела шумового забруднення довкілля.
4. * Як впливає шум та ультразвук на біологічні об'єкти і зокрема на людину?
5. Наведіть основні допустимі рівні шуму та ультразвуку.
6. Дайте стислу характеристику методам та технічним засобам щодо боротьби із шумовим забрудненням навколишнього середовища.
7. *Розкрийте зміст та основні положення при використанні зелених захисних смуг при шумозахисті сучасних міст.

3.3 НОРМУВАННЯ ВІБРАЦІЇ

Студент за допомогою матеріалу, викладеному в даному підрозділі, повинен знати: основні властивості та характеристики вібрації, вплив вібрації на біологічні об'єкти, допустимі рівні вібрації та методи і технічні засоби щодо боротьби із вібрацією.

3.3.1 Вібрація, її основні характеристики та вплив на довкілля

Вібрація являє собою процес поширення механічних коливань у твердому тілі. Коливання механічних тіл з частотою нижче 20 Гц сприймається організмом як вібрація, а коливання з частотою вище 20 Гц – одночасно і як вібрація, і як звук. *Вібрація* – це тремтіння або струс всього тіла або окремих його частин під час різних робіт (бетоноукладання, пневмоелектроподрібнення порід або дорожнього покриття, роботи в шахтах з відбійним молотком, розпилювання матеріалів і т.д.). В даний час на багатьох виробництвах вібрація є одним з найбільш розповсюджених шкідливих факторів, що впливають на працюючих.

Тривалі вібрації завдають великої шкоди здоров'ю – від сильної втоми і не дуже значних змін багатьох функцій організму до струсу мозку, розриву тканин, порушенню серцевої діяльності, нервової системи, деформації м'язів і кліток, порушенню чутливості шкіри, кровообігу і т.д.

У залежності від впливу на людину розрізняють загальну і місцеву вібрації. Загальна вібрація викликає струс усієї людини, місцева – лише окремі частини його тіла. Особливо небезпечні загальні вібрації з частотами, близькими до частот власного коливання людини, тому що в цьому випадку спостерігається явище резонансу (різке посилення амплітуди власних коливань). Для людини, що стоїть на вібруючій поверхні мається два резонансних піки на частотах 5-12 Гц і 17-25 Гц, для сидячого – на частотах 4-6 Гц. Для голови резонансні частоти лежать в області 20-30 Гц.

Коливання робочих місць із зазначеними частотами дуже небезпечні, тому що можуть викликати механічні ушкодження, і навіть розрив внутрішніх органів. Систематичний вплив загальних вібрацій у резонансній і біля резонансній зоні може бути причиною вібраційної хвороби – стійких порушень фізіологічних функцій організму, обумовлених переважно впливом вібрації на центральну нервову систему. Ці порушення виявляються у вигляді головних болів, запаморочень, поганого сну, зниженої працездатності, поганого самопочуття, порушень серцевої діяльності.

Локальна вібрація викликає спазми судин, що, починаючись з кінцевих фаланг пальців, поширюються на всю кисть, передпліччя й охоплюють судини серця. Одночасно спостерігається вплив вібрації на нервові закінчення, м'язові і кісткові тканини, що виражаються в порушенні чутливості шкіри, окостенінні сухожиль і відкладенні солей у суглобах, що приведе до деформації і зменшення рухливості суглобів.

3.3.2 Технічні засоби і нормативи захисту від вібрації

Захист від вібрації

Основні нормовані параметри вібрації – середньоквадратичні величини L_v (дБ) рівнів віброшвидкостей (віброприскорення або віброзміщення) в

октавних смугах зі середньгеометричними значеннями частот 2; 4; 8; 16; 31,5 і 63 Гц, виражаються у виді:

$$L_V = 20 \lg \left(\frac{V}{V_0} \right), \quad (3.20)$$

де V – середньоквадратична віброшвидкостей, м/с;

V_0 – гранична віброшвидкостей дорівнює $5 \cdot 10^{-8}$ м/с.

Граничні величини віброприскорення та віброзміщення відповідно дорівнюють $3 \cdot 10^{-4}$ м/с² і $8 \cdot 10^{-12}$ м/с.

Встановлені гранично допустимі величини вібрації. Вони визначені з розрахунку, що, систематично діючи протягом 8-годинного робочого дня, вібрація не викликає в робітника захворювань або відхилень у стані здоров'я протягом усього періоду його виробничої діяльності.

Для зниження впливу вібрації на довкілля необхідно приймати міри щодо їхнього зниження насамперед у джерелі виникнення або, якщо це неможливо, то на шляхах поширення.

Зниження вібрації в джерелі проводиться як на етапі проектування, так і при експлуатації. При створенні машин і технологічного устаткування перевага повинна надаватися кінематичним і технологічним схемам, що виключають або максимально знижують динамічні процеси, викликані ударами, різким прискоренням і т.д.

Причиною низькочастотних вібрацій насосів, компресорів, двигунів є дисбаланс обертових елементів (роторів), що викликане неоднорідністю матеріалу конструкції (ливарні раковини, жужільні домішки) і нерівномірністю його щільності, несиметричним розподілом обертових мас (початкове скривлення валів і роторів), порушення зазначеної симетрії кріпильними з'єднаннями, неправильним вибором допусків на обробку і типу посадок, а також різницею коефіцієнтів об'ємного розширення або зносостійкістю окремих елементів обертової системи.

Дія неврівноважених динамічних сил збільшується незадовільним кріпленням деталей, їхнім зносом у процесі експлуатації.

Ефективним є також метод зниження вібрації в джерелі виникнення – запобігання резонансних режимів роботи устаткування. У цьому випадку навіть при невеликих значеннях дисбалансу і відносно невеликих збудливих впливах рівень вібраційних параметрів різко зростає. Для зниження рівнів виробничих вібрацій важливо виключити резонансні режими роботи технологічного устаткування. При проектуванні це досягається вибором режимів з урахуванням власних частот машин і механізмів. У процесі експлуатації можна зменшити жорсткість агрегатів, а в деяких випадках і їхню масу, що приводить до зміни значення власних частот. Можлива зміна робочих режимів устаткування. Усе це варто враховувати, якщо машини і механізми в процесі експлуатації згодом стають джерелом вібрацій.

Якщо не вдається знизити вібрації в джерелі виникнення, то застосовують методи зниження вібрації на шляхах поширення – віброгасіння, віброізоляцію або вібродемпфірування.

Віброгасіння

Використання цього методу пов'язано зі збільшенням реактивної частини імпедансу коливальної системи. Віброгасіння реалізується при збільшенні ефективної жорсткості і маси корпусу або станин верстатів за рахунок їхнього об'єднання в єдину закриту систему з фундаментом за допомогою анкерних болтів або цементної підливи. З цією же метою малогабаритне інженерне устаткування житлових будинків (вентилятори, насоси) встановлюють на опорні плити. Наприклад, коливання зварених фундаментів у 2 рази нижче, ніж стрічкових.

Віброізоляція

Методи встановлення устаткування на фундамент вимагають великих витрат часу і приводить до неминучого псування дорогих покриттів підлог. До того ж фундаменти таких машин, як молоти, являють собою складні будівельні спорудження висотою в трьох-, чотирьох- поверховий будинок, вартість яких може на порядок перевищувати вартість машин. Тому на етапі експлуатації промислових комплексів в основному використовують встановлення устаткування без фундаменту безпосередньо на віброізолюючі опори.

Такий метод дозволяє забезпечити будь-який ступінь віброізоляції устаткування. Встановлення на віброізолюючі опори технологічного й інженерного устаткування здешевлює його монтаж, викликає запобігання поломки устаткування і знижує рівень шуму, що супроводжує інтенсивні вібрації. Такі опори можуть застосовуватися також і при наявності фундаментів між джерелом вібрацій (машиною) і фундаментом (основою, опорною плитою) або між фундаментом і ґрунтом. Встановлення віброізоляторів передбачається також при прокладці повітропроводів систем вентиляції і різного роду трубопроводів усередині будівельних конструкцій. Це виключає передачу вібрацій від стінок повітропроводів і трубопроводів елементам конструкції будинків. Для обмеження поширення коливань практикують поділ інженерних комунікацій на окремі ділянки за допомогою спеціальних гнучких вставок. В усіх розглянутих випадках введення в коливальну систему додаткового гнучкого зв'язку приводить до ослаблення передачі вібрації від джерела коливань. У якості віброізоляторів використовують гумові або пластмасові прокладки, одинарні або складні циліндричні пружини, листові ресори, комбіновані віброізолятори (пружинно-гумові, пружинно-пластмасові, пружинно-ресорні) і пневматичні віброізолятори (повітряні подушки).

Вібродемпфірування

В основі даного методу лежить збільшення активних втрат у коливальних системах. За основну характеристику вібродемпфірування прийнятий коефіцієнт втрат енергії:

$$\eta = \frac{\omega \mu}{b}, \quad (3.21)$$

де ω – кутова частота коливань;
 μ – коефіцієнт в'язкого тертя;
 b – жорсткість системи.

Вібродемпфірування може бути реалізоване в машинах з інтенсивним динамічним навантаженнями застосуванням матеріалів з великим внутрішнім тертям: чавун з невеликим вмістом вуглецю і кремнію, сплавів кольорових металів.

