

**ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ**

ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНОГЕННО-ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

**КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ МЕХАНІКИ
ТА ТЕХНОЛОГІЙ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

В.М. Бабакін, В. Ю. Колосков, О.М.Кондратенко

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ ТА
САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ
З ДИСЦИПЛІНИ
«НОРМУВАННЯ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА
НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ»**

**освітній компонент ОК 24
у освітньо-науковій програмі «Техногенно-екологічна безпека»
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) ступеня вищої освіти
ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 183 «Технології захисту навколишнього
середовища» у галузі знань 18 «Виробництво та технології**

Друкується за рішенням кафедри прикладної механіки та технологій захисту навколишнього середовища НУЦЗ України
Протокол від «26» лютого 2024р. № 8

Методичні вказівки до виконання практичних занять та самостійної роботи з дисципліни «Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище» освітній компонент ОК 24 у освітньо-науковій програмі «Техногенно-екологічна безпека» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) ступеня вищої освіти ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 183 «Технології захисту навколишнього середовища» у галузі знань 18 «Виробництво та технології» / Уклад. В.М. Бабакін, В.Ю. Колосков, О.М. Кондратенко. Х.: НУЦЗУ, 2024. 104 с.

Укладачі:

*Бабакін Вадим Миколайович, д.ю.н., доцент, викладач кафедри,
Колосков Володимир Юрійович, к.т.н., доцент, завідувач кафедри,
Кондратенко Олександр Миколайович, д.т.н., доцент, професор кафедри*

Рецензенти:

Завідувач кафедри хімічної техніки та промислової екології Національного технічного університету «ХПІ» кандидат технічних наук, доцент Олексій Шестапалов

Заступник начальника кафедри спеціальної хімії та хімічної технології факультету оперативно-рятувальних сил Національного університету цивільного захисту України, кандидат технічних наук, доцент Марина Чиркіна

ЗМІСТ

Вступ

Практичне заняття 1. Теоретичні основи нормування антропогенною навантаження на природне середовище.

Практичне заняття 2. Нормативно-правова база нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище

Практичне заняття 3. Антропогенний вплив на природне середовище

Практичне заняття 4. Нормування гранично допустимих викидів.

Практичне заняття 5. Нормування якості водних об'єктів.

Практичне заняття 6. Нормування якості ґрунтів

Практичне заняття 7. Нормативи в області охорони атмосфери.

Практичне заняття 8. Нормування в галузі радіаційної безпеки.

Практичне заняття 9. Нормування шумових та вібраційних навантажень на довкілля

Практичне заняття 10. Стандартизація. Державна система стандартизації.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

ВСТУП

Методичні вказівки освітнього компонента «Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище» розроблено на підставі рішення відповідного вищого навчального закладу, навчальних планів та навчальної програми відповідної дисципліни. Методичні вказівки до виконання практичних занять мають на меті надати студентам навичок практичного використання знань, набутих на лекційних заняттях, по нормуванню забруднюючих речовин в атмосфері, визначенні максимального значення приземної концентрації шкідливої речовини, визначенні ГДВ шкідливих речовин у приземному шарі атмосфери, визначенні фонових концентрацій шкідливих речовин розрахунковим шляхом, регулюванню викидів за несприятливих метеорологічних умов (НМУ), нормативним показникам якості води, нормативам якості води водойм рибогосподарського призначення, методу інтегрального оцінювання якості води, методу оцінювання сумарного ефекту якості води, комплексному оцінюванню рівня забрудненості води за заданою лімітуючою ознакою шкідливості, оцінюванню стану водних об'єктів з гідрологічних позицій, оцінюванню стану водних об'єктів за гідрохімічними показниками, оцінюванню стану водних об'єктів за гідробіологічними показниками, визначенню рівнів токсичного забруднення, класифікації якості поверхневих вод за мікробіологічними показниками.

Метою викладання навчальної дисципліни «Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище» є формування у студентів теоретичних знань та практичних навичок, необхідних для роботи у державних та відомчих виробничих підрозділах, що здійснюють нормування викидів в атмосферу, скидів у водотоки та водойми забруднюючих речовин, обсягів утворення та розміщення відходів, а також працюють в контролюючих організаціях.

Дані методичні вказівки пропонується використовувати для виконання практичних робіт та самостійної роботи студентів з дисципліни «Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище», яка викладається на кафедрі «Прикладної механіки та технологій захисту навколишнього середовища».

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 1

1.1 Антропогенний вплив на природне середовище, нормативи в області охорони атмосфери

1.2

Питання для обговорення.

1. Суть, мета, об'єкти і завдання нормування.
2. Санітарно-гігієнічне нормування.
3. Екологічне нормування.
4. Науково технічне нормування

1.3 Якість атмосферного повітря

Поки що люди не можуть повністю відмовитися від утилізації промислових відходів у природне середовище. Але оскільки багато домішок негативно впливають на людей, тварин, рослин, необхідно обмежити надходження цих домішок у природне середовище. Основним показником, що використовується для контролю якості повітря, є гранично допустима концентрація шкідливих речовин (ГДК), максимальна концентрація домішок в атмосфері, віднесена до певного часу усереднення, який при періодичному впливі або протягом життя людини не впливає на неї або на навколишнє середовище. Загалом шкідлива дія зазвичай встановлюється в мг / м³.

Якщо речовина шкідливо впливає на навколишню природу в менших концентраціях, ніж на організм людини, то при нормуванні виходять із порогу впливу цієї речовини на навколишнє середовище.

Реальна ситуація, пов'язана з тимчасовою неможливістю повністю зупинити викид шкідливих сполук у повітря, виражається в тому, що існує окреме регулювання вмісту домішок у повітрі, оскільки використовуються два типи ГДК: для повітря робочої зони - ГДК_{рз} та населеного пункту - ГДК_{нп}. Окреме регулювання вмісту домішок також передбачає поділ ГДК на максимально разові - ГДК_{мр} та середньодобові - ГДК_{сд}.

ГДК_{мр} - це характеристика небезпечності шкідливої речовини. Встановлюється для запобігання рефлекторним реакціям у людини (запах, світлочутливість, зміни біоелектричної активності мозку тощо) при короткочасному впливі атмосферних домішок. ГДК_{сд} створена для запобігання загальнотоксичним, канцерогенним, мутагенним та іншим впливам речовини на організм людини [8, 14].

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

1.4 Оцінювання стану повітряного середовища

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

зростанням перевищення $ГДК_{Cди}$.

$$I_i = \left(\frac{C_{сер}}{ГДК_{Cди}} \right)^{a_i}, \quad (1.1)$$

де I_i - одиничний індекс забруднення для i -ої речовини; $C_{сер}$ - середня концентрація в повітрі i -ої речовини; $ГДК_{Cди}$ - гранично допустима концентрація середньодобова для i -ої речовини; a_i - безрозмірна константа приведення ступеня шкідливості i -ої речовини до шкідливості діоксиду сірки, яка залежить від того, до якого класу небезпечності належить забруднююча речовина.

Усі нормовані речовини поділені на класи небезпечності (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 - Класи небезпечності нормованих речовин

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

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

$$C_{сер} = \sum_{i=1}^n c_i / n, \text{ мг/м}^3 \quad (1.2)$$

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

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

$$I_{КІЗА} = \sum_{i=1}^n I_i. \quad (1.3)$$

Приклад 1. Чому дорівнює комплексний індекс забруднення атмосферного повітря міста, якщо середньорічні концентрації забруднюючих речовин у повітрі складають: пилу – 0,15 мг/м³, діоксиду сірки – 0,06 мг/м³, діоксиду азоту – 0,07 мг/м³, оксиду вуглецю – 3,9 мг/м³, фенолу – 0,005 мг/м³, сірководню – 0,016 мг/м³. ГДК забруднюючих речовин наведені в таблиці.

Таблиця – ГДК забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених місць

Назва речовини	Значення ГДК _{СД} , мг/м ³	Клас безпеки
----------------	--	--------------

Пил недиференційований за складом	0,15	3
Діоксид азоту	0,04	3
Оксид вуглецю	3,0	4
Діоксид сірки	0,05	3
Фенол	0,003	2
Сірководень	-	2

Дано:

$$Q_{\text{NO}_2} = 0,07 \text{ мг/м}^3, \text{ ГДК}_{\text{NO}_2} = 0,04 \text{ мг/м}^3$$

$$Q_{\text{CO}} = 3,9 \text{ мг/м}^3, \text{ ГДК}_{\text{CO}} = 3,0 \text{ мг/м}^3$$

$$Q_{\text{SO}_2} = 0,06 \text{ мг/м}^3, \text{ ГДК}_{\text{SO}_2} = 0,05 \text{ мг/м}^3$$

$$Q_{\text{фенол}} = 0,005 \text{ мг/м}^3, \text{ ГДК}_{\text{фенол}} = 0,003 \text{ мг/м}^3$$

$$Q_{\text{H}_2\text{S}} = 0,016 \text{ мг/м}^3, \text{ ГДК}_{\text{H}_2\text{S}} = 0,008 \text{ мг/м}^3$$

$$Q_{\text{пиль}} = 0,15 \text{ мг/м}^3, \text{ ГДК}_{\text{пиль}} = 0,15 \text{ мг/м}^3$$

$$I_k - ?$$

Алгоритм:

При розрахунку комплексних індексів користуються значеннями середньодобових ГДК забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених місць

1. Визначаємо індекси забруднення повітря окремими домішками:

$$I_i = \left(\frac{Q_i}{\text{ГДК}_i} \right)^{a_i},$$

де a_i – константа, що залежить від класу небезпеки забруднюючої речовини (2 клас небезпеки – 1,3, 3-й – 1, 4-й – 0,9);

Q_i – середньорічна концентрація забруднюючої речовини в повітрі.

2. Визначаємо комплексний індекс забруднення атмосфери:

$$I_k = \sum_{i=1}^n I_i.$$

Рішення:

$$1. I_{\text{пиль}} = \left(\frac{0,15}{0,15} \right)^1 = 1,0$$

$$I_{\text{SO}_2} = \left(\frac{0,06}{0,05} \right)^1 = 1,2$$

$$I_{\text{NO}_2} = \left(\frac{0,07}{0,04} \right)^1 = 1,75$$

$$I_{\text{CO}} = \left(\frac{3,9}{3,0} \right)^{0,9} = 1,27$$

$$I_{\text{фенол}} = \left(\frac{0,005}{0,003} \right)^{1,3} = 1,95$$

$$I_{H_2S} = \left(\frac{0,016}{0,008} \right)^{1,3} = 2,46$$

$$2. I_k = 1,0 + 1,2 + 1,75 + 1,27 + 1,95 + 2,46 = 9,63$$

Відповідь: комплексний індекс забруднення атмосфери міста дорівнює 9,63.

1.4.1 Сумарна допустима концентрація забруднювальних речовин в атмосферному повітрі

Існують три основні типи комбінованої дії хімічних речовин:

- 1) Синергізм - одна речовина посилює дію іншої;
- 2) Антагонізм - одна речовина послаблює дію іншої;
- 3) Адитивна дія - дія речовин у комбінації підсумовується.

При наявності в атмосферному повітрі декількох забруднювальних речовин, та мають сумарну дію, їх сумарно допустима концентрація має відповідати умові:

$$\frac{C_1}{ГДК_1} + \frac{C_2}{ГДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ГДК_n} \leq 1 \quad (1.4)$$

де C_1, C_2, C_n - фактичні концентрації речовин в атмосферному повітрі при одночасному відбиранні проб в одній місцевості, мг/м³;

$ГДК_1, ГДК_2, \dots, ГДК_n$ - граничнодопустимі концентрації цих речовин в атмосферному повітрі, мг/м³.

При одночасній присутності в повітрі декількох речовин з ефектом сумації шкідливої дії для кожної групи речовин односпрямованої шкідливої дії може бути також розрахована наведена концентрація, коли концентрація кожної з речовин приводиться умовно до значення концентрації одного з них:

$$C = C_1 + C_2 * \frac{ГДК_1}{ГДК_2} + \dots + C_n * \frac{ГДК_1}{ГДК_n} \quad (1.5)$$

де C - наведена концентрація; C_1 - концентрація речовини, до якої здійснюється приведення; $ГДК_1$ - максимальна разова $ГДК$ речовини, до якої здійснюється приведення; $ГДК_2, \dots, ГДК_n$ - $ГДК$ інших речовин, що входять у розглянуту групу сумації; C_2, \dots, C_n - їх фактичні концентрації, мг/м³.

Наведений викид забруднюючих речовин в атмосферне повітря знаходимо приведенням викиду кожної речовини до діоксиду сірки з подальшим підсумовуванням викидів за всіма інгредієнтами:

$$Q = \sum_{i=1}^n \frac{m_i \cdot ГДК_{SO_2}}{ГДК_i} = \sum_{i=1}^n \frac{m_i}{K}, \text{ тис. т,} \quad (1.6)$$

$$K = \frac{ГДК_{СД}^{реч}}{ГДК_{СД}^{SO_2}}, \quad (1.7)$$

де $ГДК_{СД}^{реч}$ - гранично допустима середньодобова концентрація забруднювальної речовини;

$ГДК_{СД}^{SO_2}$ - гранично допустима середньодобова концентрація SO_2 .

Питомий викид на одиницю площі визначаємо:

$$L = \frac{Q}{S}, \text{ т/км}^2, \quad (1.8)$$

де S - площа, на яку розраховуємо викид.

Аналогічно визначаємо питомий викид на душу населення:

$$M = \frac{Q}{P}, \text{ кг/чол} \quad (1.9)$$

У табл. 1.2 наведено ГДК деяких найпоширеніших шкідливих речовин в атмосферному повітрі. Навіть з цього невеликого переліку видно, що нижня межа токсичності шкідливих речовин, тобто їх ГДК дуже відрізняється.

Останнім часом зростає кількість відомостей про вплив забруднюючих речовин на біоту, у тому числі атмосферних домішок на рослинність. Дослідники пропонують встановити гранично допустимі концентрації для деяких видів забруднюючих речовин, аби використовувати ці нормативи для оцінювання збитків і обмеження шкідливого впливу на природні об'єкти, що охороняються, наприклад, заповідні території (табл. 1.3).

Таблиця 1.2 - ГДК шкідливих речовин в атмосферному повітрі

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

Примітка: $K = \frac{ГДК_{СД}^{реч}}{ГДК_{СД}^{SO_2}}$,

де $ГДК_{СД}^{реч}$ - гранично допустима концентрація середньодобова забруднюючої речовини;
 $ГДК_{СД}^{SO_2}$ - гранично допустима концентрація середньодобова SO_2 .

Таблиця 1.3 - ГДК забруднюючих речовин в атмосферному повітрі для рослин

Назва забруднювальної речовини	Для рослин у цілому (максимально разові)	Для деревних порід	
		Максимально разові	середньодобові
Діоксид сірки	0,02	0,03	0,015
Аміак	0,05	0,1	0,04
Бензол	0,1	0,1	0,05
Хлор	0,25	0,025	0,015
Сірководень	0,02	0,008	0,008
Формальдегід	0,02	0,02	0,003

Приклад 2. Необхідно визначити допустиму концентрацію оксиду вуглецю, враховуючи сумарну дію його з оксидом сірки та сірководнем, зробити відповідні висновки. Необхідні дані: концентрація оксиду сірки в повітрі житлової зони становить 0,015; а концентрація сірководню 0,002 мг/м³. $ГДК_{СД}^{реч}$ для SO_2 , H_2S та CO наведено в табл. 1.2.

Рішення. Визначаємо допустиму концентрацію оксиду вуглецю в атмосферному повітрі за наступною формулою:

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

Розраховуємо допустиму концентрацію оксиду вуглецю у повітрі житлової зони:

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

Висновок. Отже з урахуванням сумарної дії кількох шкідливих компонентів повітря, концентрація оксиду вуглецю не повинна перевищувати 0,9 мг/м³, що значно нижче за його $ГДК_{СД}$.

Викиди забруднюючих речовин із стаціонарних джерел міста складають 168,9 тис. т на рік, у тому числі: тверді частки - 25,2 тис. т, фенол - 2,4 тис. т, аміак - 2,1 тис. т, оксид вуглецю - 47,3 тис. т, діоксид азоту - 17,1 тис. т, діоксид сірки - 36,4 тис. т. Площа міста - 340 км², населення - 1113 тис. Розрахувати показник питомого викиду (на одиницю площі і на душу населення). $ГДК$ забруднюючих речовин наведені в таблиці.