Широкі можливості для захисту від вібрацій мають вібродемпфіруючі покриття. Їх застосовують для зниження коливань, що поширюються по трубопроводах і газопроводах компресорних станцій, повітропровідних систем вентиляції адміністративних будинків.

Нормування вібрацій

Згідно ДСТУ ГОСТ 16519:2008 «Вібрація. Визначення параметрів вібраційної характеристики ручних машин і машин з ручним керуванням. Загальні вимоги» гігієнічна оцінка вібрації, що впливає на людину, здійснюється в основному частотним (спектральним) аналізом нормованого параметру роздільно для наступних категорій вібрації (по джерелу виникнення):

- Транспортної вібрації, що впливають на операторів рухливих машин і транспортних засобів при їхньому русі по місцевості і дорогам (у тому числі при їхньому будівництві);
- Транспортно-технологічної вібрації, що впливають на операторів машин з обмеженим переміщенням тільки по спеціально підготовлених поверхнях виробничих приміщень, промислових площадок і гірських вироблень;
- Технологічної вібрації, що впливають на операторів стаціонарних машин або передається на робочі місця, що не мають джерел вібрації.

Гігієнічні норми в логарифмічні рівнях середньоквадратичних значень віброшвидкості для октавних смуг частот приведені на рис. 3.2.

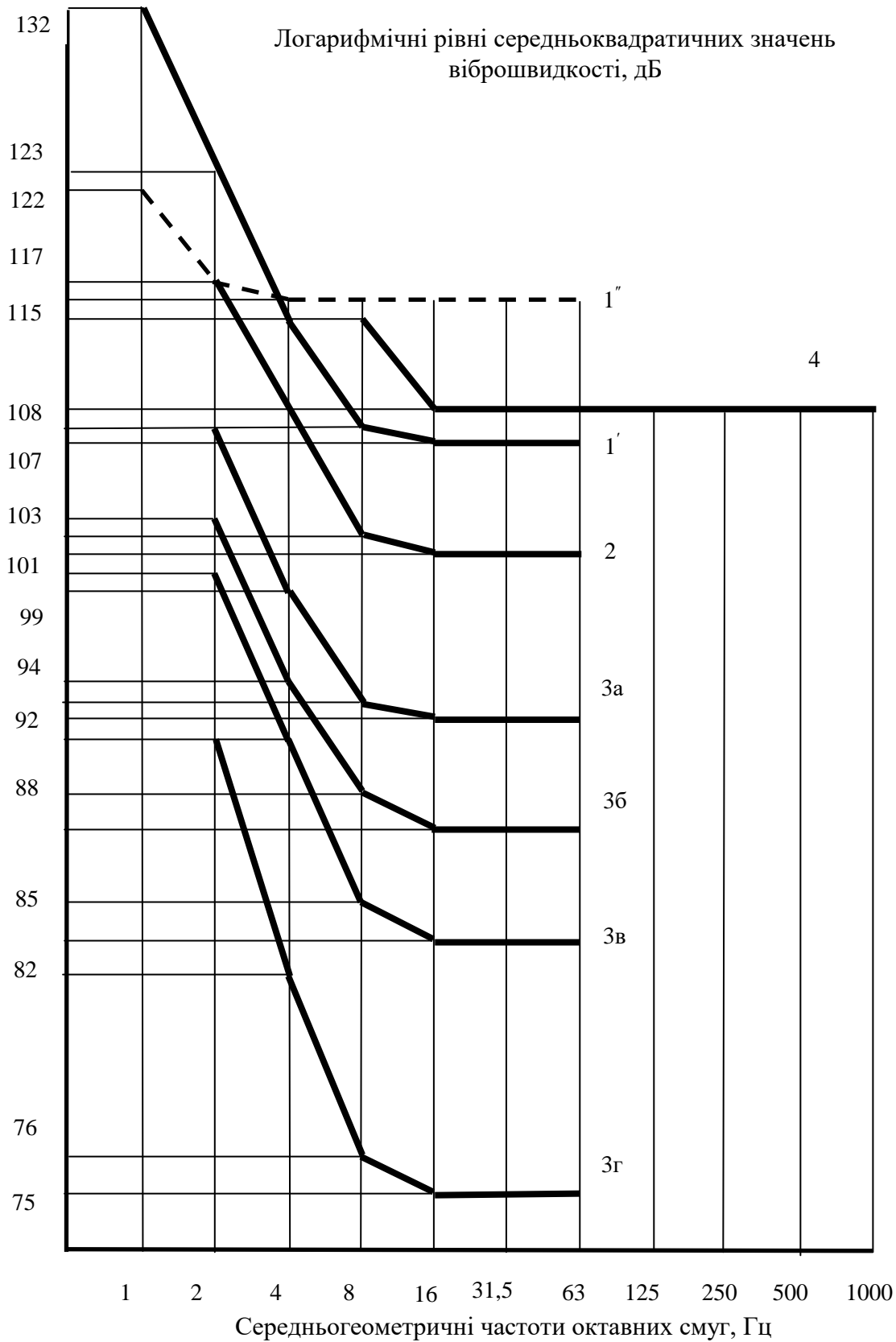


Рисунок 3.2 – Допустимі логарифмічні рівні середньоквадратичних значень віброшвидкості в октавних смугах частот

На рис. 3.2 позначено 1-3 – загальна вібрація: 1 – транспортна (1' – вертикальна, 1" – горизонтальна); 2 – транспортно-технологічна; 3 – технологічна (3а – у виробничих приміщеннях, 3б – у службових приміщеннях на судах, 3в – у виробничих приміщеннях без вібруючих машин, 3г – у приміщеннях адміністративно-управлінських і для розумової праці); 4 – локальна вібрація.

Величезне значення по обмеженню впливу на працюючих локальної вібрації надається питанню розробки нових зразків вібробезпечних ручних машин. Основою проектування при цьому є ДСТУ ГОСТ 16519:2008 «Вібрація. Визначення параметрів вібраційної характеристики ручних машин і машин з ручним керуванням. Загальні вимоги», що встановлює допустимі логарифмічні рівні середньоквадратичної швидкості вібрації в октавних смугах частот для основних типів ручних машин: ударної, ударно-поворотної, ударно-обертальної дії, призначені для руйнування гірничих порід (відбійні молотки, гірничі свердли, перфоратори), а також машини для промисловості і будівництва (шліфувальні машини, рублячі молотки, клепальні молотки, трамбування, бетоноломи, електричні перфоратори, свердлильні машини, гайковерти й ін.).

Питання для самоперевірки та обговорення *

1. Дайте визначення поняттю “вібрація” та класифікацію вібрації.
2. Які головні параметри та характеристики шуму Ви знаєте?
3. * Як впливає вібрація на біологічні об’єкти і зокрема на людину?
4. Наведіть основні допустимі рівні вібрації в залежності від її джерела.
5. Дайте стислу характеристику методам та технічним засобам щодо боротьби з вібрацією.

3.4 НОРМУВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ЗАБРУДНЕННЯ

Студент за допомогою матеріалу, викладеному в даному підрозділі, повинен знати: основні властивості та характеристики електромагнітного випромінювання, вплив його на біологічні об’єкти, допустимі рівні електромагнітного забруднення та методи і технічні засоби щодо боротьби із ним.

3.4.1 .Електромагнітне поле, його джерела та вплив на здоров’я людини

Інтенсивний розвиток електроніки та радіотехніки викликав забруднення природного середовища електромагнітними випромінюваннями (полями) (ЕМВ). Головними їх джерелами є радіо -, телевізійні і радіолокаційні станції, високовольтні лінії електропередач, електротранспорт. Поблизу кожного обласного центру, багатьох районних центрів, великих міст розташовані

телевізійні центри, або ретранслятори, радіоцентри, засоби радіозв'язку гучного мовлення.

Електромагнітне поле розповсюджується у вигляді електромагнітних хвиль зі швидкістю близькою до швидкості світла. Головними параметрами електромагнітних коливань є довжина хвилі, частота коливань та швидкість розповсюдження, які виражені співвідношенням:

$$\lambda = cT = \frac{c}{f}, \quad (3.22)$$

де λ – довжина хвилі, мкм;

c – швидкість розповсюдження світла в повітрі, м/с ($c = 3 \cdot 10^8$ м/с);

f – частота коливань, Гц;

T – період коливань ($T = 1/f$).

Рівень ЕМВ у таких районах (діапазон радіочастот об'єктів може змінюватися від 50-100 Гц до 100 ГГц) часто перевищує допустимі гігієнічні норми і дуже шкодить здоров'ю людей, що мешкають поруч.

Мірою забруднення ЕМВ є напруженість поля (В/м). Ці поля завдають шкоди перш за все нервовій системі. Так, напруженість поля 1000 В/м спричинює головний біль і сильну втому, більші значення зумовлюють розвиток неврозів, безсоння, важкі захворювання.