Таблиця 1.4 – ГДК забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених місць

Назва речовини	Значення ГДК, мг/м ³		Клас небезпеки
	Максимальна разова	Середньо-добова	
Пил недиференційований за складом	0,5	0,15	3
Діоксид азоту	0,2	0,04	3
Оксид вуглецю	5,0	3,0	4
Діоксид сірки	0,5	0,05	3
Фенол	0,01	0,003	2
Аміак	0,2	0,04	4
Сірководень	0,005	0,03	3

Дано:

$$m_{\text{NO}_2} = 17,1 \text{ тис. т, ПДК}_{\text{NO}_2} = 0,04 \text{ мг/м}^3$$

$$m_{\text{CO}} = 47,3 \text{ тис. т, ПДК}_{\text{CO}} = 3,0 \text{ мг/м}^3$$

$$m_{\text{SO}_2} = 36,4 \text{ тис. т, ПДК}_{\text{SO}_2} = 0,05 \text{ мг/м}^3$$

$$m_{\text{ПЫЛЬ}} = 25,2 \text{ тис. т, ПДК}_{\text{ПЫЛЬ}} = 0,15 \text{ мг/м}^3$$

$$m_{\text{ФЕНОЛ}} = 2,4 \text{ тис. т, ПДК}_{\text{ФЕНОЛ}} = 0,003 \text{ мг/м}^3$$

$$m_{\text{NH}_3} = 2,1 \text{ тис. т, ПДК}_{\text{NH}_3} = 0,04 \text{ мг/м}^3$$

$$S = 340 \text{ км}^2$$

$$P = 1113 \text{ тис. чол.}$$

$$L \text{ (т/км}^2\text{)} - ?$$

$$M \text{ (кг/чел)} - ?$$

Алгоритм:

1. Визначаємо сумарний річний наведений викид забруднюючих речовин в атмосферне повітря (знаходимо приведенням річного викиду кожної речовини до діоксиду сірки з подальшим підсумовуванням викидів за всіма інгредієнтами):

$$Q = \sum_{i=1}^n \frac{m_i \cdot \text{ПДК}_{\text{SO}_2}}{\text{ПДК}_i}, \text{ тис. Т}$$

2. Визначаємо питомий викид на одиницю площі:

$$L = \frac{Q}{S}, \text{ т/км}^2$$

3. Визначаємо питомий викид на душу населення:

$$M = \frac{Q}{P}, \text{ кг/чол}$$

Рішення:

$$1. Q = \frac{25,2 \cdot 0,05}{0,15} + \frac{2,4 \cdot 0,05}{0,003} + \frac{2,1 \cdot 0,05}{0,04} + \frac{47,3 \cdot 0,05}{3,0} + \frac{17,1 \cdot 0,05}{0,04} + \frac{36,4 \cdot 0,05}{0,05} = 109,588 \text{ тис. т}$$

$$2. L = \frac{109,588 \cdot 1000}{\frac{340}{109,588 \cdot 10^6}} = 322,32 \text{ т/км}^2$$

$$3. M = \frac{322,32}{1113 \cdot 1000} = 98,46 \text{ кг/чол}$$

Відповідь: питомий викид забруднюючих речовин на одиницю площі складе 322,32 т / км²; питомий викид забруднюючих речовин на душу населення складе 98,46 кг/чол.

Завдання:

1. Чому дорівнює комплексний індекс забруднення атмосферного повітря міста, якщо середньорічні концентрації забруднюючих речовин у повітрі складають: пилу – 0,2 мг/м³, діоксиду сірки – 0,08 мг/м³, діоксиду азоту – 0,02 мг/м³, оксиду вуглецю – 4,5 мг/м³, формальдегіду – 0,005 мг/м³, бенз(а)пірену – 1,2 · 10⁻⁶ мг/м³. ГДК забруднюючих речовин наведені в таблиці.

Таблиця 1.5 – ГДК забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених місць

Назва речовини	Значення ГДК _{сд} , мг/м ³	Клас небезпеки
Пил недиференційований за складом	0,15	3
Діоксид азоту	0,04	3
Оксид вуглецю	3,0	4
Діоксид сірки	0,05	3
Формальдегід	0,003	2
Бенз(а)пірен	1,0 · 10 ⁻⁶	1

2. Визначте відповідність нормативним вимогам стану атмосферного повітря при наступних концентраціях забруднюючих речовин: пилу – 0,52 мг/м³, діоксиду сірки – 0,25 мг/м³, діоксиду азоту – 0,02 мг/м³, оксиду вуглецю – 0,5 мг/м³, аміаку – 0,1 мг/м³, фенолу – 0,001 мг/м³, бензолу – 0,15 мг/м³. Розрахуйте наведену концентрацію задля групи речовин односпрямованої шкідливої дії. Використовуйте дані таблиці.

Таблиця 1.6 – ГДК забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених місць

Назва речовини	Значення ГДК, мг/м ³		Клас небезпеки
	Максимальна разова	Середньодобова	
Пил недиференційований за складом	0,5	0,15	3
Оксид азоту (II)	0,4	0,06	3
Діоксид азоту	0,2	0,04	3
Оксид вуглецю	5,0	3,0	4

Діоксид сірки	0,5	0,05	3
Фенол	0,01	0,003	2
Бензол	1,5	0,1	2
Аміак	0,2	0,04	4

Деякі групи сумації:

№ 1 - Діоксид сірки, гексен, діоксид сірки, оксид вуглецю

№ 3 – Аміак, сірководень

№ 10 – Ацетон, фенол

№ 17 – Бензол, ацетофенон

№ 36 – Діоксид сірки, діоксид азоту

№ 37 – Діоксид сірки, оксид вуглецю, фенол, пил конверторного виробництва

№ 38 – Діоксид сірки, оксид вуглецю, діоксид азоту, фенол

№ 39 – Діоксид сірки, фенол

№ 42 – Діоксид сірки, оксид сірки (III), аміак, оксиди азоту

№ 46 – Оксид вуглецю, пил цементного виробництва

3. Викиди забруднюючих речовин із стаціонарних джерел міста складають 144,8 тис. т на рік, у тому числі: тверді частки - 38,2 тис. т, фенол – 3,4 тис. т, аміак – 4,1 тис. т, оксид вуглецю – 37,3 тис. т, діоксид азоту – 15,1 тис. т, діоксид сірки – 36,4 тис. т., сірководень - 10,3 тис. т. Площа міста – 310 км², населення – 1100 тис. Розрахувати показник питомого викиду (на одиницю площі і на душу населення). ГДК забруднюючих речовин наведені в таблиці.

Таблиця 1.7 – ГДК забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених місць

Назва речовини	Значення ГДК, мг/м ³		Клас небезпеки
	Максимальна разова	Середньодобова	
Пил недиференційований за складом	0,5	0,15	3
Діоксид азоту	0,2	0,04	3
Оксид вуглецю	5,0	3,0	4
Діоксид сірки	0,5	0,05	3
Фенол	0,01	0,003	2
Аміак	0,2	0,04	4
Сірководень	0,005	0,03	3

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 2

Нормативно-правова база нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище

1.5 Визначення максимального значення приземної концентрації шкідливої речовини

Максимальне значення приземної концентрації шкідливої речовини при викиді газоповітряної суміші з одиночного точкового джерела досягається при несприятливих метеорологічних умовах на відстані (х, м) від джерела і визначається за формулою [8, 15-24]:

$$C_{\max} = \frac{AMFmn\eta}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \Delta T}}, \text{ мг/м}^3 \text{ — для нагрітих викидів}; \quad (1.5)$$

$$C_{\max} = \frac{AMF\eta}{H^{4/3}} K, \text{ мг/м}^3 \text{ — для холодних викидів}, \quad (1.6)$$

$$K = \frac{1}{7,1 \sqrt{\omega_0 V_1}}$$

де c_m - максимальне значення приземної концентрації шкідливої речовини при викиді газоповітряної суміші, мг/м³;

A - коефіцієнт, що залежить від температурної стратифікації атмосфери;

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

B - безрозмірний коефіцієнт, що враховує швидкість осідання шкідливих речовин в атмосферному повітрі;

m, n - коефіцієнти, що враховують умови виходу газоповітряної суміші з гирла джерела викиду, розраховуються по різних формулах;

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

H - висота джерела викиду над рівнем землі, м (для наземних джерел при розрахунках приймається H = 2 м);

V_1 - витрата газоповітряної суміші, м³/с;

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

Витрата газоповітряної суміші визначається за формулою:

$$V_1 = \frac{\pi D^2}{4} \omega_0, \quad (1.7)$$

де D - діаметр гирла джерела викиду, м;

ω_0 - середня швидкість виходу газоповітряної суміші з гирла джерела викиду, м/с.

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

Ефективний діаметр гирла (D_e , м):

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

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

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

$$V_{1e} = \frac{\pi D_e^2}{4} \cdot \omega_0.$$

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

Значення коефіцієнта A , що відповідає несприятливим метеорологічним умовам, при яких концентрація шкідливих речовин в атмосферному повітрі максимальна, приймається рівним 200 для України.

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

Відзначимо, що:

- значення M варто відносити до 20 - 30-хвилинного періоду осереднення, в тому числі й у випадках, коли тривалість викиду менша 20 хв;

- розрахунки концентрацій, як правило, проводяться для тих речовин, викиди яких задовольняють вимоги:

$$\frac{M_c}{ГДК} > \Phi,$$

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

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

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

ГДК - максимально разова гранично допустима концентрація, мг/м³;

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

Значення безрозмірного коефіцієнта F приймається:

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

Значення коефіцієнтів m і n визначаються в залежності від параметрів f , V_M , V_M' і f_e .

$$f = 1000 \frac{\omega_0^2 D}{H^2 \Delta T}; \quad (1.8)$$

$$v_m = 0,65 \sqrt[3]{\frac{V_1 \Delta T}{H}}; \quad (1.9)$$

$$v_m' = 1,3 \frac{\omega_0 D}{H}; \quad (1.10)$$

$$f_e = 800(v_m')^3 \quad (1.10a)$$

Коефіцієнт m визначається в залежності від f по формулам:

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f}} \quad \text{при } f < 100; \quad (1.11a)$$

$$m = \frac{1,47}{\sqrt[3]{f}} \quad \text{при } f \geq 100. \quad (1.11b)$$

Коефіцієнт n при $f < 100$ визначається в залежності від V_M по формулам:

$$n = 1 \quad \text{при } v_m \geq 2; \quad (1.12a)$$

$$n = 0,532v_m^2 - 2,13v_m + 3,13 \quad \text{при } 0,5 \leq v_m < 2; \quad (1.12b)$$

$$n = 4,4v_m \quad \text{при } v_m < 0,5. \quad (1.12b)$$

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

Для $f \geq 100$ чи $\Delta T \approx 0$ і $V_M' > 0,5$ (холодні викиди) при розрахунку C_M використовується формула

$$C_{\max} = \frac{AMFn\eta}{H^{4/3}} K, \text{ мг/м}^3$$

$$K = \frac{1}{7,1\sqrt{\omega_0 V_1}}$$

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

$$x_m = \frac{5-f}{4} \cdot d \cdot H, \quad (1.13)$$

де d - безрозмірний коефіцієнт.

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

$$\begin{aligned} \text{при } v_M \leq 0,5 & \quad d = 2,48 \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f_e}), \\ \text{при } 0,5 < v_M < 2 & \quad d = 4,95 \cdot v_M (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f_e}), \\ \text{при } v_M > 2 & \quad d = 7 \cdot \sqrt{v_M} (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f_e}), \end{aligned} \quad (1.14)$$

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

$$\begin{aligned} \text{при } v_M' \leq 0,5 & \quad d = 5,7, \\ \text{при } 0,5 < v_M' < 2 & \quad d = 11,4 v_M', \\ \text{при } v_M' > 2 & \quad d = 16d = 16 \cdot \sqrt{v_M'}. \end{aligned} \quad (1.15)$$

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

$$\begin{aligned} \text{при } v_M \leq 0,5 & \quad u_m = 0,5; \\ \text{при } 0,5 < v_M \leq 2 & \quad u_m = v_M; \\ \text{при } v_M > 2 & \quad u_m = v_M \cdot (1 + 0,12\sqrt{f}). \end{aligned} \quad (1.16)$$

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

$$\begin{aligned} \text{при } v_M' \leq 0,5 & \quad u_m = 0,5; \\ \text{при } 0,5 < v_M' \leq 2 & \quad u_m = v_M'; \\ \text{при } v_M' > 2 & \quad u_m = 2,2 \cdot v_M'. \end{aligned} \quad (1.17)$$

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

$$c_{mu} = r \cdot c_M, \quad (1.18)$$

де r - безрозмірна величина, яка визначається в залежності від відношення u/u_M :

$$\begin{aligned} \text{при } u/u_M \leq 1 & \quad r = 0,67(u/u_M) + 1,67(u/u_M)^2 - 1,34(u/u_M)^3, \\ \text{при } u/u_M > 1 & \quad r = \frac{3(u/u_M)}{2(u/u_M)^2 - (u/u_M) + 2}. \end{aligned} \quad (1.19)$$

Слід зазначити, що при проведенні розрахунків не використовуються значення швидкості вітру $u < 0,5$ м/с, а також швидкості вітру $u > u^*$, де u^* - значення швидкості вітру, що перевищується в даній місцевості в середньому багаторічному режимі в 5 % випадків. Це значення визначається за кліматичним довідником.

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

$$x_{mu} = p \cdot x_M, \quad (1.20)$$

де p - безрозмірний коефіцієнт, який визначається в залежності від відношення u/u_M :

$$\begin{aligned} \text{при } u/u_M \leq 0,25 & \quad p = 3; \\ \text{при } 0,25 < u/u_M \leq 1 & \quad p = 8,43 (1 - u/u_M)^5 + 1; \\ \text{при } u/u_M > 1 & \quad p = 0,32 \cdot (u/u_M) + 0,68. \end{aligned} \quad (1.21)$$

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

$$c = S_I \cdot c_M, \quad (1.22)$$

де S_I - безрозмірний коефіцієнт, який визначається в залежності від відношення x/x_M і коефіцієнта F :

$$\begin{aligned}
&\text{при } x/x_M \leq 1 & s_1 &= 3\left(x/x_M\right)^4 - 8\left(x/x_M\right)^3 + 6\left(x/x_M\right)^2, \\
&\text{при } 1 < x/x_M \leq 8 & s_1 &= \frac{1,13}{0,13\left(x/x_M\right)^2 + 1}, \\
&\text{при } F \leq 1,5 \text{ і при } x/x_M > 8 & s_1 &= \frac{x/x_M}{3,58\left(x/x_M\right)^2 - 35,2\left(x/x_M\right) + 120}, \\
&\text{при } F > 1,5 \text{ і при } x/x_M > 8 & s_1 &= \frac{1}{0,1\left(x/x_M\right)^2 + 2,47\left(x/x_M\right) - 17,3}.
\end{aligned} \tag{1.23}$$

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

$$\text{при } 2 \leq H < 10 \quad s_1^H = 0,125(10 - H) + 0,125(H - 2) s_1. \tag{1.24}$$

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

$$c_y = s_2 \cdot c_M, \tag{1.25}$$

де s_2 - безрозмірний коефіцієнт, обумовлений у залежності від швидкості вітру (u , м/с) і відношення y/x за значенням аргументу t_y :

$$s_2 = \frac{1}{(1 + 5t_y + 12,8t_y^2 + 17t_y^3 + 45,1t_y^4)^2}, \tag{1.26}$$

де аргумент t_y розраховується за формулами:

$$\begin{aligned}
&\text{при } u \leq 5 & t_y &= \frac{u \cdot y}{x^2}, \\
&\text{при } u > 5 & t_y &= \frac{5 \cdot y^2}{x^2}.
\end{aligned} \tag{1.27}$$

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

$$c_{MX} = s'_1 \cdot c_M, \tag{1.28}$$

де s'_1 - безрозмірний коефіцієнт.

Безрозмірний коефіцієнт s'_1 визначається в залежності від відношення (x/x_M) за такими формулами:

$$\begin{aligned}
\text{при } x/x_M \leq 1 & \quad s_1' = 3\left(x/x_M\right)^4 - 8\left(x/x_M\right)^3 + 6\left(x/x_M\right)^2, \\
\text{при } 1 < x/x_M \leq 8 & \quad s_1' = \frac{1,1}{0,1\left(x/x_M\right)^2 + 1}, \\
\text{при } 8 < x/x_M \leq 24 & \quad s_1' = \frac{2,55}{0,13\left(x/x_M\right)^2 + 9}, \\
\text{при } 24 < x/x_M \leq 80, F \leq 1,5 & \quad s_1' = \frac{x/x_M}{4,75\left(x/x_M\right)^2 - 140\left(x/x_M\right) + 1435}, \\
\text{при } 24 < x/x_M \leq 80, F > 1,5 & \quad s_1' = \frac{2,26}{0,1\left(x/x_M\right)^2 + 7,41\left(x/x_M\right) - 160}, \\
\text{при } x/x_M > 80, F \leq 1,5 & \quad s_1' = \frac{x/x_M}{3,58\left(x/x_M\right)^2 - 35,2\left(x/x_M\right) + 120}, \\
\text{при } x/x_M > 80, F > 1,5 & \quad s_1' = \frac{1}{0,1\left(x/x_M\right)^2 + 2,47\left(x/x_M\right) - 178}.
\end{aligned} \tag{1.29}$$

Швидкість вітру (u_{Mx}):

$$u_{Mx} = f_1 \cdot u_M, \tag{1.30}$$

де f_1 - безрозмірний коефіцієнт.

Безрозмірний коефіцієнт f_1 визначається в залежності від відношення x/x_M :

$$\begin{aligned}
\text{при } x/x_M \leq 1 & \quad f_1 = 1, \\
\text{при } 1 < x/x_M \leq 8 & \quad f_1 = \frac{0,75 + 0,25\left(x/x_M\right)}{1 + \left(x/9x_M\right)^9}, \\
\text{при } 8 < x/x_M < 80 & \quad f_1 = 0,25, \\
\text{при } x/x_M \geq 80 & \quad f_1 = 1.
\end{aligned} \tag{1.31}$$

Завдання

1. Визначити максимальне значення приземної концентрації шкідливих речовин c_M , мг/м³ під час викидів газоповітряної суміші з одиночного точкового джерела з круглим гирлом при несприятливих метеорологічних умовах і небезпеку забруднення атмосфери.

$$j_i = (C_M + C_\Phi) / \Gamma ДК_i,$$

якщо $j_i < 1$ - небезпеки не існує; при $j_i > 1$ є небезпека забруднення.