Біологічний ефект ЕМВ залежить від діапазону частот, інтенсивності та терміну дії опромінення, характеру випромінювання (безперервний, модульований) і режиму опромінення (постійне, періодичне, короткочасний). Дія ЕМВ частотою 50 Гц може проявитися больовими відчуттями при електричних розрядах для струмів стікання більш 50 мкА. Хронічна дія електромагнітних полів низької частоти виражена головною біллю, втомою, сонливістю, біллю в серці, функціональними порушеннями центральної нервової, серцево-судинної систем.

Механізм біологічної дії ЕМВ радіочастот (от 30 до 300 кГц) характеризується тепловим та атермічним ефектом. Теплова дія визначається збільшеною температурою тіла, а також локальним вибірковим нагрівом тканин, органів, кліток внаслідок перетворення електромагнітної енергії в теплову за рахунок діелектричних втрат у них, які зі збільшенням частоти коливань тканин зростають. Надлишкова теплота відводиться до відомої межі шляхом збільшення навантаження на механізм терморегуляції. Однак починаючи з деякої величини, названого тепловим порогом, організм не справляється з відводом тепла і температура тіла підвищується (для електромагнітних полів у діапазоні частот 300 мГц – 300 ГГц інтенсивність теплового порога складає 10 мВт/см²).

При впливі СВЧ-випромінювань можливий розвиток катаракти (помутніння кристалика ока) як при короткотерміновому опроміненні, так і при тривалому впливі випромінювань невисоких рівнів.

Тривалий вплив електромагнітних полів радіочастот нетермогенної інтенсивності (але вище гранично допустимих) викликає порушення з боку нервової, серцево-судинної систем, органів дихання, травлення і деяких

біохімічних показників крові, причому прояв цих порушень виражається різними ознаками. На ранніх стадіях впливу фактора характерні скарги на головний біль, підвищену стомлюваність, дратівливість, порушення сну, болю в області серця. Надалі відзначаються посилення збудливості, зниження пам'яті, приступи головної болі, непритомність, стискаючи болі в області серця. У момент приступів спостерігається тремтіння, збліднення або почервоніння обличчя, різка слабкість, підвищення температури тіла, підйом артеріального тиску.

Існують розроблені на основі медико-біологічних досліджень санітарні норми та правила щодо радіотехнічних і електротехнічних об'єктів. Вони регламентують умови їх експлуатації з метою охорони населення від шкідливого впливу ЕМВ.

Зростання енергетичних потужностей становить небезпеку для довкілля – розширюється мережа та зростає напруга повітряних ліній електропередач (ЛЕП). Вони впливають на нормальний розвиток тваринного та рослинного світу. Спеціальні дослідження показали, що технічно найперспективнішими є лінії надвисокої та ультрависокої напруги (750-1150 кВ), котрі й становлять саму велику небезпеку. Навколо них утворюються потужні ЕМВ, які негативно впливають на людину, порушують природну міграцію тварин, процеси росту рослин тощо.

3.4.2 Нормування електромагнітного випромінювання

Вибір засобів захисту від електромагнітних полів (ЕМП) визначається характеристиками джерел за частотою. Регламентом радіозв'язку, який прийнятий Міжнародним консультативним комітетом встановлена номенклатура (табл. 3.11) діапазонів частот (довжина хвиль).

Таблиця 3.11 – Номенклатура діапазонів частот (хвиль)

Номер діапазону	Діапазон частот (крім нижньої, враховуючи верхні межі), частоти, f	Діапазон довжини хвиль (крім нижньої, враховуючи верхні межі), довжини хвиль, λ	Відповідний метричний підрозділ
1	2	3	4
5	Від 30 до 300 кГц	Від 104 до 103 м	Кілометрові хвилі (низькі частоти, НЧ)
6	Від 300 до 3000 кГц	Від 103 до 102 м	Гектометрові хвилі (середні частоти, СЧ)
7	Від 3 до 30 МГц	Від 102 до 10 м	Декаметрові хвилі (високі частоти, ВЧ)

1	2	3	4
8	Від 30 до 300 МГц	Від 10 до 1 м	Метрові хвилі (дуже високі частоти, ДВЧ)
9	Від 300 до 3000 МГц	Від 1 до 0,1 м	Дециметрові хвилі (ультрависокі частоти, УВЧ)
10	Від 3 до 30 ГГц	Від 10 до 1 см	Сантиметрові хвилі (надвисокі частоти НВЧ)
11	Від 30 до 300 ГГц	Від 1 до 0,1 см	Міліметрові хвилі (україн високі частоти, УВЧ)

Примітка. Піддіапазони № 1-4 до радіочастотного не відносяться.

У джерел ЕМП розрізняють ближню (індукції) та дальню (випромінювання) зони впливу. Ближня зона реалізується на відстані $R \leq \lambda/6$, де ЕМП ще не сформувалося; і як наслідок, одна зі складових поля набагато менша від іншої. У таких джерел ЕМП при впливі на навколишнє середовище слабо виражена магнітна складова напруженості. Тому в 5-8 діапазонах частот ЕМП оцінюється електричною складовою напруженості поля E (В/м). У дальній зоні на відстані $R > \lambda/6$ ЕМП сформувалося, і тут виражені обидві його складові – електрична і магнітна, тому в 9-11 діапазонах частот ЕМП оцінюється поверхневою густиною потоку енергії (ПГЕ), вираженою у $\text{Вт}/\text{м}^2$.

При одночасному впливі декількох джерел сумарне значення параметрів ЕМП визначають за формулою:

$$E^2 = E_1^2 + E_2^2 + \dots + E_n^2, \quad (3.23)$$

де E_1, E_2, \dots, E_n – напруженість електричного поля, що утворені кожним передавачем у контрольованій точці даного діапазону, В/м

Сумарний ПГЕ_Σ від n джерел на прилягаючій території для 9-11 діапазонів частот дорівнює:

$$\text{ПГЕ}_\Sigma = \text{ПГЕ}_1 + \text{ПГЕ}_2 + \dots + \text{ПГЕ}_n, \quad (3.24)$$

Гранично допустимі рівні (ГДР) напруженості ЕМП встановлені «Державними санітарними нормами і правилами захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань» (наказ Міністерства охорони здоров'я України № 239 від 1 серпня 1996р.)

В якості ГДР прийняті наступні значення напруженості електричного поля, кВ/м:

- всередині житлових будинків – 0,5;
- на території зони житлової забудови – 1;
- в населеній місцевості, поза зоною житлової забудови (міські землі в межах їхнього перспективного розвитку на 10 років, приміські і зелені

зони, курорти, землі селищ міського типу і сільських населених пунктів, в межах цих пунктів), а також на ділянках перетину ВЛ з автомобільними дорогами I-IV категорії – 10;

- в населеній місцевості (часто відвідуваної людиною, доступної для транспорту, і сільськогосподарські угіддя) – 15;
- у важкодоступній місцевості (недоступної для транспорту і сільськогосподарських машин) і на спеціально відгороджених ділянках, де доступ населення виключений – 20.

При напруженості електричного поля вище 1 кВ/м повинні вживатися заходи щодо виключення впливу на людину значних електричних розрядів і струмів стікання.

При наявності декількох джерел випромінювання, що працюють у різних радіочастотних діапазонах, напруженість поля, утворювана n джерелами ВЧ і джерелами НВЧ на межі санітарно-захисної зони (СЗЗ), повинна відповідати такій вимозі:

$$\left(\frac{E_1}{E_{ГДР1}}\right)^2 + \left(\frac{E_2}{E_{ГДР2}}\right)^2 + \dots + \left(\frac{E_n}{E_{ГДРn}}\right)^2 + \frac{ПГЕ_1}{ПГЕ_{ГДР1}} + \frac{ПГЕ_2}{ПГЕ_{ГДР2}} + \dots + \frac{ПГЕ_N}{ПГЕ_{ГДРН}} \leq 1, \quad (3.25)$$

3.4.3 Захист населення від електромагнітного випромінювання

Основний засіб захисту від ЕМП у навколишньому середовищі – захист відстанню. З метою дотримання нормативних ГДР для ЕМП на території забудови планувальні рішення при розміщенні радіотехнічних об'єктів (РТО) вибирають з урахуванням:

- потужності передавачів;
- характеристики спрямованості;
- висоти розміщення і конструктивних особливостей антен;
- рельєфу місцевості;
- функціонального призначення прилеглих територій;
- поверховості забудови.

Майданчики РТО обладнується відповідно до будівельних норм і правил, на її території не допускається розміщення житлових і громадських будівель. Для захисту населення від впливу ЕМП, утвореного РТО, влаштовують при необхідності СЗЗ і зони обмеження забудови (ЗОЗ).

СЗЗ є площа, що примикає до технічної території РТО. Зовнішня межа цієї зони визначається на висоті до 2 м від поверхні землі за гранично допустимими рівнями ЕМП, наведеними у нормах. ЗОЗ є територія, де на висоті більше 2 м від поверхні землі перевищує ГДР, наведений у нормах. Зовнішню межу зони обмежень визначають за максимальною висотою будинків перспективної забудови, на рівні верхнього поверху яких ГДР ЕМП не перевищує норми.

Межі СЗЗ вздовж траси ВЛ у населеній місцевості наведені в табл. 3.12.