Вихідні дані наведено у таблиці.

Таблиця 1.7 - Вихідні дані

Значення	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
w_0 , м/с	19	21	15	17	20	21	19	18	16	19
D , м	1,4	1,5	1,6	1,7	1,3	1,4	1,4	1,6	1,5	1,7
H , м	10	12	14	20	22	15	13	17	19	10
T_2 , °C	150	170	130	90	30	35	27	90	100	85
T_1 , °C	27	25	24	25	20	20	25	20	25	27
$ГДК_1$, мг/м ³	SO ₂ = 0,5	NO ₂ = 0,085	Ацетон= 0,35	Ксилол= 0,2	SiO ₂ = 0,3	H ₂ S= 0,008	CrO ₃ = 0,0015	Пил 0,5	CO 0,2	NO ₂ = 0,085
$ГДК_2$, мг/м ³	C ₆ H ₆ = 1,5	SO ₂ = 0,5	C ₆ H ₆ = 1,5	Нітробе нзол=0,0 08	Сажа =0,15	Толуо л 0,6	NO ₂ = 0,085	HCl = 0,3	NH ₃ = 0,2	SO ₂ = 0,5
M_1 , г/с	3,5	1,1	1,8	1,5	2,1	0,5	0,3	2,5	3,2	1,5
M_2 , г/с	2,3	3,5	2,0	0,7	1,9	2,1	1,5	3,1	2,4	2,9
$C_{ф1}$, мг/м ³	0,4	0,07	0,2	0,09	0,1	0,004	0,001	0,45	0,15	0,08
$C_{ф2}$, мг/м ³	1	0,3	0,9	0,004	0,09	0,3	0,06	0,2	0,1	0,3

2. Розрахувати для вищенаведених вихідних даних відстань (x_m , м) від джерела викидів, на якому приземна концентрація (c , мг/м³) при несприятливих метеорологічних умовах досягає максимального значення (x_m , см) та значення небезпечної швидкості вітру (u_m , м/с).

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 3
Антропогенний вплив на природне середовище

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 4

Нормування гранично допустимих викидів.

Визначення фонових концентрацій шкідливих речовин розрахунковим шляхом

Для кожного джерела викидів забруднювальних речовин (чи групи джерел підприємства або іншого об'єкта) величина фонові концентрації характеризує сумарну концентрацію цієї самої речовини, яка створюється всіма іншими джерелами забруднення підприємств та об'єктів населеного пункту (що мають викиди в атмосферу), за винятком того (тих), що розкладається. Величина фонові концентрації визначається за даними фактичних спостережень та спеціальних розрахунків.

Значення фонових концентрацій використовуються при встановленні нормативів граничнодопустимих викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря, при вирішенні питання розміщення нових промислових актів та здійснення реконструкції, технічного переобладнання чи розширення існуючих промислових об'єктів.

У зонах впливу нових підприємств та інших об'єктів, будівництво яких планується, за величини фонових концентрацій беруться значення фактичних фонових концентрацій, визначені шляхом спостережень або розрахунків (за даними фактичних обсягів викидів). У зонах впливу діючих промислових об'єктів, які здійснюють реконструкцію, технічне переобладнання, або існуючих об'єктів, реконструкція чи розширення яких не передбачається, за величини фонових концентрацій беруться лише розрахункові їх значення згідно з п. 7.4 ЗНД-86.

Величина фонові концентрації, визначена за даними фактичних спостережень, - це статистично достовірна максимальна разова концентрація (середня за 20 хвилин); визначена розрахунковим шляхом - значення, що обчислюється множенням максимальної розрахункові концентрації C на коефіцієнт 0,4 (відповідно до вимог ЗНД-86).

Величини фонових концентрацій речовин, фактичні спостереження за вмістом яких в атмосферному повітрі не проводяться, визначаються розрахунковим способом.

1.5.1 Визначення величин фонових концентрацій розрахунковим методом

Визначення величин фонових концентрацій розрахунковим методом здійснюється у випадку, коли спостереження за концентраціями забруднювальних речовин не проводяться або проводяться в обсязі, недостатньому для визначення величин фонових концентрацій за експериментальними даними. Таке визначення величин фонових концентрацій складається з проведення розрахунків сумарного поля концентрацій від джерел викидів забруднювальної речовини і речовин, які спільно з нею мають властивість сумачії шкідливого впливу. Ці розрахунки виконуються за формулами ЗНД-86 за допомогою програми розрахунку забруднення атмосфери.

Розрахунковому визначенню величин фонових концентрацій повинен передувати контроль достовірності (повноти) вихідних даних щодо параметрів викиду забруднювальної речовини в атмосферне повітря. При перевірці достовірності (повноти) даних інвентаризації викидів особливу увагу слід звернути на врахування вентиляційних і неорганізованих викидів, які для багатьох речовин у таких галузях, як хімічна, металургійна та інші, складають декілька десятків відсотків від загальних валових викидів підприємства. У зв'язку з тим, що ці викиди здійснюються поблизу земної поверхні, вони до відстані в декілька кілометрів від підприємства відіграють вирішальну роль.

Для діючих підприємств, які здійснюють реконструкцію, технічне переобладнання, величина фонові концентрації визначається без врахування вкладу підприємства відповідно до вимог ЗНД-86. При цьому за фонову концентрацію приймається максимальна розрахункова концентрація C кожного розрахункового прямокутника території міста в межах зони впливу підприємства.

$$C_{\phi} = \frac{C_{\phi}}{1 - 0,4 \frac{C}{C_{\phi}}}, \text{ при } C \leq 2C_{\phi} \quad (1.39)$$

$$C_{\phi} = 0,2C_{\phi}, \quad \text{при } C > 2C_{\phi} \quad (1.40)$$

де C_{ϕ} - значення фонові концентрації забруднювальної речовини, яке отримане без врахування вкладу підприємства, що розглядається; C - найбільше значення концентрації, яке створюється підприємством у точці розміщення поста, розраховане за формулою ЗНД-86; C_{ϕ} - значення фонові концентрації забруднювальної речовини, визначене з урахуванням вкладу підприємства, що розглядається заданими спостережень.

Розрахунок величин фонових концентрацій проводиться на електронно-обчислювальних машинах (ЕОМ) відповідно до вимог ЗНД-86 за програмою, що погоджена Мінприроди України, при заданих напрямках вітру для кожного розрахункового прямокутника. Розрахункові прямокутники (центри квадратів) визначаються при побудові на карті-схемі міста розрахункової рівномірної мережі точок, які покривають його територію і знаходяться в центрах квадратів, сторона яких дорівнює 0,5-2 км (залежно від площі населеного пункту). Кожній точці (розрахунковому прямокутнику) надається номер, відповідний числу кроків уздовж осі X та Y. Для кожної розрахункової точки (центру квадрату) обчислення повинні проводитись з урахуванням викидів усіх джерел при заданому напрямку вітру (для кожного з восьми румбів). Для кожної точки береться найбільша виявлена концентрація. При цьому величина фонові концентрації визначається множенням концентрації C на коефіцієнт 0,4 з подальшим усередненням по території і напрямком вітру.

При розрахунку фонові забруднення з урахуванням викидів автотранспорту використовуються формули, які наведено в розділі 3 ЗНД-86, для наземних лінійних джерел (потоків автомашин на вулицях) і формули, які наведено в розділі 5 ЗНД-86,

для наземних площинних джерел (при врахуванні викидів автотранспорту на окремих ділянках міста) та згідно з діючими методиками.

Розрахунки повинні бути оформлені в звіт за встановленою формою.

1.5.2. Порядок затвердження та видачі величин фонових концентрацій

Величини фонових концентрацій для території видаються на основі зведених значень фонових концентрацій відповідно до Порядку. При цьому пріоритет надається значенням фонових концентрацій, які отримані за даними спостережень Державною гідрометеорологічною службою України. У тому випадку, коли кількість постів спостережень недостатня для оцінки забруднення атмосферного повітря на території, яка розглядається (ГОСТ 17.2.3.01-86), використовуються концентрації, отримані розрахунковим шляхом.

Величини фонових концентрацій за результатами спостережень на стаціонарних постах у містах визначаються та встановлюються органами Державної гідрометеорологічної служби України. Величини фонових концентрацій узгоджуються з відповідними обласними (міськими) санітарно-епідеміологічними станціями (СЕС) МОЗ України.

Визначення величин фонових концентрацій розрахунковим методом та їх установаження здійснюються Департаментом екології та природних ресурсів облдержадміністрацій за узгодженням з обласними (міськими) СЕС Міністерства охорони здоров'я України.

Для отримання величин фонових концентрацій забруднювальних речовин в атмосферному повітрі зацікавлені організації направляють запит за встановленою формою:

- визначених за результатами спостережень на стаціонарних постах - до обласних підрозділів Держгідромета України;
- визначених за даними підфакельних спостережень - до обласних (міських) СЕС Міністерства охорони здоров'я України;
- визначених розрахунковим методом - до Департаменту екології та природних ресурсів облдержадміністрацій.

Величини фонових концентрацій видаються терміном на три роки.

Організація, яка запитує величини фонових концентрацій, у встановленому порядку сплачує вартість робіт, пов'язаних з їх визначенням. 2.10. Регулювання викидів за несприятливих метеорологічних умов (НМУ)

До складу документів, у яких обґрунтовуються обсяги викидів забруднюючих речовин для отримання дозволу на викиди від стаціонарних джерел входить розділ, у якому надається перелік заходів щодо скорочення викидів забруднюючих речовин при несприятливих метеорологічних умовах (НМУ).

Розробка заходів щодо охорони атмосферного повітря при НМУ здійснюються відповідно до вимог Методичних вказівок «Регулювання викидів при несприятливих метеорологічних умовах» (КД 52.04.52-85) для об'єктів, які розташовані в населених пунктах, де Державною гідрометеорологічною службою України проводиться або планується проведення прогнозування несприятливих

метеорологічних умов.

1.6 Регулювання викидів за несприятливих метеорологічних умов (НМУ)

До складу документів, у яких обґрунтовуються обсяги викидів забруднюючих речовин для отримання дозволу на викиди від стаціонарних джерел входить розділ, у якому надається перелік заходів щодо скорочення викидів забруднюючих речовин при несприятливих метеорологічних умовах (НМУ).

Розробка заходів щодо охорони атмосферного повітря при НМУ здійснюються відповідно до вимог Методичних вказівок «Регулювання викидів при несприятливих метеорологічних умовах» (КД 52.04.52-85) для об'єктів, які розташовані в населених пунктах, де Державною гідрометеорологічною службою України проводиться або планується проведення прогнозування несприятливих метеорологічних умов

1.6.1. Основні принципи розробки заходів щодо регулювання викидів при НМУ

При розробці заходів щодо регулювання викидів слід урахувати внесок різних джерел у створення приземних концентрацій. У кожному конкретному випадку необхідно визначити, на яких джерелах слід зменшувати викиди в першу чергу, щоб одержати найбільший ефект.

З цією метою використовуються формули:

- для гарячого викиду

$$C_m = \frac{AMFm\eta^3 \sqrt{N}}{H^2 V \Delta T}, \quad (1.41)$$

- для холодного

$$C_m = \frac{AMF\eta^3 ND}{H^{4/3} \cdot 8V}, \quad (1.42)$$

де N - кількість однакових джерел викидів.

Як ми вже знаємо, C_m значно зменшується зі збільшенням висоти джерела, особливо, в випадку гарячих викидів.

Отже, у періоди НМУ за інших рівних умов необхідно в першу чергу скорочувати низькі викиди.

Концентрація домішок залежить і від кількості труб N , через які до атмосфери надходить задана кількість шкідливих речовин. Ця залежність особливо істотна для випадку холодних викидів, для яких C_m прямо пропорційно N . У зв'язку з цим, коли настає НМУ, слід у першу чергу знижувати викиди, що надходять до атмосфери з великої кількості дрібних джерел.

Значення C_m зменшується зі збільшенням перегріву вихідних газів ΔT відносно до оточуючого повітря. Чим холодніші викиди, тим більш ефективним щодо зменшення приземних концентрацій буде їх короточасне скорочення.

Таким чином, для ефективного запобігання підвищення рівня забруднення в періоди НМУ слід в першу чергу скорочувати низькі розсосереджені холодні викиди.

При розробці заходів щодо короткочасового скорочення викидів в періоди НМУ необхідно враховувати таке:

- заходи повинні бути достатньо ефективними і такими, що практично виконуються;
- заходи повинні враховувати специфіку конкретних виробництв;
- здійснювання розроблених заходів, по можливості, не повинне супроводжуватись скороченням виробництва. Таке скорочення у зв'язку зі здійсненням додаткових заходів припускається лише у виняткових випадках, коли загроза інтенсивного накопичення домішок у приземному шарі атмосфери особливо велика.

Дотримання зазначених принципів сприяє практичному здійсненню заходів щодо регулювання викидів та запобігання зростання концентрацій у періоди НМУ.

1.6.2 Складення попереджень про підвищення рівня забруднення повітря

Попередження про підвищення рівня забруднення у зв'язку з очікуваними НМУ складають у прогностичних підрозділах гідрометслужби України.

Застосовується два види попереджень про можливе формування підвищеного рівня забруднення повітря:

- від окремих джерел;
- по місту в цілому.

У першому випадку попередження пов'язані зі зростанням концентрацій домішок у повітрі, які створюються викидами одного або групи джерел; у другому - зі зростанням загальноміського забруднення повітря. Попередження складаються нарівні зі щоденними прогнозами забруднення атмосфери при виникненні загрози значного зростання концентрацій.

Вони передаються на підприємства, які є джерелами забруднення приземного шару повітря, контролюючим організаціям (Держінспекції, СЕС, та ін.).

Залежно від очікуваного рівня забруднення складаються попередження трьох ступенів, яким відповідають три режими роботи підприємств у періоди НМУ.

Складення попереджень для одиночних джерел. Попередження про підвищення рівня забруднення повітря для окремих джерел викидів шкідливих речовин у атмосферу складаються, коли очікується НМУ, за яких максимальні концентрації, що створюються джерелом або групою, можуть перевищувати C_m .

Для даного випадку до НМУ належать:

- піднята інверсія, яка розташована над джерелом викиду;
- штильовий шар, який розташований нижче джерела викиду;
- тумани.

У «Методичних вказівках з прогнозу забруднення повітря в містах» наводяться комплекси НМУ для окремих джерел. Комплекси нарівні з іншими параметрами містять напрямок вітру, який визначає переміщення домішок з боку

підприємств на житлові квартали, їх винос на райони зі складним рельєфом або зі щільною забудовою, а також максимальне накладення викидів.

Попередження для одиночних джерел складають незалежно від того, розташоване джерело в оточенні великої кількості підприємств чи ізольоване.

Попередження **першого ступеню** складаються, якщо передбачається один із комплексів НМУ, при цьому очікуються концентрації у повітрі одного або декількох контролюючих речовин вище за ГДК.

Другого ступеню — якщо передбачаються два таких комплекси водночас (наприклад, якщо при небезпечній швидкості вітру очікується піднята інверсія і несприятливий напрямок вітру), коли очікуються концентрації однієї або декількох контролюючих речовин вищих за 3 ГДК.

Попередження **третього ступеню** — складаються у випадку, коли після передачі попередження другого ступеня інформація, яка надходить до прогностичних підрозділів, показує, що при метеорологічних умовах, які зберігаються, застосовані заходи не забезпечують необхідну чистоту атмосфери, при цьому очікуються концентрації в повітрі однієї або декількох шкідливих речовин вище за 5 ГДК.

Якщо підприємство, що обслуговується, розташоване у місті, де відсутні вимірювання концентрацій домішок у повітрі, то попередження третього ступеня не складаються.

Слід відмітити, що несприятливі метеоумови відрізняються для джерел з різними параметрами викидів.

Тому попередження повинні складатися для кожного джерела окремо. При великій кількості джерел їх слід поділити на групи відповідно до дії НМУ на викиди, які здійснюють ці джерела.

Як правило, всі вони можуть-бути поділені на три групи:

- високі з гарячими викидами;
- високі з холодними викидами;
- низькі.

Попередження може стосуватись не всього підприємства, а лише до джерел даної групи.

Складення попереджень по місту в цілому. Попередження по місту в цілому складається у випадку, коли очікуються метеорологічні умови, за яких можуть бути перевищені два відносно високих рівні забруднення атмосферного повітря.

Повторюваність значень концентрації забруднюючих повітря речовин, які перевищують перший рівень, складає у середньому 10 %, а другий рівень - 2 %.

При прогнозі й прийнятті рішення про регулювання викидів слід виходити із узагальненого показника забруднення по місту в цілому.

Як правило, використовують два узагальнених показники забруднення атмосферного повітря. Одним із них є параметр P :

$$P = \frac{m}{n}, \quad (1.43)$$

де n - загальна кількість вимірювань на усіх постах міста протягом дня; m - кількість вимірювань істотно підвищених концентрацій, значення яких у 1, 5 рази

перевищують середньосезонне значення (q_{cc}).

При першому, відносно високому рівні забруднення повітря по місту, в цілому $P = 0,35$ (в окремих містах $P = 0,30$), при другому $P = 0,50$.

Іншим узагальненим показником рівня забруднення повітря по місту в цілому є середня по місту (і за усі строки спостережень одного дня) концентрація домішки (\bar{q}). Два відносно високих рівні забруднення повітря при цьому встановлюються на основі статистичного розподілення значень \bar{q} з урахуванням 10 % та 2 % -ої повторюваності найбільш високих значень.

Попередження **першого ступеня** складається, якщо передбачається перевищення першого відносно високого забруднення повітря (при використанні параметра P , коли очікується його значення від 0,36 до 0,50); при цьому концентрації в повітрі одного або декількох контролюючих речовин вище за ГДК.

Попередження **другого ступеня** складаються у двох випадках:

- якщо передбачається перевищення другого відносно високого рівня забруднення повітря ($P > 0,5$) і одночасно очікуються концентрації в повітрі одного або декількох контролюючих речовин вище за 3 ГДК;

- якщо після передачі попередження першого ступеня інформація, що надходить, показує, що прийняті заходи не забезпечують необхідної чистоти атмосфери.

Попередження **третього ступеня** складаються у випадку, коли після передачі попередження другого ступеня зберігається високий рівень забруднення атмосфери, очікується збереження НМУ, при цьому очікуються концентрації в повітрі однієї або декількох контролюючих речовин вище за 5 ГДК.

1.6.3 Визначення необхідного зниження концентрацій й викидів в атмосферне повітря в періоди НМУ

Для визначення необхідного зниження викидів у періоди НМУ слід виходити з прогностичних значень концентрацій і тих встановлених значень, які повинні бути досягненні в результаті виконання заходів. Так, відповідно до ступеня попередження про НМУ застосовується окремий режим роботи підприємства, при якому будуть використовуватися розроблені заходи.

Кожний режим роботи підприємства передбачає застосування заходів зі зниження певної кількості концентрації забруднюючих речовин у приземному шарі атмосфери, а саме при:

- першому режимі роботи підприємства на 15-20 %;
- другому - на 20-40 %;
- третьому — на 40-60 %.

Методика визначення зниження концентрацій домішок, які створюють одиначні джерела

Щодо оцінки зниження концентрації, які створюють одиначні джерела, то слід виходити з необхідності досягнення значення C_m . Якщо C_m формується на території

підприємства або в санітарно-захисній зоні, то потрібне зниження концентрації, що утворюється викидами даного джерела у житлових районах до рівня, який спостерігається у випадку відсутності НМУ.

Враховується, що при формуванні комплексу НМУ концентрації домішок у повітрі, що утворюються викидами даного джерела, зростають приблизно у 1,5 рази, двох таких комплексів одночасно - у 3 рази.

У випадку одиночного джерела для досягнення потрібного значення концентрації домішок у повітрі у такому ж співвідношенні знижуються викиди.

Однак, частіше за все на підприємствах є багато джерел з різними параметрами викидів, які дають неоднаковий внесок у формування приземної концентрації. З урахуванням цього для необхідного зниження концентрацій домішок у атмосферному повітрі може знадобитись скорочення викидів у межах тієї чи іншої групи джерел.

Приклад. Викиди від ТЕЦ, розташованої в одному з міст, надходять до атмосфери з семи труб. Усі труби належать до групи джерел з гарячими викидами. Чотири труби мають висоту 80-100 м, три - 30 м.

Через три відносно низькі труби до атмосфери надходить біля 1/4 сумарного викиду. Однак розрахунки, виконані за формулою розрахунку максимальних концентрацій, показують, що припинення роботи котлів, підключених до низьких труб, забезпечують зменшення викидів на 1/4 і в той же час приводять до зниження ангідриду сірчастого у 5 разів, азоту діоксид у 2,5 рази.

Ефект від скорочення потужності викидів шкідливих речовин у атмосферу в результаті застосованих заходів є найбільшим при зменшенні низьких неорганізованих викидів.

Практично, для вирішення питання про ступінь зниження викидів на підприємстві з великою кількістю різних джерел, необхідно виконати розрахунок концентрацій забруднюючих речовин від окремих груп джерел з урахуванням та без урахування скорочення потужності викидів.

Щодо оцінки неорганізованих викидів, при проведенні розрахунків C_m необхідно враховувати таке: сумарні неорганізовані викиди (M , г/с) із деякої ділянки промислового майданчика умовно приписується одній розташованій у центрі ділянки точковому джерелу холодних викидів ($\Delta T = 0$) висотою $H = 2$ м, діаметром гирла $D = 0,5$ м, швидкість виходу газоповітряної суміші з гирла джерела $w_0 = 1,5$ м/с.

Слід також пам'ятати, що внески гарячих та холодних викидів у створення приземних концентрацій обернено пропорційні відповідно H^2 і $H^{4/3}$. Оцінка внеску джерел у створення приземних концентрацій приводиться окремо щодо групи джерел відповідно до дії НМУ на викиди цих джерел, при цьому для кожної групи джерел окремо складаються попередження.

Розглянемо, як приклад, підприємство, яке здійснює гарячі викиди. Усі джерела викидів умовно розподіляються на дві групи : високі й низькі.

Для випадку високих гарячих викидів розглянемо три градації висот їх надходження до атмосфери: 31-50, 51-100, >100 м. Середні висоти їх складають 40, 75 і 120 м. Для низьких викидів також розглянемо три градації висот: < 10, 11-20, 21-

30 м. З середніми 5, 15 і 25 м.

Відомості про внесок викидів на різних висотах у створення приземних концентрацій окремо для кожної з груп джерел наводяться у табл. 1.8, при цьому враховується обернена пропорційність концентрації від висоти джерела (Н).

Таблиця 1.8 - Оцінка внеску викидів, що надходять до атмосфери у створення приземних концентрацій домішок

Група джерел викидів	Градація Н, м	Середнє значення Н, м	Кількість відносних одиниць викиду (% від сумарного викиду даної групи джерел)	Відносна концентрація домішки у приземному шарі повітря, q/q_1
Високі	>100	120	50.0	1
	51-100	75	30.0	1.5
	30-50	40	20.0	3.6
Низькі	21-29	25	33.3	1
	11-20	15	33.3	2.8
	0-10	5	33.3	25

Примітка: q - найбільша концентрація домішки, яка утворюється джерелом однієї градації висот у межах заданої групи; q_1 - найбільша концентрація домішки, яка утворюється джерелом $H > 100$ м (у випадку гарячих високих викидів) і джерелами висотою 21-30 м (у випадку низьких викидів).

Із таблиці бачимо, якщо при настанні НМУ для високих джерел припинити усі викиди на висотах 31-50 м, то сумарний викид скоротиться на 20 %, а приземні концентрації знизяться більш ніж у 2 рази. Ще більшого ефекту можна досягти у результаті врахування висоти надходження викидів у атмосферу у випадку низьких джерел.

Щодо організації регулювання викидів у зв'язку з попередженнями про можливе формування високого рівня забруднення повітря у районі окремих джерел та оцінки потрібного зниження викидів з метою досягнення C_m , слід попередньо виконати такі роботи:

- на кожному підприємстві, згідно з рекомендаціями розподілити джерела на групи відповідно до дії НМУ;

- виконати розрахунки для групи джерел даного підприємства без виконання заходів, а також при їх виконанні; якщо відсутня можливість проведення таких розрахунків, слід визначити окремо для кожної групи джерел сумарний викид за градаціями висот і орієнтовно оцінити внесок у створення приземних концентрацій викидів, що надходять до атмосфери для кожної з градацій висот;

- оцінити ступінь зниження концентрації домішок у повітрі за рахунок виконання заходів;

- на основі виконаних оцінок, віднести кожний захід до того або іншого

режиму роботи підприємства в періоди НМУ відповідно до попереджень того або іншого ступеня.

Необхідне зниження концентрацій здобувається здійсненням обраного з розробленого переліку комплексу заходів щодо регулювання викидів, ефективність кожного з яких оцінюється заздалегідь.

1.6.4 Оцінка ефективності заходів, щодо зменшення кількості викидів забруднюючих речовин у періоди НМУ

Оцінка ефективності заходів на підприємстві (у цілому по місту) передбачає:

- визначення ефективності кожного заходу;
- визначення ефективності по градаціях висот;
- визначення ефективності в цілому по підприємству.

Визначення ефективності кожного заходу ($\xi_i, \%$) здійснюють за формулою:

$$\xi_i = \frac{M'_i}{M_i} * 100, \quad (1.44)$$

де M_i - викиди в атмосферу забруднюючої речовини від джерел, для яких розроблений захід, г/с; M'_i - розмір скорочення викидів в атмосферу забруднюючої речовини за рахунок здійснення заходу, г/с.

Визначення ефективності за градаціями висот здійснюється шляхом узагальнення значень викидів забруднюючих речовин до і після здійснення заходів від усіх джерел для кожної градації висот окремо: < 10, 11-20, 21-30, 31-50, 51-100, 101-150, > 150 м. Ефективність заходів для кожної градації висот ($\xi_j, \%$) визначається за формулою:

$$\xi_j = \frac{M'_j}{M_j} * 100, \quad (1.45)$$

де M_j – сумарний викид в атмосферу забруднюючої речовини до здійснення заходів у діапазоні заданої градації висот, г/с; M'_j – сумарне скорочення викидів забруднюючої речовини за рахунок виконання заходів у діапазоні заданої градації висот, г/с.

Ефективність заходів на підприємстві в цілому ($\xi, \%$) по кожній шкідливій речовині визначається за формулою:

$$\xi = \frac{M'}{M} * 100, \quad (1.46)$$

де M - сумарний викид в атмосферу забруднюючої речовини до здійснення заходів у цілому по підприємству, г/с; M' – сумарне скорочення викидів забруднюючої речовини за рахунок виконання заходів у цілому по підприємству, г/с.

Для оцінки ефективності заходів щодо розрахункових концентрацій забруднюючих речовин у повітрі розраховується максимальна приземна

концентрація домішки в повітрі (C_m). Розрахунки проводяться з урахуванням і без урахування заходів щодо регулювання викидів. Умовно приймається, що при НМУ концентрації збільшуються в однакову кількість разом у будь-якій точці розрахованого поля. Ефективність розроблених заходів (ξ_p , %) визначається за формулою:

$$\xi_p = \left(1 - \frac{C'_m}{C_m}\right) * 100, \quad (1.47)$$

де C'_m – розрахункова максимальна концентрація домішки, отримана з урахуванням виконання заходів, мг/м³; C_m – розрахункова максимальна концентрація, утворювана при відсутності заходів, мг/м³.

Дані про ефективність заходів щодо градацій висот з урахуванням скорочення домішок рекомендуються оформлювати у вигляді табл. 1.9. Розглядається група низьких джерел (30 м). Передбачається, що на підприємстві даною групою джерел викидається 100 умовних одиниць ангідриду сірчистого. Висота їх надходження в повітря розділені на три градації.

Таблиця 1.9 - Ефективність заходів щодо скорочення викидів

Градація висот	M_i	M'_j	ξ_j	C_m	C'_m	ξ_p
≤ 10	10	7	70	1.2	0.6	50
11-20	20	6	30	1.2	1.0	18
21-30	70	18	27	1.2	1.1	9
У цілому	100	31	31	1.2	0.5	58

Завдання: Розглянути теоретичний матеріал та дати відповіді на наступні запитання:

1. Яким чином визначають величини фонових концентрацій розрахунковим методом?
2. Який порядок затвердження та видачі величин фонових концентрацій?
3. Які основні принципи розробки заходів щодо регулювання викидів при НМУ?
4. Яким чином складають попередження про підвищення рівня забруднення повітря?
5. Наведіть методику визначення зниження концентрацій домішок, які створюють одиночні джерела.
6. Як оцінюють ефективності заходів, щодо зменшення кількості викидів забруднюючих речовин у періоди НМУ?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 5

Нормування якості водних об'єктів.

Нормативні показники якості води

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

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

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

Природні запахи описують, дотримуючись термінології, наведеної у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 - Визначення природного запаху води

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

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

Питна вода має бути приємною на смак, освіжаючою, що зумовлено розчиненими в ній мінеральними солями і газами. Неприємний смак або присмак

зазвичай залежать від великого вмісту в воді деяких солей та органічних речовин. Смак може бути солоний, солодкий, кислий, гіркий, а також з різним присмаком.

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

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

У воді з різних джерел можуть міститись різні органічні речовини рослинного і тваринного походження, а також мікроорганізми. Наявність у воді великої кількості органічних речовин свідчить про забрудненість води в санітарному відношенні.

До складу води входять розчинений кисень, що потрапляє з повітря. За кількістю розчиненого у воді кисню можна визначити наявність у ній органічних речовин. Чим чистіша вода, тим більше в ній кисню.

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

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

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

Нормативи якості води встановлено для двох видів рибогосподарського водокористування. До першого належать водойми, що використовують для відтворення і збереження цінних сортів риби. До другого - водойми, що використовують для всіх інших рибогосподарських потреб.

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

У табл. 2.2 наведено дані ГДК шкідливих речовин у воді водойм рибогосподарського призначення.

Таблиця 2.2 - ГДК шкідливих речовин у воді водойм рибогосподарського призначення

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

Питання для самоконтролю:

1. Охарактеризувати показники якості води (загальнофізичні, біологічні, хімічні, радіаційні).
2. Охарактеризувати загальні показники якості промислових стічних вод, що скидаються у відкриті водойми господарсько-питного та культурно-побутового призначення.
3. Дайте визначення та опишіть ГДК шкідливої речовини у воді водойми господарсько-питного та культурно-побутового водокористування?
4. Що таке ГДК шкідливої речовини у воді водойм рибогосподарського призначення?
5. Які вимоги встановлюють у разі скидання стічних вод у рибогосподарські водойми?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 6

Нормування якості ґрунтів

2 Методи оцінювання якості ґрунтів

2.1 Метод інтегрального оцінювання якості води

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

У цьому методі для кожного інгредієнта на підставі фактичних концентрацій (C_i) розраховують бали кратності (K_i) перевищення граничнодопустимої концентрації забруднюючих речовин для водойм рибогосподарського призначення $ГДК_{ВР}$ та повторюваність випадків перевищення $ГДК_i$ ($N_{ГДК_i}$), а також оцінний бал V_i .

$$K_i = C_i / ГДК_i; \quad (6.1)$$

$$N_i = N_{ГДК_i} / N_i; \quad (6.2)$$

$$V_i = K_i N_i, \quad (6.3)$$

де K_i , N_i , V_i - лімітуючі показники забрудненості (ЛПЗ). Комбінаторний індекс забрудненості розраховують як суму загальних оцінних концентрацій у воді i -го інгредієнта (C_i);

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

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

N_i - загальна кількість вимірювань i -го інгредієнта.

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

$$I_k = \sum_{i=1}^n V_i \quad (6.4)$$

За величиною комбінаторного індексу забрудненості встановлюють клас забрудненості води.

2.2 Метод оцінювання сумарного ефекту якості води

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

$$\frac{C_1}{ГДК_1} + \frac{C_2}{ГДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ГДК_n} \leq 1 \quad (6.5)$$

де C_1, C_2, C_n - концентрація шкідливих речовин у воді водойм, мг/дм³;
 $ГДК_1, ГДК_2, ГДК_n$ - гранично допустимі концентрації, мг/дм³.

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

- концентрація розчиненого у воді кисню;
- показник кислотності рН;
- величина біологічного споживання кисню (БСК).

При здійсненні контролю за станом вод та стоків використовують фізичні, хімічні, біологічні та органолептичні методи. Фізичні методи використовують для визначення прозорості, каламутності, кількості завислих частинок та електропровідності води. Хімічні методи використовують для визначення кислотності, лужності, вмісту у воді металів, солей, органічних та синтетичних речовин. Бактеріологічний аналіз здійснюють за допомогою біотестування.

2.3 Комплексне оцінювання рівня забрудненості води за заданою лімітуючою ознакою шкідливості

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

- критерій санітарного режиму (W_c) враховує розчинений кисень, БСК₅, ХСК і специфічні забруднення, що нормуються за впливом на санітарний режим;
- критерій органолептичних властивостей (W_ϕ) враховує запах, завислі речовини, ХСК і специфічні забруднення, що нормуються за органолептичною ознакою шкідливості;
- епідеміологічний критерій (W_e) враховує небезпеку мікробного забруднення;
- критерій небезпеки санітарно-токсикологічного забруднення (W_{cm}) враховує ХСК і специфічні забруднення, що нормуються за санітарно-токсикологічною ознакою.