Таблиця 3.12 – Межі СЗЗ вздовж траси ВЛ

Напруга ВЛ, кВ	Відстань від проекції на землю крайніх фаз проводів, м	Напруга ВЛ, кВ	Відстань від проекції на землю крайніх фаз проводів, м
1150*	300 (55*)	220	25
750*	250 (40*)	110	20
500	150 (30)	35	15
330	75 (20)	до 20	10

Примітка. * – значення, наведені в дужках, допускаються як виняток для сільської місцевості.

При проектуванні типових і адміністративних будинків, розташованих у зонах дії ЕМП, слід брати до уваги екранувальну здатність будівельних конструкцій:

$$E = 20 \lg \frac{ППЕ_{зов}}{ППЕ_{вн}}, \quad (3.26)$$

де $ППЕ_{зов}$, $ППЕ_{вн}$ – відповідно площа потоку енергії на зовнішній і внутрішній поверхнях конструкції.

Матеріали стін і перекриттів будівель по різному поглинають і відбивають електромагнітні хвилі. Олійна фарба, наприклад, створює гладку поверхню, що відбиває до 30 % електромагнітної енергії сантиметрового діапазону. Вапняні покриття мають малу відбивну спроможність, тому для зменшення відбивання стелю доцільно покривати вапняною або крейдовою фарбою.

Для захисту від електричних полів промислової частоти необхідно збільшувати висоту підвішування фазових проводів ВЛ, зменшувати відстань між ними. При правильному доборі геометричних параметрів можна в 1,6 ... 1,8 разів знизити напруженість поля поблизу ВЛ. Напруженість ЕМП може бути зменшена віддаленням житлової забудови від ВЛ, застосуванням екранувальних пристроїв та інших засобів зниження напруженості електричного поля.

Напруженість електричного поля в будівлях, що лишаються в СЗЗ ВЛ напругою 330-500 кВ і які мають неметалеву покрівлю, може бути знижена встановленням заземленої металеві сітки на даху цих будівель. Металеві покрівлі повинні бути заземлені не менше як у двох місцях, опір заземлення не нормується. На відкритих територіях, розташованих у цих зонах, напруженість електричного поля можна знизити встановленням перегородок, що екранують (залізобетонних парканів, тросових екранувальних пристроїв) або посадкою дерев і чагарнику висотою не менше 2 м.

У період проведення сільськогосподарських та інших робіт поблизу ВЛ особи, відповідні за їхнє здійснення, повинні проводити інструктаж із працюючими і забезпечувати виконання заходів захисту від впливу ЕМП, що регламентуються Санітарними нормами і правилами.

На території СЗЗ ВЛ напругою 750 кВ і вище забороняється проведення сільськогосподарських та інших робіт особам у віці до 18 років.

Для обмеження рівня ЕМП, що впливають на довкілля, від промислових джерел можуть бути використані засоби безпосередньо в цехах підприємств: екранування устаткування (джерела поля), використання поглиначів потужності (спеціальне облицювання стель і стін робочих приміщень на основі матеріалів із великим вмістом вуглецю). Особливо важливий для зниження випромінюваної потужності поля правильний вибір типу устаткування, що генерує електромагнітне випромінювання.

Вимірювання електричної і магнітної складової напруженості ЕМП здійснюють приладами типу ІЕМП. Можна також використовувати компараторну приставку УКП із приймачем Р-309 або прилад NFM-1 (Німеччина). Для вимірювання густини потоку енергії застосовують прилади ПЗ-9, ПЗ-15, ПЗ-16, ПЗ-17 і радар-тестери ГК4-14 і ГК4-3А.

Оцінку напруженості постійних магнітних полів здійснюють мікровіброметром, за допомогою якого вимірюють величину магнітного потоку Φ , і, знаючи площу поперечного перетину S котушки приладу, визначають магнітну індукцію $B = \Phi/S$, значення якої для повітряного середовища чисельно дорівнює напруженості поля E .

Вимірювання рівнів ЕМП повинні проводитися:

- при прийманні в експлуатацію нових або реконструйованих об'єктів (джерела ЕМП) (вимірювання проводять власники цих об'єктів за участю представників органів і установ санітарно-епідеміологічної служби);
- при прийманні в експлуатацію громадських будинків і споруд, розташованих на території, що прилягає до джерел ЕМП (вимірювання виконують представники органів і установ СЕС за участю представників власника зазначеного об'єкта);
- у порядку поточного санітарного нагляду (вимірювання виконують представники органів і установ СЕС за участю представників власника джерела ЕМП).

Питання для самоперевірки та обговорення* :

1. Дайте визначення поняттю “електромагнітне поле” та класифікацію електромагнітного забруднення.
2. Які головні параметри та характеристики електромагнітного поля Ви знаєте?
- 3.* Як впливає електромагнітне поле на біологічні об'єкти і зокрема на людину?
4. Наведіть основні допустимі рівні електромагнітного поля в залежності від його джерела.
5. Дайте стислу характеристику методам та технічним засобам щодо боротьби з електромагнітним полем.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Владимірова О. Г., Сапко О. Ю. Нормування антропогенного навантаження на окремі складові довкілля : навч. посіб. для здобувачів вищої освіти спеціальності 101 «Екологія». Одеса : Одеськ. держ. еколог. ун-т, 2022. 289 с.
2. Зона санітарно-захисна. Словник-довідник з екології : навч.-метод. посіб. / уклад. О. Г. Лановенко, О. О. Остапішина. Херсон: ПП Вишемирський В.С., 2013. 99 с.
3. Інструкція про вимоги до оформлення документів, в яких обґрунтовуються обсяги викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами : затв. наказом Мінприроди України від 27.06.2023 р. № 448. Режим доступу URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1475-23#Text> (дата звернення: 26.06.2024).
4. Інструкція про порядок розробки та затвердження гранично допустимих скидів (ГДС) речовин у водні об'єкти із зворотними водами : затв. наказом Мінприроди України від 15.12.1994 р. № 116. Режим доступу URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0313-94#Text> (дата звернення: 26.06.2024).
5. Інструкція про порядок та критерії взяття на державний облік об'єктів, які справляють або можуть справляти шкідливий вплив на здоров'я людей і стан атмосферного повітря, видів та обсягів забруднюючих речовин, що впливають на атмосферне повітря : затв. наказом Мінприроди України від 10.05.2002 р. № 177. Режим доступу URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0445-02#Text> (дата звернення: 26.06.2024).
6. Максименко Н. В. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище: підруч. для студ. вищих навч. закладів. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2016. 264 с.
7. Матеріали з упровадження нового механізму регулювання викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря / За ред. С.С. Куруленка. Київ°: ДЕІ Мінприроди України, 2007. 216 с.
8. Методичні рекомендації до розрахунку антропогенного навантаження і класифікації екологічного стану малих річок України: НТД 33-4759129-03-04- 92 / Укр. НДІ водогосподарсько-екологічних проблем. Київ, 1992. 39 с.
9. Методичні рекомендації з розроблення нормативів гранично допустимого скидання забруднюючих речовин у водні об'єкти із зворотними водами: затв. наказом М-ва захисту довкілля та природних ресурсів України від 05.03.2021 р. № 173. Режим доступу URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0173926-21#Text> (дата звернення: 26.06.2024).
10. Методичні рекомендації щодо оформлення дозволу на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами для

- суб'єктів господарювання з урахування технологічних нормативів допустимих викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря : затв. наказом М-ва охорони навколишнього природного середовища України від 17.09.2010 № 407. Режим доступу URL: <https://ips.ligazakon.net/document/FIN59216> (дата звернення: 26.06.2024).
11. Морозова Т. В. Нормування антропогенного навантаження: навч. посіб. Чернівці : Рута, 2008. 99 с.
12. Набивач В. М., Сухий М. П. Основи екологічного нормування і промислової токсикології. Дніпропетровськ: Укр. держ. хіміко-технол. ун-т, 2002. 193 с.
13. Некос В. Ю. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище: підручник [для студентів екологічних спеціальностей вищих навчальних закладів]. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2007. 288 с.
14. Нормативи гранично допустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел. : затв. наказом Мінприроди України від 27.06.2006 р. № 309. Режим доступу URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0912-06#Text> (дата звернення: 26.06.2024).
15. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97): Державні гігієнічні нормативи. Київ: відділ поліграфії Українського центру держсанепіднагляду МОЗ України, 1997. 121 с.
16. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище. Курсове проектування: навч. посіб./ В. Г. Петрук та ін. Вінниця : ВНТУ, 2015. 112 с.
17. Порядок розроблення, погодження та затвердження місцевих планів управління відходами : затв. Постановою КМУ від 5 вересня 2023 р. № 947. Режим доступу URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/947-2023-п#Text> (дата звернення: 26.06.2024).
18. Порядок розроблення і затвердження нормативів гранично допустимого рівня впливу фізичних та біологічних факторів стаціонарних джерел забруднення на стан атмосферного повітря. : затв. Постановою КМУ від 13 березня 2002 р., № 300. Режим доступу URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/300-2002-п#Text> (дата звернення: 26.06.2024).
19. Порядок розроблення та затвердження нормативів вмісту забруднюючих речовин у відпрацьованих газах та впливу фізичних факторів пересувних джерел забруднення атмосферного повітря. затв. Постановою КМУ від 13 березня 2002 р., № 303. Режим доступу URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/303-2002-п#Text> (дата звернення: 26.06.2024).
20. Посібник по охороні атмосферного повітря для фахівців, які надають дозволи (ліцензії) на викиди забруднюючих речовин. Том 1, 2. Київ : Видавництво ВАТ «УкрНТЕК», 2000, 754 с.
21. Правила охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами : затв. Постановою КМУ від 25 березня 1999 р. № 465 (зі змінами). Режим

доступу URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/465-99-п#Text> (дата звернення: 26.06.2024).

22. Порядок розроблення і затвердження нормативів гранично допустимого скидання забруднюючих речовин : затв. Постановою КМУ від 11 вересня 1996 р. № 1100 (зі змінами). Режим доступу URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1100-96-п#Text> (дата звернення: 26.06.2024).

23. Порядок денний на XXI століття. Прийнятий Конференцією ООН щодо навколишнього середовища та розвитку, Ріо-де-Жанейро, 3–14 червня 1992 р.: Офіційний сайт ООН.

24. Сухарев С. М., Чундак С. Ю., Сухарева О. Ю. Технологія та охорона навколишнього середовища : навч. посіб. Львів : Новий світ, 2004. 252 с.

25. Тарасова В. В., Малиновський А. С., Рибак М. Ф. Екологічна стандартизація і нормування антропогенного навантаження на природне середовище/ за. ред. проф. В.В.Тарасової : навч. посіб. Київ: Центр учбової літератури, 2007. 276 с.

26. Технологічні нормативи допустимих викидів забруднюючих речовин із теплосилових установок, номінальна теплова потужність яких перевищує 50 МВт : затв. наказом Мінприроди України від 22.10.2008 р. № 541. Режим доступу URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1110-08#Text> (дата звернення: 26.06.2024).

27. Типова методика визначення питомих викидів від основних виробництв по галузях промисловості. Основні положення : затв. заст. Міністра екології та природних ресурсів України М. Стеценко 25.12.2000 р. Режим доступу URL: <https://ips.ligazakon.net/document/FIN21921> (дата звернення: 26.06.2024).

28. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище : навч. посіб. / Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ та ін. Чернівці: Зелена Буковина, 2005. 284 с.

29. Фурдичко О. І. Славов В. П., Войцицький А. П. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище: навч. посіб. Київ : Основа, 2008. 360 с.

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

А

альфа-випромінювання 101
антропогенний вплив 9
 класифікація 9-11

Б

бета-випромінювання 101

В

викид шкідливих речовин
 класифікація 50
 технологічний 50
випуски стічних вод 65
 класифікація 65
вібрація 131
 захист 132
 – віброгасіння 133
 – віброізоляція 133-134
 – вібродемпфірування 134
 нормування 134-136
водокористування 34
 категорії 35
 показники складу 37, 38
 – властивостей 37, 38
водоспоживання 34

Г

гамма-випромінювання 102
гранично допустимий викид (ГДВ)
13, 64, 65
гранично допустиме екологічне
навантаження 79, 80, 81
 визначення з урахуванням
 трансформації та міграції
забруднюючих речовин 92-95
гранично допустима концентрація
(ГДК) 13

в атмосферному повітрі 14
в воді 15
в ґрунті 15
в харчових продуктах 15
класифікація 14, 15
максимально разова 14
робочої зони 14-15
середньодобова 14, 66-69

гранично допустимий скид (ГДС) 13,
гранична кількість відходів на
території підприємства 46
гранично критична концентрація 15

Д

доза опромінення 103
 еквівалентна 103
 – ефективна 104
 – – колективна 105
 – – – повна
 очікувана 106
 експозиційна 104
 поглинена 103
 популяційна 105
 потужність 105
 – колективна 106

доза речовини 18
 підпорогова 18
 токсична не смертельна 18
 токсична смертельна 18
допустима залишкова кількість
речовини у ґрунті 44, 48

Е

екологічне нормування 74
 вимоги 77, 78
 принципи 75, 76
 резерв 82
електромагнітне поле 136-138
нормування 138-140

З

- забруднення 9, 11
 - атмосфери 11
 - грунту 24
 - глобальне 25
 - локальне 25
 - регіональне 25
 - фонове 25
 - класифікація джерел 50
- залежність «доза-ефект». 27, 28
- звуку інтенсивність 122, 128
 - сила 122
 - тиск 122
 - допустимі рівні 126, 127
 - частота 123
- зона санітарної охорони водних об'єктів 36

І

- інвентаризація 51, 52
- іонізувальне випромінювання 99
 - безпосереднє 99
 - непряме 100
 - змішані випромінювання 100

К

- категорія небезпечності підприємств 69-71
- клас безпеки ґрунтів 24-26
- коефіцієнт можливого інгаляційного отруєння 20, 21
- концентрація
 - підпорогова 15
 - «пікова» 16
- кумуляція 22
 - ефект 22
 - матеріальна 22
 - ступінь 22
 - функціональна 22

М

- метод визначення ГДК
 - експериментальний 32, 33
 - розрахунковий 33
- методи захисту людей від зовнішнього випромінювання
 - захист відстанню 116
 - захист часом 116, 117
 - захист кількістю 117
 - захист екранами 118
- внутрішнього випромінювання 119, 120
- методика розрахунку коефіцієнту рельєфу 54-56
- модульний принцип побудови моделі регіону 86, 89, 90
- можливі форми переходу забруднюючих речовин між природними середовищами 86-88

Н

- небезпечність 18, 22
- нейтронне випромінювання 101, 102
- норми радіаційної безпеки України
 - загальні положення 106, 107
 - радіаційно-гігієнічні регламенти 107-113

О

- отрута 17
 - промислова 18
- отруєння
 - гостре 19
 - хронічне 20

П

- підпорогова (максимально недіюча) концентрація 23

доза 23
показник шкідливості ґрунту
загально санітарний 24
міграційний повітряний 24
транслокаційний 24
показники якості ґрунту 2
поріг однократного впливу **20, 21**
гострої дії 19
– зона 20
– – хронічної дії **20, 21**
дратівного дії на слизисту
оболонку верхніх дихальних шляхів
і очей 19
запаху 19
принцип лімітуючого показника 16
природокористування
екстенсивне 80
рівноважне 81
продукти розпаду важких і
нестабільних ядер 100

Р

резерв «міцності» 15
рентгенівське випромінювання 102,
103
рівняння Майера 27, 28
Хабера 27, 28
робоча зона 15
роздільне нормування
атмосферного повітря 29, 30
якості води 36
розрахунок гранично допустимого
викиду 63, 64
скиду 68
умов спуску стічних вод
– кратність розведення 66-68
розсіювання шкідливих речовин в
атмосфері 54-64

розрахунок параметрів викиду
від одинарного джерела
– нагрітий викид 54-61
– прямокутне устя джерела
викиду 61, 62
– холодний викид 61
розрахунок параметрів викидів
від декількох джерел 62-64

С

санітарно-захисна зона 69-72

Т

тимчасово допустима концентрація
шкідливої речовини у ґрунті 44
токсикологія 17
промислова 17
токсичність 18
ступінь 18
класифікація речовин 20, 21,
22

Ф

функція антропогенного впливу 83
стану екосистеми 81, 82

Ч

час експозиції **19, 28**
частка внесеного забруднення будь-
якої частини регіону в іншу частину
85

Ш

шум 121
класифікація 121-122

Додатки

Додаток А

Схема впливу антропогенного фактору на біосферу, здоров'я та благополуччя населення (за Ізраєлем Ю.А.)

Фактори антропогенного впливу	Вплив на біосферу		
	<i>Зміна властивостей основних елементів біосфери</i>	<i>Геохімічні та геофізичні наслідки і ефекти</i>	<i>Екологічні та біологічні наслідки порушення екосистем</i>
<p>Викиди в біосферу хімічно та фізично активних речовин</p> <p>Викид в біосферу інертного матеріалу (аерозольні частки та інші)</p> <p>Прямий нагрів біосфери</p> <p>Фізичний, механічний вплив, що веде до зміни поверхні суші і рослинного покриву (ерозія, урбанізація, пожежі та інше)</p> <p>Біологічний вплив (розвиток агроценозів, інтродукція біологічних видів)</p> <p>Вилучення та знищення природних ресурсів (не поновлюваних і поновлюваних)</p>	<p>Зміна складу та властивостей атмосфери (забруднення, електропровідність, радіаційні властивості та інші)</p> <p>Зміна складу і властивостей вод суші (забруднення, мінералізація)</p> <p>Зміна складу і властивостей вод Світового океану</p> <p>Зміна літосфери (механічні порушення, накопичення відходів)</p> <p>Зміна кріосфери</p> <p>Зміна поверхні суші та ґрунту (цілісності, кислотності, радіаційних характеристик)</p> <p>Зміна геофізичних</p>	<p>Великомасштабні зміни циркуляції в атмосфері та океані.</p> <p>Зміна погоди та клімату.</p> <p>Перерозподіл та зміна поновлюваних небіологічних ресурсів (водні ресурси, кліматичні)</p> <p>Порушення озонового шару, іоносфери.</p> <p>Зміна прозорості атмосфери, проходження сонячних променів</p> <p>Ерозія земної поверхні, зміна альbedo земної поверхні</p> <p>Порушення природних геохімічних циклів</p> <p>Порушення природних геохімічних циклів</p>	<p>Зміна земних та водних екосистем, порушення їх стійкості.</p> <p>Зміна екосистем океану (структурні спрощення).</p> <p>Генетичні ефекти, переродження.</p> <p>Зникнення існуючих видів, поява нових.</p> <p>Зниження біопродуктивності, зменшення коефіцієнту розмноження та чисельності популяцій, деградація лісів, спустошення.</p> <p>Деградація ґрунтів, поява нових пустель та зростання площ старих.</p> <p>Зміна здібності біосфери до відновлення поновлюваних</p>