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

$$W = 1 + \frac{\sum_{i=1}^n (\delta_i - 1)}{n}; \quad (6.6)$$

$$\delta_i = C_i / N_i,$$

де W - комплексна оцінка рівня забруднення води за даною ЛОШ;

n - кількість показників, що використовуються для розрахунків;

N_i - нормативне значення одиничного показника (найчастіше $N_i = ГДК$);

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

Якщо $\delta_i < 1$, тобто концентрація менше нормативної, то приймається $\delta_i = 1$. За відповідними формулами розраховують вміст розчиненого кисню і завислих речовин. Розчинений кисень нормується за нижнім рівнем значення, тобто його вміст має бути меншим за 4 мг/дм^3 , тому при $< 4 \text{ мг/дм}^3$ для нього прийнято:

$$\delta_i = 1 + 10 \frac{(N_i - C_i)}{N_i} . \quad (6.7)$$

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

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

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

Приклад

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

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

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

Стронцій	7	2
Фтор	1,5	100

Алгоритм рішення:

Ступінь забруднення води за санітарно-токсикологічним показником визначається за формулами

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

де W - комплексна оцінка рівня забруднення води за даною лімітуючою ознакою шкідливості (ЛОШ);

n - кількість показників, що використовуються для розрахунків;

N_i - нормативне значення одиничного показника (найчастіше $N_i = ГДК$);

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

$$\delta_i = C_i / N_i$$

Якщо $\delta_i < 1$, тобто концентрація менше нормативної, то приймається $\delta_i = 1$.

Рішення:

$$\delta_1 = \frac{0,1}{0,5} = 0,2;$$

$$\delta_2 = \frac{0,0005}{0,0002} = 2,5;$$

$$\delta_3 = \frac{0,11}{0,25} = 0,44;$$

$$\delta_4 = \frac{0,1}{0,05} = 2;$$

$$\delta_5 = \frac{50}{45} = 1,1;$$

$$\delta_6 = \frac{2,4}{2} = 1,2;$$

$$\delta_7 = \frac{0,04}{0,03} = 1,3;$$

$$\delta_8 = \frac{0,01}{0,001} = 10;$$

$$\delta_9 = \frac{2}{7} = 0,3;$$

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

$$W = 1 + \frac{(2,5 - 1) + (2 - 1) + (1,1 - 1) + (1,2 - 1) + (1,3 - 1) + (10 - 1) + (66,6 - 1)}{10} = 8,77$$

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

2.4 Екотоксикологічний критерій оцінювання ступеня забруднення води

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

$$X_{tox} = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ГДК_i} \quad (6.8)$$

$$i=1 \text{ ГДК}_i$$

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

$$X_f = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{C_{F\max i} - 1} \quad (6.9)$$

Для оцінки евтрофованості вводиться спеціальний показник евтрофікації

$$X_{evtr} = K \frac{C_p}{C_{fp} - 1} \quad (6.10)$$

де C_p , C_{fp} - аналізовані та фонові значення концентрацій мінерального фосфору;

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

Загальний індекс забруднення води визначають за формулою

$$X_{\text{sum}} = X_{\text{tox}} + X_f + X_{evtr} \quad (6.11)$$

2.5 Оцінювання стану водних об'єктів з гідрологічних позицій

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

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

Нормою вважається вилучення в межах 10 - 20% від середнього багаторічного стоку. Оцінка стану водних об'єктів за гідрофізичними показниками наведена в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - Оцінювання стану водних об'єктів за гідрофізичними показниками

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

Завдання

1. Визначити загальний індекс забруднення води за санітарно-токсикологічним показником. Вихідні дані для розрахунку критерію, що враховує небезпеку санітарно-токсикологічного забруднення, наведено у табл. 3.4.

Таблиця 3.4 - Вихідні дані для розрахунку критерію, що враховує небезпеку санітарно-токсикологічного забруднення

Елемент	Санітарно-токсикологічне забруднення, мг/дм	
	Норматив (N_i) не більше	Фактичні дані (C_i)
Алюміній залишковий	0,5	0,2
Берилій	0,0002	0,0006
Молибден	0,25	0,20
Миш'як	0,05	0,15
Нітрати	45	60
Поліакриланід залишковий	2	3,4
Свинець	0,03	0,05
Селен	0,001	0,02
Стронцій	7	3
Фтор	1,5	85
Розчинений кисень	4	2,5

2. Визначити ступінь забруднення води за екотоксикологічним критерієм. Вихідні дані для розрахунку екотоксикологічного критерію наведено у табл. 3.5.

Таблиця 3.5 - Вихідні дані для розрахунку критерію, що враховує небезпеку санітарно-токсикологічного забруднення

Показники, мг/л	Усереднені показники прийняті для розрахунку ГДС	Масова концентрація інгредієнтів в ГДС
Завісли речовини	30,5	20,0
Мінералізація	2579,3	1500
Сульфати	704,1	500
Хлориди	451,1	350
Азот аммонійний	0,15	0,5
Нітрити	0,049	0,5
Нітрати	3,03	10,0
Залізо (загальне)	0,11	0,2
Фосфати	2,15	1,5
Феноли	0,002	0,001
Цинк	0,015	0,01
Нікель	0,005	0,0125
Мідь	0,015	0,01
Марганець	0,035	0,014
Кадмій	0,0001	0,005
Хром ⁺⁶	0,003	0,001

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 7

Нормативи в області охорони атмосфери.

Визначення гранично допустимих викидів шкідливих речовин у приземному шарі атмосфери

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

$$C_m + C_\phi \leq \text{ГДК}, \quad (1.32)$$

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

C_ϕ - фонові концентрації, мг/м .

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

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

$$\text{ГДВ} = \frac{(\text{ГДК} - C_\phi) H^2 \sqrt[3]{V_1 \Delta T}}{A M F m n \eta}, \text{ г/с} \text{ — для нагрітих викидів}; \quad (1.32)$$

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

V_1 - об'ємна витрата газів, що викидаються, (повітря) при робочих умовах, м³/с;

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

A - коефіцієнт, що залежить від температурної стратифікації;

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

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

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

Витрати (об'єм) газоповітряної суміші визначають за формулою

$$V_1 = \frac{\pi D^2}{4} \omega_0, \quad (1.33)$$

де D - діаметр гирла джерела викиду, м;

ω_0 - середня швидкість виходу газоповітряної суміші з гирла джерела викиду, м/с.

Значення безрозмірних коефіцієнтів τ визначають за формулами (1.8 - 1.12)

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

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

$$ГДВ = \frac{(ГДК - C_\phi) H^{4/3} 8V_1}{AMFDn\eta}, \text{ г/с} \text{ — для холодних викидів.} \quad (1.34)$$

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

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

При гарячих викидах ($T \gg 0$) значення мінімальної висоти одиночного джерела спочатку визначається з виразу

$$H = \left[\frac{AMFD\eta}{8V_1(ГДК - C_\phi)} \right]^{3/4} \quad (1.35)$$

Якщо при цьому знайдене значення $H \leq w_0 \sqrt{10D/\Delta T}$, то воно є остаточним. В іншому випадку попереднє значення мінімальної висоти визначається за формулою:

$$H = \sqrt{\frac{AMF\eta}{(ГДК - C_\phi)^{3/2} V_1 \Delta T}} \quad (1.36)$$

По знайденому таким чином значенню $H=H_1$, визначаються значення допоміжних коефіцієнтів f, v_M, v'_M, f_e і встановлюються в першому наближенні коефіцієнти $m = m_1$ та $n = n_1$. Якщо $m_1, n_1 \neq 1$, то по m_1, n_1 визначається друге наближення $H = H_2$ за формулою $H_2 = H_1 \sqrt{m_1 n_1}$. У загальному випадку $(i + 1)$ -е наближення H_{i+1} визначається

за формулою

$$H_{i+1} = H_1 \sqrt{\frac{m_i n_i}{m_{i-1} n_{i-1}}} \quad (1.37)$$

де m_i, n_i відповідають H_i , а m_{i-1}, n_{i-1} — H_{i-1} .

Уточнення значення H необхідно проводити доти, поки послідовно знайдені значення H і $H + 1$ практично дорівнюватимуть один одному (з точністю до 1 м).

Для холодних викидів висоту труби визначають за формулою (1.35).

Якщо обчисленому значенню H відповідає значення $v_m \geq 2$, розраховане за формулою (1.10), то вказане значення H є остаточним.

Якщо $v_m < 2$, то необхідно при знайденому таким чином значенні $H=H_1$ визначити величину $n = n_1$ за формулою (1.12) та послідовним наближенням знайти $H=H_2$ за H_1 і n_1 , ..., $H=H_{i+1}$ за H_i і n_i за допомогою формули:

$$H_{i+1} = H_i \left(\frac{n_i}{n_{i-1}} \right)^{3/4}, \quad (1.38)$$

де n_i і n_{i-1} - значення безрозмірного коефіцієнта n , якій визначено за значеннями H_i та H_{i-1} .

Уточнення значення H необхідно проводити доти, поки послідовно знайдені значення H і $H + 1$ практично дорівнюватимуть один одному (з точністю до 1 м).

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

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

Метою інвентаризації є:

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

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

Завдання

1. Визначити ГДВ шкідливих речовин у приземному шарі атмосфери за умов наведених у таблиці 1.7.

2. Розрахувати значення мінімальної висоти одиночного джерела за умов наведених у таблиці 1.7.

Практичне заняття 8. Нормування в галузі радіаційної безпеки.

Фізичні основи радіаційної гігієни

Радіаційна гігієна – розділ гігієнічної науки і санітарної практики, метою якої є забезпечення безпеки робочим, що працюють з джерелами іонізуючої радіації і населення в цілому.

Завдання радіаційної гігієни включають:

- санітарне законодавство в області радіаційного чинника;
- попереджувальний і поточний санітарний нагляд за об'єктами, які використовують джерела іонізуючої радіації;
- гігієна і охорона праці персоналу, що працює з джерелами іонізуючої радіації, і персоналу, що працює в суміжних приміщеннях і на території контрольованих зон;
- контроль за рівнями радіоактивності об'єктів довкілля (атмосферного повітря, повітря робочої зони, води водоймищ, питної води, харчових продуктів, ґрунтів і інших);
- контроль за збором, зберіганням, видаленням і знешкодженням радіоактивних відходів, їх похованням і тому подібне

Радіоактивність являє собою здатність деяких хімічних елементів спонтанно розпадатися з утворенням іонізуючого випромінювання, характерною ознакою якого є перетворення атомних ядер одних елементів на інші.

Одиниця вимірювання радіоактивності – *Бекерель (Бк, Bq)*. 1 Бк дорівнює одному спонтанному розпаду на 1 с. Позасистемна одиниця радіоактивності – *Кюрі (Ки, Ci)*. 1 Ки дорівнює $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк. В медичній практиці також використовується така одиниця активності як *міліграм-еквівалент радію мг-екв. Ра*, тобто кількість міліграмів будь-якого джерела γ - випромінювання, що створює такий самий ефект іонізації, як і 1 мг радію.

Ізотопи (isos – однаковий, topos – місце; грец.) – це різновиди хімічного елемента, атоми яких мають ядра з одним числом протонів, проте розрізняються числом нейтронів.

Нукліди – ядра усіх ізотопів. Проте, нукліди можуть бути як стабільними, так і нестабільними (*радіонукліди*). Для радіонуклідів властиві внутрішньоядерні перетворення, внаслідок яких відбувається самочинний вихід корпускулярних частинок і іонізуючого випромінювання.

Іонізуюче випромінювання – це потік часток або квантів електромагнітного випромінювання, проходження яких крізь речовину призводить до його іонізації (перетворення нейтральних атомів і молекул в іони) з утворенням електричних зарядів різних знаків.

Відомі дві групи **іонізуючих випромінювань**:

1. Корпускулярні:

- α -частинки – важкі частки, які складені з двох нейтронів і двох протонів;
- β -частинки – електрони або позитрони,
- *протони* – позитивно заряджені елементарні частки;

- *нейтрони* – нейтральні елементарні частки з масою як у протона
- *мезони* – елементарні частки з негативним зарядом і енергією 25 – 100 MeV та масою у 300 разів більше маси електрона.

2. Хвильові (електромагнітні):

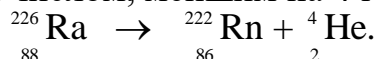
- *γ-випромінювання* – електромагнітне випромінювання з довжиною хвилі менше 0,05 н/м.
- *рентгенівське випромінювання* – електромагнітне випромінювання з довжиною хвилі 0,05 – 10 н/м, що отримують у рентгенівських трубках, в результаті впливу енергії електронів з розжареного катоду, які потрапляють на анод;
- *короткохвильове ультрафіолетове випромінювання* – електромагнітне випромінювання з довжиною хвилі 10 – 110 н/м (вакуумний ультрафіолет).

Радіонуклід – радіоактивний атом з певним масовим числом і зарядом (атомним номером).

Ізотопи радіоактивні - радіоактивні атоми з однаковим зарядом (атомним номером) і різними масовими числами, тобто з однаковою кількістю протонів і різною кількістю нейтронів в ядрі.

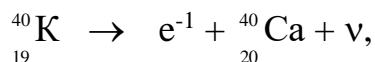
Види ядерних перетворень:

α -распад - характерний для важких (з великим масовим числом) елементів і полягає у вильоті з ядра атома α-частинки - за своєю природою ядра гелію (2 протони і 2 нейтрони), унаслідок чого з'являється ядро нового хімічного елементу з масовим числом, меншим на 4 і зарядом, меншим на 2:



Отримавши α -частку, ядро атома знаходиться у збудженому стані з надлишком енергії, яка виділяється у вигляді γ -излучення, тобто α -распад завжди супроводиться γ -випромінюванням.

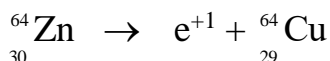
β -електронний розпад - процес, при якому з ядра атома (з одного з нейтронів) вилітає електрон, унаслідок чого цей нейтрон перетворюється на протон, у зв'язку з чим утворюється новий елемент з тим же масовим числом і із зарядом, великим на одиницю:



где ν-нейтрино

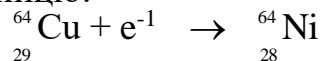
Збуджене при втраті електрона ядро в більшості випадків випромінює і γ -кванти.

β-позитронний розпад - процес, при якому з ядра атома (з одного з протонів) вилітає позитрон, унаслідок чого протон перетворюється на нейтрон і з'являється новий хімічний елемент з тим же масовим числом і зарядом, меншим на одиницю:



Електронний-К-захват - коли ядро (один з протонів) захоплює електрон з найближчої К-орбіти, у зв'язку з чим цей протон перетворюється на нейтрон, унаслідок чого з'являється ядро нового хімічного елементу з тим же масовим

числом і зарядом, меншим на одиницю:



На вільне місце К-орбіти (і послідовно з інших орбіт) переміщуються електрони, а вільна енергія при цьому висвічується у вигляді характерного рентгенівського випромінювання.

Таким чином, з якісного боку ядерні перетворення характеризуються: виглядом розпаду, виглядом випромінювання, періодом напіврозпаду - терміном, за який розпадається половина вихідної кількості атомів. (Згідно закону радіоактивного розпаду, число атомів N , що розпалися за термін t , пропорційно вихідній кількості атомів): $N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$.

З гігієнічної точки зору і вибору методів дезактивації радіоактивних відходів, всі радіонукліди ділять на короткоживучих ($T_{1/2} < 15$ діб) і довгоживучих ($T_{1/2} > 15$ діб): короткоживучі витримують у відстійниках до зниження активності, а потім спускають в загальну каналізацію або вивозять, а довгоживучі - вивозять і ховають в спеціальних могильниках.

Кількісна міра радіоактивного розпаду - активність (Q) - це кількість розпадів атомів за одиницю часу.

Одиниця активності в системі Сі – беккерель (Бк) – один розпад за секунду (s^{-1}). У зв'язку з тим, що ця одиниця дуже мала, користуються похідними - кілобеккерель (кБк), мегабеккерель (МБк).

Позасистемна (застаріла) одиниця активності – кюрі (Ки) – це активність 1 г хімічно чистого радію, дорівнює $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк (розпадів за сек.). Ця одиниця, навпаки, дуже велика, тому користуються похідними - мілікюрі (мКи), мікрокюрі (мкКи), нанокюрі (нКи), пикокюрі (пкКи).

Для радіонуклідів, яким властиво γ -випромінювання, активність виражають також через гамма-еквівалент - відношення γ -излучення даного радіонукліда до γ -излученню радію. Розрахована гамма-постійна радію - 8,4 р/час - це потужність дози, яку створює γ -випромінювання 1 міліграм радію на відстані 1 см через платиновий фільтр завтовшки 0,5 мм.

Міліграм-еквівалент радію (мг-екв. Ра) - одиниця активності радіонукліда γ -випромінювання якого еквівалентно (рівноцінно) γ -випромінюванню 1 міліграм Ра на відстані 1 см через платиновий фільтр 0,5 мм.

Фізичні властивості

Іонізуюче випромінювання та радіонукліди мають певні якісні та кількісні характеристики.

Як якісні характеристики радіонуклідів використовують:

- *вид ядерного перетворення* (α -розпад, електронний β -розпад, позитронний γ -розпад, К-захват, самовільне ділення ядер, термоядерна реакція);

- *період напіврозпаду* – тобто час, за який розпадається половина всіх радіонуклідів певного типу. (Наприклад: Уран-238 – 4,47 млрд. років, Радій-226 – 1600 років, Свинець-214 – 26,8 хв.).

Як кількісну характеристику радіонуклідів використовують:

- *активність*, що характеризується числом ядерних перетворень за

одиночку часу. Одиницями активності є *Бекерель (Бк)* та *Кюрі (Ки)*. Проте, більш зручним кількісним критерієм радіонукліда для γ -випромінювання слід вважати так званий γ -еквівалент, який вимірюється в *міліграм-еквівалент радію*.

До **якісних характеристик іонізуючого випромінювання** відноситься:
-виглядом випромінювання: - корпускулярні (α , β , n), електромагнітні (γ -, рентгенівське: харак. при К-захваті, гальмівне - у рентгенівській трубці);

-енергія випромінювання, що вимірюється у *Джоулях (Дж)* та *електрон-вольтах (eV)*;

-проникаюча здатність, яка характеризується довжиною пробігу частинок або γ -квантів у речовині і виражається в одиницях довжини (*м, см, мм*);

-іонізуюча здатність, що характеризується повною іонізацією (загальна кількість пар іонів, утворених частинками або γ -квантами в речовині) та лінійною щільністю іонізації (кількість пар іонів, що припадає на одиницю довжини пробігу).

До кількісних характеристик іонізуючого випромінювання відносять:

- *поглинута доза*, одиницями вимірювання якої є *Грей (Гр)* та *Рад*;
- *еквівалентна доза*, одиницями вимірювання якої є *Зіверт (Зв)* та *Бер*;
- *ефективна доза*, одиницями вимірювання якої є *Зіверт (Зв)* та *Бер*;
- *експозиційна доза* (для β - та γ -випромінювання), одиницями якої є кількість кулон/кг (*Кл/кг*) та *Рентген (Р)*;
- *щільність потоку частинок* (для корпускулярних випромінювань), одиницями вимірювання якої є *кількість частинок на 1 см³*.

Доза опромінення являє собою енергію випромінювання, яка поглинута в одиниці об'єму або маси речовини за певний час. Слід підкреслити, що, як зазначено вище, існують такі види доз: *поглинута, еквівалентна, ефективна та експозиційна*.

Поглинена доза (D) – це кількість енергії іонізуючого випромінювання, що поглинута опроміненням тілом (тканинами організму), у перерахунку на одиницю маси. Одиниця поглиненої дози – *джоуль на кілограм (Дж/кг)* або *Грей (Гр, Gy)*. 1 Гр = 1 Дж/кг. Позасистемна одиниця – *Рад* (від англ. radiation absorber dose (rad) – поглинута доза радіації). 1 Гр = 100 рад.

Еквівалентна доза (H) — це величина поглиненої дози, яка помножена на коефіцієнт якості випромінювання (k), що враховує здатність певного виду випромінювання пошкоджувати тканини організму ($H = D \cdot k$).

Коефіцієнт якості випромінювання (k) – це коефіцієнт, що введений для урахування біологічної ефективності різних видів іонізуючого випромінювання (табл. 1).

Таблиця 1

Коефіцієнти якості для деяких видів іонізуючого випромінювання

Види випромінювань	іонізуючих	Коефіцієнт якості (k)
γ -випромінювання		1
рентгенівське випромінювання		1
β -випромінювання,		1

нейтрони	3–10 (у залежності від енергії)
α -випромінювання	20 (при внутрішньому опроміненні)

Ефективна доза ($H_{\text{эф}}$) – являє собою величину еквівалентної дози, яка помножена на коефіцієнт, що враховує різну чутливість різних тканин до впливу іонізуючого випромінювання. $H_{\text{эф}} = H \cdot W_r$, де

H – еквівалентна доза

W_r – коефіцієнт, який враховує ступінь чутливості органів і тканин до іонізуючого випромінювання (табл. 2).

Одиниця вимірювання еквівалентної та ефективної доз – *Зіверт (Зв.)*. Позасистемна одиниця – *Бер*, тобто біологічний еквівалент рентгена (rem (англ.) – roengen equivalent for man – еквівалент рентгена для людини). Цей показник використовується тому, що, залежно від фізичних властивостей випромінювання, біологічна ефективність однієї дози може бути різною. 1 Зіверт = 100 Бер.

Таблиця 2

Коефіцієнти W_r якості для деяких органів і тканин

Перелік органів та систем	W_r	Перелік органів та систем	W_r
Статеві залози	0,25	Печінка	0,05
Червоний кістковий мозок	0,12	Щитовидна залоза	0,03
Кишечник	0,12	Кісткова тканина	0,01
Легені	0,12	Шкіра	0,01

Існує також класифікація органів за **чутливістю до опромінення** дещо іншого змісту, що виділяє 4 групи критичних органів:

I гр. – гонади, червоний кістковий мозок, лімфоїдна тканина, легені;

II гр. – кришталик, кишки, печінка, нирки, м'язи;

III гр. – шкіра, щитоподібна залоза, кісткова тканина, інші внутрішні органи;

IV гр. – шкіра рук та стоп.

Експозиційна доза характеризує іонізаційний ефект рентгенівського та γ -випромінювання у повітрі і, отже, являє собою відношення сумарного заряду всіх іонів одного знаку, утворених в повітрі до маси повітря в зазначеному об'єкті. Одиниці вимірювання експозиційної дози – *рентген (R)* або *кулон на кілограм (Кл/кг)*.

Іонізуюче випромінювання має високу біологічну активність, більше того, воно здатне негативно впливати на біологічні організми і, за певних умов, призводити до їх руйнації та загибелі.

Всі радіаційні ефекти поділяються на:

– **стохастичні** (ймовірні) – безпорогові, оцінюються за можливістю ризику появи уражень – канцерогенна, мутагенна дія, спадкові ефекти. Важко піддаються експериментальному дослідженню, неможливо чітко встановити поріг шкідливої дії. Ці ефекти, в основному, проявляються при дії малих доз (коли професійне та природне опромінення за життя не перевищує 100 Бер);

- **нестохастичні ефекти** – порогові, важкість ураження залежить від дози опромінення. Також можна встановити поріг дії, тобто визначити безпечні рівні впливу та нормувати його. Всі існуючі НРБ засновані на попередження виникнення саме цих ефектів. До нестохастичних ефектів належать гостра та хронічна променевої хвороби, променевої опіки, променева катаракта.

При дозах опромінення понад 100 Бер розвивається гостра променева хвороба (100-200 Бер – легка ступінь; 200-300 Бер – середньої важкості; 300- 500 Бер – важка і понад 500 Бер – вкрай важка). Дози 500-600 Бер при одноразовому опроміненні – абсолютно смертельні. Інша форма гострого променевого ураження – *променевої опіки*. Реакція 1 ступеня – доза до 500 Бер; 2 ступеня – до 800 Бер; 3 ступеня – до 1200 Бер; 4 ступеня – понад 1200 Бер. При тривалому зовнішньому або внутрішньому опроміненні людини малими, але дозами, які перевищують допустимі величини, може виникнути хронічна променева хвороба 3-х ступенів важкості.

Групи критичних органів. Закон Берганьє

У порядку спадання радіочутливості встановлені три групи критичних органів:

I група – все тіло, гонади і червоний кістковий мозок;

II група – м'язи, щитовидна залоза, жирова тканина, печінка, нирки, селезінка, шлунково-кишковий тракт, легені, кришталик ока та інші органи, за винятком тих, які відносяться до груп I і III;

III група – шкірні покриви, кісткова тканина, кисті, передпліччя, щиколотки та стопи.

В основу різної радіочутливості органів і тканин покладено *закон радіочутливості Бергоньє*, за яким найбільш чутливими до іонізуючого випромінювання є найменш диференційовані тканини, клітини яких інтенсивно розмножуються.

Гігієнічне нормування іонізуючих випромінювань

Норми радіаційної безпеки України. Як зазначено раніше, гігієнічному нормуванню з точки зору порогової шкідливої дії, піддаються лише соматичні нестохастичні ефекти; встановлені нормативи радіації гарантують лише їхню відсутність. Можливість виникнення стохастичних, в тому числі спадкових порушень, зважаючи на їх безпороговість, є досить імовірною. У цьому – принципова відмінність гігієнічних нормативів радіації від інших шкідливих факторів (наприклад, токсичних речовин) – при їх дотриманні небезпека для здоров'я людини зберігається, хоча і в меншій мірі. Це положення відображено в основному принципі радіаційної безпеки, згідно з яким навіть в тих випадках, коли дозовані норми витримані, необхідно прагнути до подальшого зниження рівня радіаційного впливу (норми радіаційної безпеки України 1997 р. -НРБУ-97).

Для захисту працюючих та населення від іонізуючої радіації встановлені наступні регламенти: **за впливам на критичні органи встановлені ГДДрадіації при зовнішньому опроміненні:**

Категорія А – персонал, який контактує з радіацією; ГДД – 2 Бер/рік (0,2 Зв/рік) та 40 мБер/тиждень.

Категорія Б – персонал, який знаходиться в суміжних з джерелами радіації приміщеннях; ГДД – еквівалентна доза за рік 0,2 Бер (0,02 Зв/рік).

Категорія В – решта населення, включаючи персонал, який працює поза сферою дії радіації; ГДД- 0,1 Бер (0,01 Зв/рік).

Поняття про природний радіаційний фон

Природний радіаційний фон – природний рівень радіоактивності в даній місцевості, в основному залежить від природних факторів. У середньому він складає близько 100 мБер/рік, але може значно коливатися, зважаючи на природні та антропогенні причини. У Криму 6-30 мР/год. (більше – в Гірському Криму – виходи скелястих порід, які містять уран).

Склад природного радіаційного фону:

- – космічне випромінювання (25–40%) – існує два захисних екрани: ЕМП Землі та озоновий шар; в середньому людина на Землі отримує 28 мБер/рік;
- – природна радіоактивність ґрунту (граніти), повітря, вода – природні та штучні геохімічні провінції;
- – продукти харчування – близько 25%. Таким чином, зовнішнє опромінення складає 75%, а внутрішнє 25%.

акож існують додаткові антропогенні джерела підвищення природного радіаційного фону для населення:

- – регіони АЕС, наслідки їх аварій та ядерних вибухів;
- – діагностичні рентгенівські процедури (рентгеноскопія, хворий отримує 1 Бер відразу);
- – телебачення – перегляд кольорового телевізора по 4 години на день, за рік людини отримує 50 мБер.

Звідси, роль лікаря полягає в зниженні природного радіаційного фону: правильне призначення рентгенодіагностичних процедур, перехід на ендоскопічні методи дослідження; санітарно-просвітницька робота з населенням щодо ТБ, особливо дітей.

Радіаційна загроза при роботі з джерелами іонізуючих випромінювань полягає в тому, що зовнішнє та внутрішнє опромінення організму справляє як прямий, так і опосередкований вплив на внутрішньоклітинні структури, особливостями якого є невідчутність для людини, наявність певного латентного періоду прояву біологічного ефекту та ефекту сумування поглинутих доз.

Під час дії іонізуючого випромінювання на організм молекули іонізуються і, хоча тривалість існування таких іонів становить лише 10^{-10} с, протягом цього часу утворюються вільні радикали – хімічні сполуки, які реагують з тканинами, в результаті чого знижується концентрація важливих метаболітів, порушується обмін речовин, утворюються радіотоксини. Таке ставлення призводить до відповідних соматичних уражень або навіть до загибелі організму. Внаслідок пошкодження в результаті впливу іонізуючого випромінювання ядерних структур виникають генетичні ураження. Велике значення мають також віддалені наслідки опромінення, які можуть виникнути через 5 – 20 років після опромінення.

Отже, до **основних видів променевих уражень** відносять:

- **соматичні ураження** (гостра та хронічна променева хвороба, локальні променеві ураження (опіки, катаракта) тощо);
- **сомато-стохастичні ураження** (скорочення тривалості життя,

онкогенез, тератогенний вплив тощо);

- *генетичні ураження* (домінантні або рецесивні генні мутації, хромосомні та хроматидні аберації тощо).

До умов, які визначають ступінь променевого ураження відносять наступні характеристики радіонуклідів: вид іонізуючого випромінювання та радіаційної дії, величина поглинутої дози (таблиця 3), розподіл поглинутої енергії випромінювання у часі та в організмі, радіочутливість різних органів і систем, радіотоксичність ізотопу тощо.

Таблиця 3

Залежність біологічних ефектів від поглинутої дози опромінення

Поглинута доза опромінення, Гр	Біологічний ефект
менше 0,25	помітних відхилень немає
0,25 – 0,5	незначні зміни складу крові (лейкоцитоз)
0,5 – 1	суттєві зміни складу крові, порушення функцій центральної нервової системи
1 – 2,5	променева хвороба легкої форми
2,5 – 4	променева хвороба середнього ступеня важкості
4 – 5	променева хвороба важкої форми (без лікування DL ₅₀)
5 – 10	променева хвороба дуже важкої форми (без лікування DL ₁₀₀)

Радіаційна безпека являє собою комплекс заходів, що спрямовані на обмеження опромінення населення та запобігання виникнення як ранніх, так і віддалених наслідків опромінення.

Протирадіаційний захист – це комплекс законодавчих, організаційних, санітарно-гігієнічних, санітарно-технічних та медичних заходів, що забезпечують безпечні умови праці персоналу під час роботи з радіонуклідами та іншими джерелами іонізуючих випромінювань.

Основними **принципами протирадіаційного захисту** слід вважати:

- *гігієнічне нормування*
- *проведення попереджувального та поточного санітарного нагляду;*
- *виробниче навчання;*
- *санітарна освіта;*
- *радіаційний контроль;*
- *медичний контроль.*

Головними методами протирадіаційного захисту є:

- *захист кількістю* – розрахунок допустимої активності джерела випромінювання;
- *захист відстанню* – розрахунок допустимої відстані до джерела випромінювання;
- *захист часом* – розрахунок допустимого часу роботи із джерелом іонізуючого випромінювання;
- *захист за допомогою екранування* – розрахунок необхідної товщини захисного екрану;
- *хімічні методи захисту* – використання спеціальних фармацевтичних препаратів і сполук: радіопротекторів та радіоінгібіторів;

- *захист культурою праці* – дотримання правил техніки безпеки та особистої гігієни.

Всі **джерела іонізуючих випромінювань** поділяються на закриті та відкриті. Відкриті джерела іонізуючого випромінювання – це рідкі, газоподібні або у вигляді порошків чи суспензій радіоактивні речовини при використанні яких можливе забруднення оточуючого середовища, потрапляння на одягу хворих та персоналу, на шкіру та в організм. Закриті джерела випромінювання влаштовані так, що це виключає забруднення оточуючого середовища. До них слід відносити: рентгенівські установки, радіоактивні препарати у вигляді бус, трубок, ігл, гамма-терапевтичні апарати, лінійні та циклічні прискорювачі, де радіоактивний препарат знаходиться у металічній герметичній трубці.

Вимоги по забезпеченню радіаційної безпеки персоналу установ та населення, а також по охороні навколишнього середовища від забруднення радіоактивними речовинами представлені в основних санітарних правилах роботи з радіоактивними речовинами та іншими джерелами іонізуючого випромінювання ОСП-72/87.

Принципи радіаційної безпеки під час роботи з закритими джерелами радіації

Гігієнічна класифікація джерел іонізуючої радіації: всі джерела іонізуючого випромінювання, які впливають на людину, можуть бути *відкриті або закриті*. **Закрите джерело** – у навколишнє середовище надходить тільки електромагнітне випромінювання – рентгенівське та γ -випромінювання. Прикладами закритих джерел можуть служити: радіоактивне намисто для внутрішньопорожнинної радіотерапії, голки з кобальту-60 для внутрішньої радіотерапії, апарати для теле- γ -терапії, рентгенотерапії та рентгенодіагностики.

Основою заходів щодо захисту служать закони поширення іонізуючого випромінювання:

- 1) доза зовнішнього опромінення пропорційна інтенсивності та часу дії;
- 2) інтенсивність випромінювання обернено пропорційна квадрату відстані;
- 3) інтенсивність випромінювання зменшується в залежності від товщини захисних екранів.

Існує **чотири принципи захисту** під час роботи з закритими джерелами радіоактивного випромінювання:

- 1. **"Захист кількістю"** – зниження до мінімально допустимої активності джерела опромінення.
- 2. **"Захист часом"** – доведення маніпуляцій з радіоактивними джерелами до автоматизму, в результаті чого помітно зменшується час опромінення та, відповідно, доза на працюючого.
- 3. **"Захист відстанню"** – найефективніший принцип захисту. При збільшенні відстані в 2 рази доза зменшується в 4 рази, а при збільшенні відстані в 3 рази – в 9 разів- Для збільшення відстані використовують дистанційний інструментарій, різні маніпулятори, щипці та ін.
- 4. **"Захист екранами"** – змінюючи щільність середовища, можна значно знизити дозу опромінення. Екрани для захисту від γ -

випромінювання виготовляють з використанням свинцю та свинцевого скла. Вони повинні бути у всіх приміщеннях, де проводяться роботи з γ -випромінювачами і джерелами високих енергій. Для захисту від β -випромінювання застосовують екрани з легких матеріалів, алюмінію, скла.

Існує *п'ять видів екранів*: захисні контейнери для зберігання радіоізотопів; захисні екрани для обладнання; пересувні захисні екрани; захисні екрани в будівельних конструкціях (стіни, стелі, двері, підлоги); екрани індивідуальних засобів захисту – просвинцьовані рукавички, фартухи, щитки з оргскла й ін.