<p>Антропогенне впорядкування потоків речовини, зміна природного кругообігу</p>	<p>властивостей в великих системах (кліматичних, біосфери в цілому) Зміна стану біоти як біографічного середовища</p>	<p>різних елементів.</p>	<p>ресурсів, виснаження не поновлюваних ресурсів. Зміна характеру еволюції біосфери.</p>
<p><i>Вплив на здоров'я та благополуччя населення</i></p>			
<p><i>Вплив на здоров'я та благополуччя людської популяції</i></p>		<p><i>Соціальні наслідки</i></p>	
<p>Зниження працездатності. Естетичний збиток, погіршення настрою. Хвороби, виникнення стресового стану. Генетичні ефекти. Зміна тривалості життя людини. Зменшення темпу росту населення. Зменшення чисельності населення в різних масштабах.</p>		<p>Зміна виробництва продуктів харчування, недоїдання, голод. Зміна структури енергоспоживання Зміна економіки Соціальні наслідки різних масштабів, збиток благополуччя, можливість порушення розвитку суспільства</p>	

Перелік хімічних речовин та сполук, що мають ефект кумуляції (скорочено)

Ефект сумачії мають наступні хімічні речовини:

- ацетон, акролеїн, фталевий ангідрид;
- ацетон та фенол;
- ацетон та ацетофенол;
- ацетон, фурмуrol, формальдегід, фенол;
- ацетальдегід та вінілацетат;
- аерозолі п'ятиокису ванадію та окисів марганцю;
- аерозолі п'ятиокису ванадію та сірчистий ангідрид;
- аерозолі п'ятиокису ванадію та триокису хрому;
- бензол та ацетофенол;
- вольфрамований та сірчистий ангідрид;
- гексахлоран та фазолон;
- 1,2- дихлорпропан, 1,2,3- трихлорпропан та тетрачлоретилен;
- ізобутепилкартінол, диметилвінілкарінол;
- метилгідропіран та метилентетрагідропарен;
- озон, двоокис азоту та формальдегід;
- окис вуглецю, двоокис азоту, формальдегід, гексан;
- сірчистий ангідрид та аерозоль сірчаної кислоти;
- сірчистий ангідрид та нікель металевий;
- сірчистий ангідрид та сірководень;
- сірчистий ангідрид та двоокис азоту;
- сірчистий ангідрид, окис вуглецю, пил конверторного виробництва;
- сірчистий ангідрид, окис вуглецю, двоокис азоту та фенол;
- сірчистий ангідрид та фенол;
- сірчистий ангідрид та фтористий водень;
- сірчаний та сірчистий ангідрид, аміак та окиси азоту;
- сильні мінеральні кислоти (сірчана, соляна та азотна);
- фенол та ацетофенол;
- фурфурол, метиловий та етиловий спирти;
- циклогескан та бензол;
- етилен, пропілен, бутилен, амілен.

**Гранично допустимі концентрації хімічних речовин для різних середовищ
(скорочено)**

Таблиця В.1

ГДК шкідливих речовин у повітрі.

№ п/п	Забруднююча речовина	ГДК _{сд} , мг/м ³	ГДК _{мр} , мг/м ³
1	2	3	4
Основні			
1	Азоту оксид	0,06	0,6
2	Азоту діоксид	0,085	0,085
3	Сірки діоксид	0,05	0,5
4	Тверді частки (пил нетоксична)	0,15	0,5
5	Вуглецю оксид	3,0	5,0
Специфічні			
1	Аміак	0,04	0,2
2	Ацетон	0,35	0,35
3	Бенз(а)пірен	0,00001	—
4	Бензол	0,8	1,5
5	Ванадію оксид	0,002	—
6	Кадмію оксид	0,001	—
7	Марганцю оксид	0,001	—
8	Мідь	0,002	—
9	Миш'як	0,003	0,003
10	Нікель	0,001	—
11	Ртуть	0,0003	—
12	Свинець	0,0003	—
13	Сірководень	0,008	0,008
14	Сірковуглець	0,005	0,03
15	Фенол	0,003	0,01
16	Формальдегід	0,003	0,035
17	Фтористий водень	0,005	0,02
18	Хлор	0,03	0,1
19	Хлористий водень	0,2	0,2
20	Хрому оксид	0,0015	0,0015
21	Цинк	0,05	—

ГДК шкідливих речовин у водних об'єктах

№ з/п	Забруднююча речовина	ГДК _в , мг/л	Лімітувальний показник
1	2	3	4
1	Аміак	0,05	Токсикологічний
2	Бензол	0,5	Такий самий
3	ДДТ	0,1	Такий самий
4	Кадмій	0,05	Такий самий
5	Кобальт	0,01	Такий самий
6	Марганець	0,01	Такий самий
7	Мідь	0,001	Такий самий
8	Миш'як	0,05	Такий самий
9	Нікель	0,01	Такий самий
10	Ціаніди	0,05	Такий самий
11	Цинк	0,01	Такий самий
12	Анзол	0,05	Санітарно-токсикологічний
13	Анілін	0,1	Такий самий
14	Метанол	0,1	Такий самий
15	Метаном	3,0	Такий самий
16	Нітрати (по азоту)	10,0	Такий самий
17	Дінітротоліол	0,5	Такий самий
18	Поліакриламід	0,05	Такий самий
19	Свинець	0,03	Такий самий
20	Стронцій	2,0	Такий самий
21	Ртуть	0,0005	Такий самий
22	Фтор	1,5	Такий самий
23	Залізо	0,5	Органолептичний
24	Бензин	0,1	Такий самий
25	Бутиловий спирт	1,0	Такий самий
26	Тексахлоран	0,02	Такий самий
27	Діметилфенол	0,05	Такий самий
28	Дінітробензол	0,5	Такий самий
29	Дінітрохлорбензол	0,5	Такий самий
30	Діхлорметан	7,5	Такий самий
31	Стирол	0,1	Такий самий
32	Хром	0,5	Такий самий
33	Ацетон	0,05	Загальносанітарний
34	Бутилацетат	0,1	Такий самий
35	Дібутилфталат	0,2	Такий самий
36	Капролактам	1,0	Такий самий

1	2	3	4
37	Метилпірроліуон	0,5	Загальносанітарний
38	Стрептоцид	0,5	Такий самий
39	Тринітротолуом	0,5	Такий самий
40	Формальдегід	0,05	Такий самий
41	Нафта та нафтопродукти	0,05	Рибогосподарський
42	Феноли	0,001	Такий самий

Таблиця В.3

ГДК забруднювачів в атмосферному повітрі для рослин

Найменування речовини	Значення ПДК, мг/м ³			
	для рослин в цілому (максимально разові)	для деревесних порід		для людини (максимально разові)
		максимально разові	середньодобові	
Діоксид сірки	0,02	0,03	0,015	0,5
Оксид азоту	0,02	0,04	0,02	0,085
Аміак	0,05	0,1	0,04	0,2
Бензол	0,1	0,1	0,05	1,5
Хлор	0,25	0,025	0,015	0,1
Сірководень	0,02	0,008	0,008	0,008
Формальдегід	0,02	0,02	0,003	0,035
Пил, цемент	–	0,2	0,05	0,5
Метанол	0,2	0,2	0,1	1,0

Значення ГДК хімічних речовин в ґрунті

Назва речовини	ГДК _г , мг/кг
<i>Метали</i>	
Ванадій	150
Кобальт	5,0
Марганець, вилучений з:	
– чорнозему	700
– дерново-підзолистого ґрунту:	
pH = 4	300
pH = 5,1-5,9	400
pH = 6	500
Мідь (рухлива форма)	3,0
Нікель	4,0
Ртуть	2,1
Свинець	32
Свинець (рухлива форма)	6,0
Хром	6,0
Цинк	23
<i>Неорганічні сполуки</i>	
Нітрати	130
Миш'як	20
Сірководень	0,4
Фосфор (суперфосфат)	200
Фториди (водорозчинна форма)	10
<i>Ароматичні вуглеводні</i>	
Бензол	0,3
Ізопрорилбензол	0,5
Ксилоли	0,3
Стирол	0,1
Толуол	0,3
<i>Добрива та ПАР</i>	
Рідкі комплексні добрива з додаванням марганцю	80
Азотно-калійні добрива	120
Поверхнево активні речовини (ПАР)	0,2