Правила роботи з закритими радіонуклідними джерелами і пристроями, що генерують іонізуюче випромінювання:

- повинен здійснюватись контроль герметичності джерел в об'ємі і з періодичністю, встановленою регламентуючими документами;
- забороняється використовувати закриті джерела у випадку порушення їх герметичності або при закінченні терміна експлуатації;
- у неробочому положенні всі радіонуклідні джерела повинні знаходитись в захисних пристроях, а пристрої, що генерують іонізуюче випромінювання знеструмлені;
- пристрій в якому зберігається радіонуклідне джерело має бути стійкий до механічних, хімічних, фізичних та інших дій;
- для взяття радіонуклідного джерела з контейнера необхідно користуватись дистанційним інструментом або спеціальними пристроями;
- забороняється доторкатись до радіонуклідного джерела руками;
- при роботі з радіонуклідними джерелами, які вийняті з захисного контейнеру необхідно користуватись відповідними захисними екранами і маніпуляторами;
- радіонуклідні джерела, непридатні для подальшого використання розглядаються, як радіоактивні покидьки, своєчасно описуються і здаються на зберігання.

Принципи радіаційної безпеки під час роботи з відкритими джерелами радіації

Відкрите джерело – у навколишнє середовище може надходити не тільки рентгенівське та γ -випромінювання, але і потоки радіоактивних частинок (α -, β - випромінювання та нейтрони).

Основні принципи захисту:

- 1. **Використання принципів захисту при роботі з закритими джерелами.**
- 2. **Герметизація**, автоматизація обладнання, ізолюючі костюми, спеціальні бокси та витяжні пристрої для роботи з ізотопами. Герметизація всіх приладів та процесів дозволяє запобігти надходженню радіоактивних частинок у повітря.
- 3. **Спеціальні не адсорбуючі покриття** поверхонь, часте прибирання та очищення поверхонь від радіоактивних забруднень.
- 4. **Спеціальне обладнання вентиляції** (витяжна вентиляція обладнана фільтрами), каналізації (в спеціальні відстійники), достатнє водопостачання.

- 5. *Спеціальне планування приміщень* з вбудованими захисними конструкціями; планування ділянки – віддалення лабораторій від житлових будівель, відділень і т.д.
- 6. *Використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ)* – халатів, рукавичок, бахил, щитків, респіраторів.
- 7. *Суворе дотримання правил особистої гігієни* – заборона зберігання на робочому місці харчових продуктів і напоїв, заборона куріння та використання косметики, дотримання правил надівання та знімання рукавичок, своєчасна дозиметрія та дезактивація забруднених засобів індивідуального захисту та апаратури.

Правила роботи з відкритими радіонуклідними джерелами:

- комплекс заходів при роботі з відкритими джерелами іонізуючого випромінювання має забезпечувати захист людини від зовнішнього та внутрішнього опромінення, попереджувати забруднення повітря та поверхонь робочих приміщень, шкіри та одягу персоналу, оточуючого середовища;
- кількість радіоактивної речовини на робочому місці має бути мінімальне необхідне для роботи;
- для роботи використовувати розчини, а не порошки радіоактивних речовин;
- кількість операцій при яких можливі втрати радіоактивної речовини (пересипання порошоків, возгонка тощо) необхідно зводити до мінімуму;
- роботи слід проводити на лотках і піддонах зроблених з слабосорбуючих матеріалів;
- необхідно користуватись разовими підсобними матеріалами (пластиковими плівками, фільтрувальним папером тощо) для обмеження забруднення робочих поверхонь, обладнання та приміщень;
- у фасувальній та процедурній де поводитьься робота з високоактивними препаратами, зверху спец одягу персонал одягає пластикові полухалати, гумові рукавички, бахили та маски;
- працюють з радіоактивними препаратами на кюветах покритих фільтрованим папером або в захисних боксах;
- до роботи з радіоактивними препаратами допускаються особи старші 18 років, які не мають протипоказань.

Радіонукліди як потенційні джерела внутрішнього опромінення розподіляються за **ступенем радіаційної безпеки** на п'ять груп:

Група А – радіонукліди особливо високо радіотоксичні. Їх безпечна активність на робочому місці не має перевищувати 3,7 МБк (0,1 мкКи): ^{210}Po , ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{239}Pu та інші;

Група Б – радіонукліди з високою радіотоксичністю. Їх безпечна активність на робочому місці не має перевищувати 37 МБк (1 мкКи): ^{90}Sr , ^{106}Ru , ^{124}Sb , $^{125, 126, 129, 131}\text{I}$, ^{210}Bi та інші;

Група В – радіонукліди середньої радіотоксичності. Їх безпечна активність на робочому місці не має перевищувати 370 МБк (10 мкКи): $^{22, 24}\text{Na}$, ^{32}P , ^{34}S , ^{42}K , $^{45, 47}\text{Ca}$, $^{57, 58}\text{Co}$ та інші;

Група Г – радіонукліди малої радіотоксичності. Їх безпечна активність на робочому місці не має перевищувати 3,7 ГБк (100 мкКи): ^{14}C , ^{18}F , ^{38}Cl , ^{55}Fe та інші;

Група Д – найменш радіотоксичний тритій ^3H з безпечною активністю на робочому місці 37ГБк (1000 мкКи).

В залежності від групи радіотоксичності ізоотопів та та допустимої

активності на робочому місці, роботи з відкритими ізотопами поділяються на три класи.

Протирадіаційний захист являє собою комплекс законодавчих, організаційних, санітарно—гігієнічних, та медичних заходів, що забезпечують безпечні умови праці при роботі с джерелами іонізуючого випромінювання.

До основних **принципів протирадіаційного захисту** відносять:

- гігієнічне нормування;
- попереджувальний та поточний санітарний нагляд;
- виробниче навчання;
- санітарну освіту;
- радіаційний контроль;
- медичний контроль.

Радіаційний контроль — це контроль за забезпеченням радіаційної безпеки, виконанням вимог щодо санітарних норм праці з радіонуклідами, а також отримання інформації, про опромінення медичного персоналу та населення.

Розрізняють 4 види радіаційного контролю:

- дозиметричний;
- радіометричний;
- індивідуально-дозиметричний;
- спектрометричний.

Відповідно до класифікації основних видів радіаційного контролю, апаратуру, що використовують для його проведення, поділяють на наступні групи:

1. *Дозиметричні прилади*, що визначають потужність дози (рівень радіації).
2. *Радіометричні прилади*, які визначають рівень забруднення

поверхонь різних предметів.

3. *Індивідуальні та мініатюрні портативні прилади*, що призначені для проведення індивідуального контролю дози опромінення за певний проміжок часу.

4. *Спектрометричні установки*, які – встановлюють спектр (склад) радіонуклідів у будь-якому забрудненому об'єкті.

Класифікація засобів індивідуального захисту (за С.М.Городинським)

1. Ізолюючі костюми:

- а) шлангові;
- б) з автономним джерелом повітряного підживлення.

2. Засоби захисту органів дихання:

- а) фільтруючі (респіратори, протигази);
- б) ізолюючі (пневмошлеми, пневмокаски).

3. Спецодяг:

- а) повсякденного призначення;
- б) короткочасного використання (рукавиці, одяг з плівки).

4. Спецвзуття:

- а) основне (черевики, чоботи);
- б) додаткове (бахіли, напівгалоші).

5. Допоміжні захисні засоби захисту:

- а) окуляри;
- б) ручні захвати;
- в) щітки.

Протирадіаційний захист персоналу і радіаційна безпека пацієнтів при проведенні рентгенологічних досліджень

Серед джерел іонізуючих випромінювань, які використовуються в медичних установах стоматологічного профілю, найбільш розповсюдженими являються рентгенівські діагностичні апарати. Рентгенівське випромінювання, що генерується цими апаратами, характеризується значною проникаючою здатністю, у зв'язку з чим може являти певну небезпеку для персоналу рентгенологічних підрозділів та пацієнтів, яким проводяться рентгенологічні процедури. Тому їх розміщення, планування і експлуатація повинні відповідати вимогам радіаційної безпеки.

Вимоги до розміщення, планування, опорядження, санітарно-технічного обладнання рентгенологічних підрозділів медичних установ, протирадіаційного захисту їх персоналу і радіаційної безпеки пацієнтів викладені в “Будівельних нормах і правилах”, “Санітарних правилах і нормах – Рентгенологічні відділення (кабінети)” (СанПіН 42-129-11-4090-86), “Санітарних правилах роботи при проведенні медичних рентгенологічних досліджень” (№ 2780-80).

Санітарне законодавство не дозволяє розміщення рентгенологічних відділень (кабінетів) в житлових будинках і дитячих установах. Перевагу надають розташування в приміщеннях з мінімальною кількістю суміжних приміщень або блочному типу розміщення в окремій прибудові, на першому чи останньому поверсі будівель.

Основним приміщенням рентгенівського кабінету являється процедурна –

приміщення, в якому розміщено рентгенапарат(и) і проводяться всі види рентгенологічних досліджень.

Протирадіаційний захист прилеглої території і суміжних приміщень забезпечується екрануванням будівельними конструкціями (стіни, міжповерхові перекриття, перегородки), матеріал і товщина яких повинні знижувати інтенсивність випромінювання до допустимого рівня.

Слабким місцем в протирадіаційному захисті шляхом використання будівельних конструкцій є двері та вікна. Усунення цієї вади досягається покриттям дверей листами заліза або свинцю, просвинцьованою гумою, обладнанням вікон залізними віконницями (дерев'яними з покриттям їх залізом або просвинцьованою гумою) або підняттям підвіконня на висоту 1,6 м над рівнем підлоги. З метою захисту суміжних приміщень відстанню регламентується площа процедурної, що повинна бути не меншою 34 м² на один рентгенівський апарат, який необхідно розміщувати таким чином, щоб відстань від фокусу рентгенівської трубки до стін була не менше 2 м, а її випромінювання було спрямоване переважно у напрямку капітальної стіни. На кожний додатковий рентгенапарат площа процедурної збільшується на 15 м². Сама рентгенівська трубка розміщується в свинцевому кожуху з коліматором, який формує робочий пучок.

Захист лікаря-рентгенолога забезпечується:

- просвинцьованим склом, яке закриває флуоресцентний екран;
- багатосмуговим в напуск фартухом з просвинцьованої гуми, який підвішується до екран-знімального пристрою;
- малою захисною ширмою;
- використанням при спеціальних дослідженнях засобів індивідуального захисту (рукавички, фартух з просвинцьованої гуми (в тканинному чохла для захисту від розпилення свинцю)).

Захист рентгенлаборанта забезпечується розміщенням його робочого місця в окремому суміжному приміщенні, яке називають кімнатою управління (пультовою). Це робоче місце забезпечується вікном з просвинцьованого скла в процедурну та селекторним зв'язком з лікарем.

Крім процедурної та пультової в плануванні рентгенкабінету чи відділення повинні бути:

- Кабінет лікаря – 10 м²;
- Фотолабораторія – 6 м²;
- Кабіна для приготування розчинів барію – 4 м²;
- Роздягальня – 2,5 м²;
- Туалет;
- Кімната чекання (в поліклініці).

Перебування молодшого медичного персоналу в процедурній або кімнаті управління (пультовій) під час проведення рентгенологічних процедур не допускається.

При проведенні рентгенологічних досліджень в процедурній можуть перебувати особи, які приймають участь в проведенні їх – персонал інших відділень лікарні, родичі пацієнта, супроводжуючі особи, які повинні підтримувати дитину або важкохворого при умові, що одержана ним доза не перевищить рівень опромінення категорії Б.

Радіаційна безпека пацієнтів базується на зменшенні променевого

навантаження при проведенні рентгенологічних досліджень населення, особливо вагітних жінок, дітей і підлітків, яке може бути досягнуто здійсненням комплексу організаційних, медичних і технічних заходів.

Організаційні заходи передбачають впорядкування рентгенологічних досліджень населення, обмеження річних доз опромінення для різних категорій пацієнтів, підвищення кваліфікації персоналу і відповідальності за виконання процедур.

Медичні заходи включають: вибір методу дослідження, обмеження площі опромінення до мінімальних величин, необхідних для постановки діагнозу захворювання, захист оточуючих тканин екранами з просвинцьованої гуми, правильний вибір пози при рентгенографії. Такі екрани (як і фартухи рентгенолога) повинні бути в тканинних чохлах для захисту від розпилення свинцю. Для зниження гонадних доз при рентгенологічних дослідженнях органів черевної порожнини, попереково-хребцевого відділу хребта та інших передбачено екранування гонад.

До технічних заходів, які забезпечують зниження променевого навантаження, відносяться різні засоби підвищення якості рентгенівського зображення: виробництво і застосування високочутливих рентгенівських плівок, правильний вибір режиму роботи рентгенівського апарату, використання електронно-оптичних підсилювачів зображення, які дозволяють одержувати більш чітке і яскраве зображення при ощадливому режимі роботи апарата, використання широкоформатної флюорографії при профілактичних оглядах.

Додаток 2.

Методи і засоби санітарного нагляду за об'єктами, на яких використовуються джерела іонізуючого випромінювання

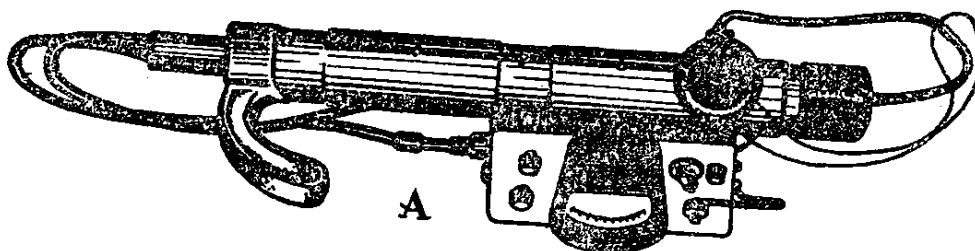
При нагляді за об'єктами, на яких використовуються джерела іонізуючого випромінювання, застосовують загальноприйняті суб'єктивні методи і засоби, а також проводять об'єктивний інструментальний радіаційний контроль.

Власне санітарний нагляд включає:

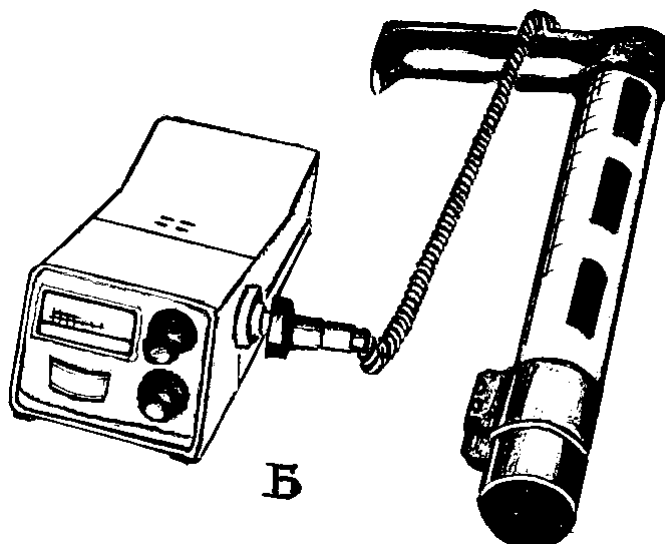
- знайомство з документацією, санітарним паспортом об'єкту, санітарне обстеження і опис об'єкту, візуальний огляд, опитування персоналу;
- вивчення і оцінка санітарного устаткування, водопостачання, вентиляції, покриття поверхонь стін, підлоги;
- збір, видалення, знешкодження відходів;
- дотримання санітарного режиму експлуатації, радіоасептики і тому подібне

Об'єктивний інструментальний радіаційний контроль включає 4 розділи:

- визначення рівнів радіації, тобто потужності поглинених доз радіації в повітрі (потужність експозиційних доз) за допомогою рентгенометрів і мікрорентгенометрів (МРМ-1, МРМ-2, ДРГ-3-01, СРП-68-01, СРП-88Р і ін.) (мал. 41, 42);

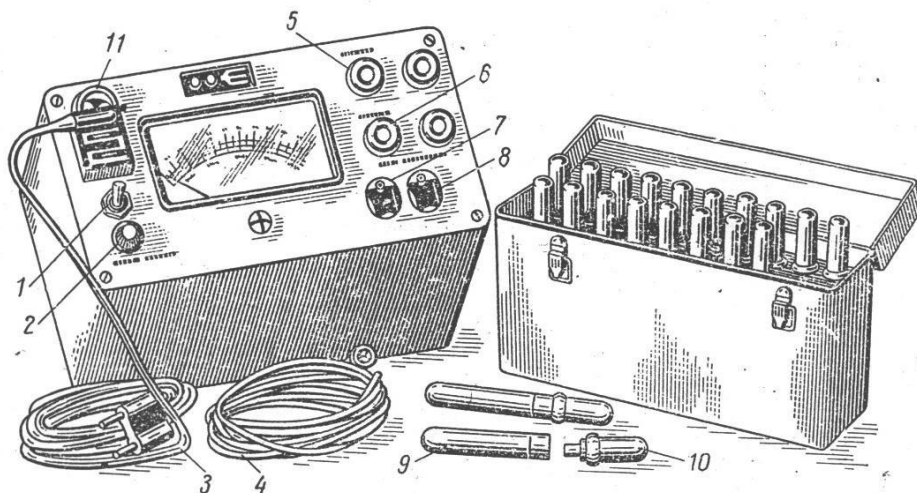


Мал. 41. Сцинтиляційний радіометр переносний (СРП-68-01)