Допустимі рівні звукового тиску, рівня звуку й еквівалентні рівні звуку (скорочено)

Робоче місце	Рівень звукового тиску в дБ в октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц								Рівень звуку й еквівалентний рівень звуку, дБ
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1. Приміщення для конструкторів, програмістів; лабораторії теоретичних робіт і обробки експериментальних даних; приймальні в лікарнях	71	61	54	49	45	42	40	38	50
2. Приміщення управління, робочі кімнати	79	70	68	63	55	52	50	49	60
3. Кабіни спостереження і дистанційного управління: – без мовного зв'язку по телефону – с мовним зв'язком по телефону	94 83	87 74	82 68	78 63	75 60	73 57	71 55	70 54	80 65
4. Приміщення і ділянки точної зборки, машинописні бюро	83	74	68	63	60	57	55	54	65
5. Приміщення для проведення експериментальних робіт, розміщення гучних агрегатів.	94	87	82	78	75	73	71	70	80
6. Постійні робочі місця і робочі зони у виробничих приміщеннях і на території підприємств, на стаціонарних машинах.	99	92	86	83	80	78	76	74	85
7. Кабіни і салони літаків і вертольотів	95	88	82	78	75	73	71	69	80

13 Довкілля. Захист довкілля та здоров'я людини. Безпека (згідно з загальноукраїнським класифікатором стандартів ДК 004-1999)
(витяг)

13.020 Захист довкілля

13.020.10 Керування довкіллям

ДСТУ ISO 14001:2015	Системи екологічного управління. Вимоги та настанови щодо застосовування (ISO 14001:2015, IDT)	чинний
ДСТУ ISO 14004:2016	Системи екологічного управління. Загальні настанови щодо запровадження (ISO 14004:2016, IDT)	чинний
ДСТУ ISO 19011:2019	Настанови щодо проведення аудитів систем управління (ISO 19011:2018, IDT)	чинний

13.020.50 Екологічне маркування

ДСТУ ISO 14021:2016	Екологічні маркування та декларації. Екологічні самодекларації (екологічне маркування типу II) (ISO 14021:2016, IDT)	чинний
ДСТУ ISO 14024:2018	Екологічне маркування та декларації. Екологічне етикетування типу I. Принципи та методи (ISO 14024:2018, IDT)	чинний
ДСТУ ISO 14025:2008	Екологічне маркування та декларації. Екологічні декларації типу III	чинний

13.030 Відходи

ДСТУ 3211:2009	Брухт і відходи кольорових металів і сплавів. Загальні технічні умови (ГОСТ 1639:2009)	чинний
-------------------	--	--------

13.030.01 Відходи взагалі

ДСТУ 2195-1999 (ГОСТ 17.9.0.2-1999)	Охорона природи. Поводження з відходами. Технічний паспорт відходу. Склад, вміст, виклад і правила внесення змін	чинний
ДСТУ 3910-1999 (ГОСТ 17.9.1.1-1999)	Охорона природи. Поводження з відходами. Класифікація відходів. Порядок найменувань відходів за генетичним принципом і віднесення їх до класифікаційних категорій	чинний
ДСТУ 3911-1999 (ГОСТ	Охорона природи. Поводження з відходами. Виявлення відходів і подання інформаційних даних	чинний

17.9.0.1-1999)	про відходи. Загальні вимоги	
----------------	------------------------------	--

13.030.10 Тверді відходи

РСТ УССР 1486-82	Матеріали технічні (обтиральні). Загальні технічні умови (зі змінами від 01.01.1984)	чинний
ДСТУ 2034-92	Відходи деревинні. Загальні технічні умови	чинний
ДСТУ 2250-93	Брухт та відходи дорогоцінних металів і сплавів. Терміни та визначення	чинний
ДСТУ 2731-94	Сировина полімерна вторинна. Порядок збирання, зберігання і переробки відходів	чинний
ДСТУ 2829.9-94	Брухт та відходи дорогоцінних металів і сплавів. Метод визначення срібла, золота, паладію і платини в сплавах на основі заліза	чинний
ДСТУ 3211:2009 (ГОСТ 1639:2009)	Брухт і відходи кольорових металів і сплавів. Загальні технічні умови	чинний

13.030.50 Повторне використання

ДСТУ 2102-92	Ресурси матеріальні вторинні. Терміни та визначення	чинний
ДСТУ БА.1.1-26-94	ССНБ. Відходи промисловості для будівельних виробів. Терміни та визначення	чинний

13.040 Якість повітря

13.040.20 Атмосфера довкілля

ДСТУ 2608-94	Аналізатори газів для контролю атмосфери. Загальні технічні вимоги та методи випробувань	чинний
--------------	--	--------

13.040.40 Викиди стаціонарних джерел

ДСТУ 2603-94	Аналізатори газів для контролю викидів промислових підприємств. Загальні технічні вимоги та методи випробувань	чинний
--------------	--	--------

13.040.50 Викиди двигунів транспортних засобів

ДСТУ 2501-94	Аналізатори газів для контролю викидів транспортних засобів. Загальні технічні вимоги та методи випробувань	чинний
ГСТУ 32.001-94	Викиди забруднюючих речовин з відпрацьованими газами тепловозних дизелів. Норми та методи визначення	чинний

13.060 Якість води

13.060.01 Якість води взагалі

ДСТУ 3041-95	Система стандартів у галузі охорони навколишнього середовища та раціонального використання ресурсів. Гідросфера. Використання і охорона води. Терміни та визначення	чинний
ДСТУ 3913-99	Охорона довкілля та раціональне поводження з ресурсами. Пробовідбірники автоматичні для відбору усереднених проб природних та стічних вод. Загальні технічні вимоги і методи випробувань.	чинний
ДСТУ 3928-99	Охорона природи. Гідросфера. Токсикологія води. Терміни та визначення	чинний
ДСТУ 4107-2002	Якість води. Відбір проб. Частина 16. Настанови з біотестування	чинний
ДСТУ ISO 5667-3-2001	Якість води. Відбір проб. Частина 3. Настанови щодо зберігання та поводження з пробами	скасований 01.01.2024
ДСТУ ISO 10703-2001	Захист від радіації. Визначення об'ємної активності радіонуклідів методом гамма-спектрометрії з високою роздільною здатністю	чинний

13.060.10 Вода природних джерел

ДСТУ 878-93	Води мінеральні питні. Технічні умови. Зміна № 33 (ІПС № 3-2019)	чинний
ДСТУ 3831-98	Охорона навколишнього природного середовища. Автоматизовані системи контролю якості природних вод. Типи та основні вимоги	чинний
ДСТУ ISO 5667-6:2009	Якість води. Відбір проб. Частина 6. Настанови щодо відбору проб води з річок та інших водотоків	скасований 01.01.2024
ДСТУ ISO 5667-12-2001	Якість води. Відбір проб. Частина 12. Настанови щодо відбору проб донних відкладів	чинний

13.060.25 Вода на промислові потреби

ДСТУ 2730:2015	Система стандартів у галузі охорони навколишнього середовища та раціонального використання ресурсів. Якість природної води для зрошення. Агронамічні критерії	чинний
ДСТУ 3458-96 (ГОСТ 30465-97)	Вода тверда, використовувана для випробування побутових електричних приладів. Загальні технічні вимоги	чинний
ГСТУ 34.004-96	Води виробничі теплових електростанцій. Методи відбору проб	чинний

ГСТУ 34.005-96	Води виробничі теплових електростанцій. Метод приготування очищеної води	чинний
-------------------	--	--------

13.060.30 Стічні води

РСТ УССР 1772-83	Решітки-дробарки для очисних споруд. Технічні умови	чинний
ДСТУ 3013-95	Система стандартів у галузі охорони навколишнього середовища та раціонального використання ресурсів. Гідросфера. Правила контролю за відведенням дощових і снігових стічних вод з територій міст і промислових підприємств	чинний
ДСТУ 3812-98	Охорона довкілля та раціональне поводження з ресурсами. Контроль оперативний стічних вод очисних споруд міст і промислових підприємств. Загальні положення	чинний
ДСТУ 3832-98	Охорона навколишнього природного середовища. Автоматизовані системи контролю стічних вод. Типи та основні вимоги	чинний

13.060.50 Досліджування води для визначення вмісту хімічних

речовин

ДСТУ 4077-2001	Якість води. Визначення рН. (ISO 10523:1994, MOD)	чинний
ДСТУ 4078-2001	Якість води. Визначення нітрату. Частина 3. Спектрометричний метод із застосуванням сульфосаліцилової кислоти (ISO 7890-3:1988, MOD)	чинний
ДСТУ ISO 9297:2007	Якість води. Визначення хлоридів. Титрування нітратом срібла із застосуванням хрому як індикатора (метод Мора) (ISO 9297:1989, IDT)	чинний
ДСТУ ISO 6468-2002	Якість води. Визначення вмісту окремих хлорорганічних інсектицидів, поліхлорованих біфенілів і хлорбензолів. Метод газової хроматографії після екстрагування (рідина — рідина)	чинний
ГСТУ 34.006-96	Води виробничі теплових електростанцій. Метод визначення лужності	чинний
ГСТУ 34.007-96	Води виробничі теплових електростанцій. Метод визначення кислотності	чинний
ГСТУ 34.008-96	Води виробничі теплових електростанцій. Метод визначення вмісту вільної вугільної кислоти	чинний
ГСТУ 34.010-96	Води виробничі теплових електростанцій. Метод визначення вмісту кальцію і магнію	чинний
ГСТУ	Води виробничі теплових електростанцій. Метод	чинний

34.011-96	визначення вмісту заліза	
ГСТУ 34.012-96	Води виробничі теплових електростанцій. Метод визначення вмісту міді	чинний
ГСТУ 34.013-96	Води виробничі теплових електростанцій. Метод визначення вмісту кремнієвої кислоти	чинний
ГСТУ 34.014-96	Води виробничі теплових електростанцій. Метод визначення вмісту фосфатів	чинний

13.060.60 Досліджування фізичних властивостей води

ГСТУ 34.009-96	Води виробничі теплових електростанцій. Метод визначення вмісту твердості	чинний
-------------------	---	--------

13.060.70 Досліджування біологічних властивостей води

ДСТУ 3959-2000	Охорона довкілля та раціональне поводження з ресурсами. Методики біотестування води. Настанови	чинний
ДСТУ 4074-2001	Якість води. Визначення гострої летальної токсичності хімічних речовин та води на прісноводній рибі [Brachydanoï rerio Hamilton-Buchanan (Teleostei, Cyprinidae)]. Статичний метод (ISO 7346-1:1996, MOD)	чинний
ДСТУ 4075-2001	Якість води. Визначення гострої летальної токсичності хімічних речовин та води на прісноводній рибі [Brachydanoï rerio Hamilton-Buchanan (Teleostei, Cyprinidae)]. Напівстатичний метод (ISO 7346-1:1996, MOD)	чинний
ДСТУ 4076-2001	Якість води. Визначення гострої летальної токсичності хімічних речовин та води на прісноводній рибі [Brachydanoï rerio Hamilton-Buchanan (Teleostei, Cyprinidae)]. Проточний метод	чинний
ДСТУ 4080-2001	Якість води. Оцінювання здатності до повного аеробного біологічного розкладання органічних сполук у водному середовищі. Статичне випробування (метод Цана-Велленса)	чинний
ДСТУ ISO 8192-2001	Якість води. Випробування на інгібування споживання кисню активним мулом (ISO 8194:1987, IDT)	чинний
ДСТУ ISO 9408-2001	Якість води. Оцінка повного аеробного біологічного розкладу органічних сполук у водному середовищі визначенням потреби в кисні в закритому респірометрі (ISO 9408:1999, IDT)	чинний

13.080 Якість ґрунту. Ґрунтознавство

ДСТУ ISO 11266-2001 Поправка 1-2002	Якість ґрунту. Настанови щодо лабораторного випробування біодеградації органічних хімічних речовин у ґрунті в аеробних умовах; Поправка 1-2002 (ISO 11266:1994, IDT)	чинний
ДСТУ БВ.2.1-8-2001 (ГОСТ 12071-2000)	Ґрунти. Відбирання, упакування, транспортування і зберігання зразків	чинний
ДСТУ БВ.2.1-9:2016	Ґрунти. Методи польових випробувань статичним і динамічним зондуванням	чинний

13.080.01 Якість ґрунту та ґрунтознавство взагалі

ДСТУ 3866-99	Ґрунти. Класифікація ґрунтів за ступенем вторинної солонцюватості	чинний
ДСТУ 3980-2000	Ґрунти. Фізико-хімія ґрунтів. Терміни та визначення	чинний

13.080.10 Хімічні характеристики ґрунтів

ДСТУ 4114-2002	Ґрунти. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Мачигіна	чинний
ДСТУ 4115-2002	Ґрунти. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирикова	чинний
ДСТУ ISO 10390:2022	Ґрунт, оброблені біовідходи та осад. Визначення рН (ISO 10390:2021, IDT)	чинний
ДСТУ ISO 10693-2001	Якість ґрунту. Визначення вмісту карбонатів. Об'ємний метод (ISO 10693:1995, IDT)	чинний
ДСТУ ISO 10694-2001	Якість ґрунту. Визначення вмісту органічного і загального вуглецю методом сухого спалювання (елементний аналіз) (ISO 10693:1995, IDT)	чинний
ДСТУ ISO 11048-2001	Якість ґрунту. Визначення водорозчинних та кислоторозчинних сульфатів (ISO 11048:1995, IDT)	чинний
ДСТУ ISO 11260-2001	Якість ґрунту. Визначення ємності катіонного обміну та насиченості основами з використанням розчину хлориду барію (ISO 11260:1995, IDT)	чинний
ДСТУ ISO 11261-2001	Якість ґрунту. Визначення загального вмісту азоту. Модифікований метод К'ельдаля (ISO 11261:1995, IDT)	чинний
ДСТУ ISO 11263-2001	Якість ґрунту. Спектрометричний метод. Визначення вмісту рухових сполук фосфору в розчині гідрокарбонату натрію (ISO 11263:1995,	чинний

	IDT)	
ДСТУ ISO 11465-2001	Якість ґрунту. Визначення сухої речовини та вологості за масою. Гравіметричний метод (ISO 11465:1995, IDT)	чинний
ДСТУ ISO 11466-2001	Якість ґрунту. Вилучення перехідних елементів, що розчиняються в царській водці (ISO 11466:1995, IDT)	чинний
ДСТУ ISO 13536-2001	Якість ґрунту. Визначення потенціальної ємності катіонного обміну та вмісту обмінних катіонів з застосуванням буферного розчину хлориду барію з рН=8,1 (ISO 13536:1995, IDT)	чинний

13.080.20 Фізичні властивості ґрунтів

ДСТУ ISO 11265-2001	Якість ґрунту. Визначення питомої електропровідності (ISO 11265:1994, IDT)	чинний
ДСТУ ISO 11272-2001	Якість ґрунту. Визначення щільності складення на суху масу (ISO 11272:1998, IDT)	чинний

13.080.30 Біологічні властивості ґрунтів

ДСТУ ISO 11266-2001	Якість ґрунту. Настанови щодо лабораторного випробування біодеградації органічних хімічних речовин у ґрунті в аеробних умовах (ISO 11266:1994, IDT)	чинний
ДСТУ ISO 11269-2-2002	Якість ґрунту. Визначення дії забруднювачів на флору ґрунту. Частина 2. Вплив хімічних речовин на проростання та ріст вищих рослин (ISO 11269-2:1995, IDT)	чинний
ДСТУ ISO 14239-2001	Якість ґрунту. Лабораторні інкубаційні системи для вимірювання мінералізації органічних хімічних речовин у ґрунті за умов аеробних факторів (ISO 14239:1997, IDT)	чинний

13.080.40 Гідрологічні властивості ґрунтів

ДСТУ ISO 10573-2001	Якість ґрунту. Визначення вмісту води в ненасиченій зоні. Метод глибинного нейтронного зонду (ISO 10573:1995, IDT)	чинний
ДСТУ ISO 11274-2001	Якість ґрунту. Визначення водоутримувальної характеристики. Лабораторні методи (ISO 11274:1998, IDT)	чинний
ДСТУ ISO 11276-2001	Якість ґрунту. Визначення тиску парової води. Метод з використанням тензіометра (ISO 11276:1995, IDT)	чинний

13.280 Захист від опромінення

ДСТУ ISO 2889-2001	Захист від радіації. Загальні принципи відбору проб радіоактивних речовин з повітря	чинний
ДСТУ ISO 3925-2001	Захист від радіації. Речовини радіоактивні негерметизовані. Ідентифікація та сертифікація	чинний
ДСТУ ISO 7503-1-2001	Захист від радіації. Оцінювання забруднення поверхні. Частина 1. Бета-випромінювачі (максимальна енергія бета-випромінювання понад 0,15 MeV) та альфа-випромінювачі	чинний
ДСТУ ISO 7503-2-2001	Захист від радіації. Оцінювання забруднення поверхні. Частина 2. Забруднення поверхні тритієм	чинний
ДСТУ ISO 8194-2001	Захист від радіації. Одяг для захисту від радіоактивного забруднення. Проектування, вибір, методи випробувань та використання	чинний
ДСТУ ISO 9696-2001	Захист від радіації. Вимірювання альфа-активності у прісній воді. Метод концентрованого джерела	чинний
ДСТУ ISO 9698-2001	Захист від радіації. Визначення об'ємної активності тритію. Метод підрахунку сцинтиляцій у рідкому середовищі	чинний
ДСТУ ISO 10703-2001	Захист від радіації. Визначення об'ємної активності радіонуклідів методом гамма-спектрометрії у рідкому середовищі	чинний

Навчальне видання

Рудченко Андрій Геннадійович
Кулікова Дар'я Володимирівна

**НОРМУВАННЯ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА
ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ**

Навчальний посібник

Видано в авторській редакції.

Електронний ресурс.
Підписано до видання 27 червня 2024. Авт. арк. 12,5.

Підготовлено до видання
в Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка».
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 1842 від 11.06.2004.
49005, м. Дніпро, просп. Дмитра Яворницького, 19.