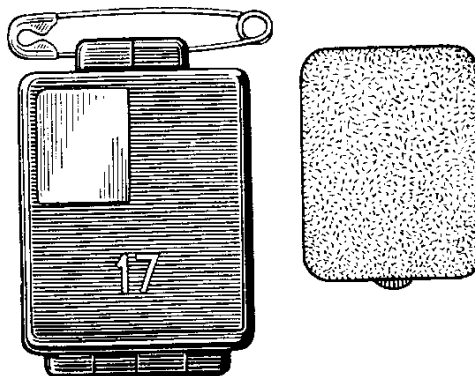
Мал. 42. Сцинтиляційний радіометр (СРП-88 Н)

- визначення індивідуальних доз опромінення персоналу за допомогою індивідуальних дозиметрів – конденсаторних - КИД-1, КИД-2 (мал. 43), Д-2РЕ, ДП-24, термолюмінесцентних, - КДТ-02 (мал. 46), фотографічних, - ІФК-2,3 (мал. 44), ІФКУ, хімічних, - ДП-70;



Мал. 43. Індивідуальний дозиметр „КИД-2”

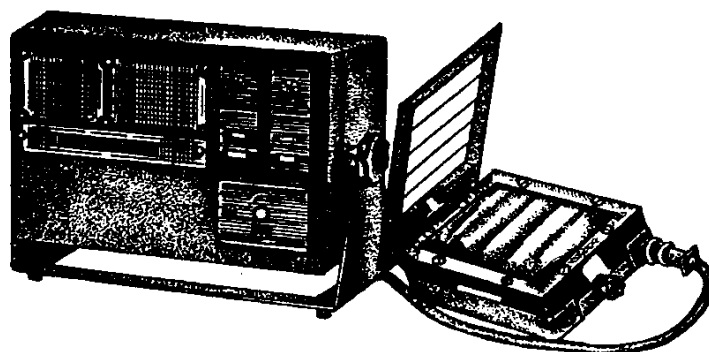
(1- тумблер; 2 – ручка „уст. шкали”; 3 – шнур мережевий; 4 – шнур батарейний; 5 – гніздо „виміру”; 6 – гніздо „заряд”; 7 – „чутливість 0,05 Р” (R7); 8 – чутливість 1Р (R6); 9 – дозиметр 0,05 Р; 10 – дозиметр 1Р; 11 – запобіжник)



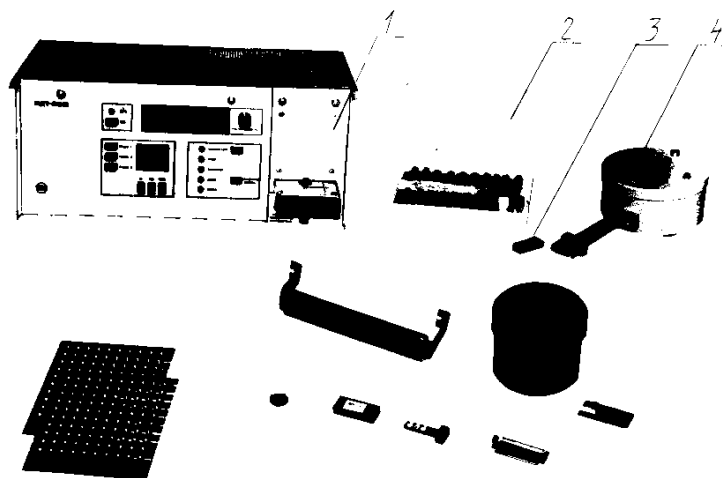
Мал. 44. Фотодозиметр ІФК-2,3

- визначення забруднення радіонуклідами робочих поверхонь, рук, одягу тих, що працюють (переносні радіометри СРП-68-01, СЗБ-03 (мал. 45), УЇМ 2-2 і ін.

- визначення концентрації радіонуклідів в об'єктах середовища - атмосферному повітрі, повітрі робочої зони, ґрунті, воді водоймищ, питній воді, харчових продуктах і тому подібне (лабораторні радіометри РУГ-90, РУГ-91, РУБ-91, ДП-100, ПП-16 та інші).



Мал. 45. Сигналізатор забруднення бета- випромінюваними радіонуклідами СЗБ-03



Мал. 4 Комплект індивідуальних термолюмінесцентних дозиметрів КДТ-02 М

(1 - прилад термолюмінесцентного перетворення УПФ-02; 2 - комплект дозиметрів; 3 - дозиметр; 4 - опромінювач детекторів)

Інструкції до використання деяких з перерахованих приладів радіаційного контролю приведені нижче.

**Інструкція
по виміру потужності поглинених в повітрі
доз рентгенівського і гамма-випромінювання сцинтиляційним
радіометром переносним - СРП-68-01 (мал. 41)**

Прилад (батареєного, або від мережі живлення) готується до роботи згідно інструкції. Прилад має подвійне призначення: а) для виміру міри забруднення радіонуклідами робочих поверхонь в імпульс/сек, для чого перемикач (зліва зверху) перекладається на шкалу C^{-1} ; б) для виміру потужності дози в повітрі в мкР/год., для чого цей перемикач перекладають на шкалу мкR/h.

Потім перемикач режиму роботи приладу встановлюють на постійну часу виміру, таку, що становить 2,5 сек. або 5 сек., а перемикач діапазонів - у положення, при якому свідчення стрілочного приладу складало б не менше 30 % всієї шкали. Детектор випромінювання розміщують на робочому місці так, щоб умови його опромінення відповідали умовам опромінення персоналу, а також людини, що знаходиться за захисними екранами або за стінами в суміжних приміщеннях.

Свідчення, враховуючи діапазон, знімають з верхньої (0-100) або нижньої (0-30) шкали приладу. При цьому роблять 5-10 вимірів впродовж хвилини і розраховують середнє арифметичне.

Результати виміру потужності дози в повітрі оцінюють згідно нормативним документам: а) для рентгенологічних об'єктів: на робочому місці (персонал категорії А) - до 1,7 мР/год. с; за стінами в суміжних приміщеннях (персонал категорії Б) - до 0,12 мР/год.; для категорії В (палати, за межами корпусу) - до 0,03 мР/год.

Примітка: для існуючих рентгенологічних об'єктів старої споруди ці величини, відповідно більше в 2 рази.

б) для об'єктів з гамма-випромінюваннями: у приміщеннях постійного перебування персоналу категорії А - до 1,4 мР/ год.; перебування половину робочого часу - до 2,9 мР/ год. Для персоналу категорії Б (у суміжних приміщеннях, на території санітарно-захисних зон) - до 0,12 мР/ год.; для категорії В - до 0,03 мР/ год.

УЧБОВА ІНСТРУКЦІЯ

з вимірювання індивідуальної дози зовнішнього опромінення за допомогою термолюмінесцентних дозиметрів

1. Призначення дозиметра.

Термолюмінесцентні дозиметри—прилад КДТ-02, його модифікації та аналоги, призначені для вимірювання поглинутої в повітрі дози рентгенівського та у-випромінювання з енергією понад 10 Кев. Діапазон вимірюваних величин від 0,05 до 1000 Рентген.

2. Конструкція і принцип роботи.

Комплект термолюмінесцентних дозиметрів КДТ-02 складається з набору дозиметрів та пристрою для перетворення термолюмінесценції. Кожний дозиметр містить 3 термолюмінесцентних детектори у вигляді зпресованих таблеток діаметром 5 мм і товщиною 1 мм із фтористого літію або борату магнію.

Пристрій перетворення термолюмінесценції виконаний у вигляді настільного приладу, на передній панелі якого розташовані перемикачі температурних режимів і чутливості.

Метод реєстрації доз іонізуючого випромінювання ґрунтується на здатності деяких кристалічних речовин — термолюмінофорів поглинати та тривалий час зберігати енергію іонізуючого випромінювання. Нагрівання термолюмінофору супроводжується термолюмінесценцією, інтенсивність якої

пропорційна дозі опромінення. Світловий потік, що випромінюється детектором, при нагріванні перетворюється у послідовність імпульсів напруги, які висвічуються на цифровому табло перерахункового пристрою.

Після підготовки до роботи пристрою перетворення термомлюмінесценції (підготовка проводиться до початку занять лаборантом) вимірювання показань дозиметрів проводиться в такій послідовності:

1. Натиснути кнопку КОМПЕНСАЦИЯ на лицьовій панелі пристрою.
2. Висунути полозки завантажувального блоку до суміщення стрілки полозків з міткою ИЗМЕРЕНИЕ, при цьому засвітиться лампочка КОМПЕНСАЦИЯ на лицьовій панелі пристрою.
3. Після того, як погасне лампочка КОМПЕНСАЦИЯ зняти з завантажувального блоку ковпачок, вийняти з касети дозиметра один детектор і з допомогою пінцета помістити його поміченою стороною вниз в гніздо завантажувального блоку.
4. Закрити завантажувальний блок ковпачком.
5. Переконатися в тому, що лампочка НАГРЕВ на лицьовій панелі мигає, а лампочка СЧЕТ не горить (в противному разі натиснути кнопку СБРОС).
6. Плавно засунути полозки завантажувального блоку вперед до упирання.
7. Пересвідчитися в тому, що на лицьовій панелі пристрою загорілась лампочка ОТЖИГ, а на світловому табло відбувся скид попередніх показань (при їх наявності).
8. Після того як лампочка ОТЖИГ погасне загориться лампочка ИЗМЕРЕНИЕ і відбудеться запуск перерахункового вузла (що контролюється засвічуванням лампочки СЧЕТ).
9. По закінченні часу вимірювання лампочка ИЗМЕРЕНИЕ погасне і засвітиться лампочка ДОЖИГ. На світловому табло приладу з'явиться інформація про величину дози опромінення (в Рентгенах) термомлюмінесцентного дозиметра.
10. Занотувати показання зафіксовані на світловому табло.
11. Після потухання лампочки ДОЖИГ висунути полозки завантажувального блоку на себе до суміщення стрілки полозків з міткою ИЗМЕРЕНИЕ, детектор випадає в прийомний стакан.
12. Провести вимірювання інших детекторів.

УЧБОВА ІНСТРУКЦІЯ

з вимірювання індивідуальних доз зовнішнього опромінення за допомогою фотодозиметра ІФКУ-ПУ кл.

Прилад призначений для вимірювання індивідуальних доз опромінення при роботі з джерелами електромагнітного випромінювання в діапазоні енергії 0,1—3,0 Мев.

Він складається з вимірювального блоку у вигляді настільного приладу і комплекту касет з поліетилену, які фіксуються на одязі персоналу.

На передній панелі вимірювального блоку знаходяться: прямопоказуючий стрілочний прилад, шкала якого проградуєвана & рентгенах, тумблери включення живлення і переключення діапазону виміру, сигнальна лампочка, вікно з механізмом утримання кришки касети і дві ручки для регуляції режиму роботи.

Детектором випромінювання у дозиметрах типу **ІФК** являється фотоплівка, якою заряджаються касети.

Касета складається з двох частин — власне касети і її кришку яка одночасно являється і тримачем плівки.

Вимірювання індивідуальних доз опромінення складається з п'яти етапів:

1. Зарядження касет рентгенівською плівкою;
2. Експозиції плівки в процесі виробничої діяльності персоналу;
3. Обробки плівки (проявлення, фіксація, промивка, сушіння);
4. Вимірювання дози. Для вимірювання дози кришку касети з фіксованою в ній плівкою вставляють в гніздо вимірювального блоку, стрілка прямопоказуючого приладу відхилиться вправо і покаже величину дози в рентгенах.
5. Перерахунку показання приладу в одиниці ефективної дози.

Для зарядження касет використовується рентгенівська плівка вітчизняного виробництва типу РМ-5-1, РМ-5-4, а також імпортна плівка типу «АГФА» у вигляді смужок 2х6 см.

ІНСТРУКЦІЯ

з визначення радіоактивного забруднення рук, робочих поверхонь, обладнання та спецодягу за допомогою приладу СЗБ-03

Прилад, попередньо підготовлений до роботи лаборантом, вмикають в мережу. Після 3-х хвилинного прогрівання приладу, включають таймерний пристрій, натиснувши кнопку «таймер» до упору.

Для індикації радіоактивного забруднення необхідно покласти на планку блоку детектування об'єкт, що досліджується або наблизити блок до нього (при цьому для запобігання забруднення поверхні блоку доцільно закрити його поліетиленовою плівкою, або целофаном). Потім необхідно натиснути планку блоку до упору і утримувати її в такому положенні до спрацювання світлового табло «чисто» або «брудно».

Після включення світлового табло плавно знімають руку або інший об'єкт з планки блоку детектування.

Про наявність радіоактивного забруднення висновок роблять по кольору світлового табло. При наявності радіоактивного забруднення про його рівень орієнтовно судять по довжині червоної індикаторної смуги під світловим табло «брудно».

Поріг спрацювання світлового табло «брудно» встановлюють за допомогою еталону, що відповідає допустимому забрудненню.

ІНСТРУКЦІЯ

з вимірювання радіоактивного забруднення робочих місць, обладнання, спецодягу та шкіряних покривів і за допомогою вимірювача швидкості лічби УІМ 2-2

1. Призначення, технічні дані та характеристики.

Прилад призначений для вимірювання середньої швидкості лічби імпульсів і сигналізації про перевищення встановлених порогових значень швидкості лічби імпульсів. Вимірювач застосовується в лабораторіях дозиметричного, радіометричного і технологічного контролю.

Вимірювач може працювати з блоками детектування альфа -, бета -, гамма та нейтронного випромінювання. Діапазон вимірювання швидкості лічби поділений на 10 піддіапазонів. Вимірювач забезпечує світлову і звукову сигналізацію про перевищення встановлених порогових значень швидкості лічби імпульсів.

Вимірювач складається з пристрою вимірювання і пристрою живлення.

2. Порядок роботи.

Вимірювач, підготовлений до роботи лаборантом кафедри включають у мережу натисненням кнопки «мережа» на передній панелі приладу, при цьому повинна засвітитися червона лампочка помножувача шкали. Прогрівують прилад протягом 10 хвилин.

Об'єкт, радіоактивне забруднення якого підлягає контролю підносять до детектора випромінювання або розміщують на його поверхні, яку доцільно закрити поліетиленовою плівкою або целофаном.

Знімають показання приладу.

Для приведення показань вимірювача до істинних значень вимірюваної величини користуються градуировочними графіками або таблицями.

Допустимі рівні загального радіоактивного забруднення робочих поверхонь, шкіри, спецодягу і засобів індивідуального захисту част./см² X хв..

Об'єкт забруднення	Альфа-активні нукліди		Бета-активні нукліди
	Відділення	Інші	
Неушкоджена шкіра, спецбілизна, рушники, внутрішня поверхня лицьових частин коштів індивідуального захисту.	1	1	100
Основний спецодяг, внутрішня поверхня додаткових засобів індивідуального захисту.	5	20	800

Поверхні приміщень постійного перебування персоналу і розміщеного в них устаткування, зовнішня поверхня спецвзутті.	5	20	2 000
Поверхні приміщень періодичного перебування персоналу і розміщеного в них устаткування.	50	200	8 000
Зовнішня поверхня додаткових засобів індивідуального захисту, які знімаються в санітарних шлюзах.	50	200	10 000

Інструкція за визначенням радіоактивності об'єктів що оточує середовища за допомогою радіометра ДП-100

1. Пробу аерозолів отримують шляхом аспірації певного об'єму повітря (100-200 л) через фільтр АФА-в-18; пробу води - шляхом випаровування 1-3 л до сухого залишку; пробу харчових продуктів висушують.

Фільтр з пилом, сухий залишок води, суху пробу продукту зважують, спалюють в муфельній печі до світло-сірої золи, яку також зважують. Навішування тієї або іншої золи (250-300 міліграм) переносять на спеціальну підкладку і поміщають під лічильник радіометра в свинцевому "будиночку".

2. Включають тумблер живлення приладу, прогрівають 8-10 мін, устанавлюють робоча напруга (1650 В для лічильника МСТ-17, 400 В - для лічильника СВТ-7).

3. Встановлюють нульові показання приладу натисненням кнопки електромеханічного лічильника і правої кнопки секундоміра (якщо горять неонові лампочки цифрового табло).

4. Натисненням правої кнопки секундоміра починають виміри.

5. Через 5-10 повних хвилин натисненням правої кнопки секундоміра зупиняють підрахунок, знімають показання електромеханічного лічильника (сотні) і суму цифр засвічених неонових лампочок (десятки і одиниці), ділять їх на час виміру, наприклад:

$$n = \frac{\dots}{\dots} = 127,7 \text{ імп./хв.}$$

6. У такому ж порядку вимірюють радіоактивний фон приладу, помістивши під лічильник порожню підкладку. Потім фон віднімають від результату виміри проби.

7. Результат виміру перераховують на всю золу, а потім на об'єм протягнутого повітря, проби води, навішування продукту і виражають в беккерелях на м3 повітря, дм3 води, кг продукту, порівнюють з гігієнічними нормативами (таблиця. 2.), роблять відповідні виводи і рекомендації.

Інструкція за визначенням радіоактивності проб продуктів і води в товстому шарі на радіометрі універсальному гамма-випромінювання РУГ-91 “АДАНИ”

1. Включають вилку шнура приладу в розетку електромережі. Натискають кнопку “мережу” (зліва під цифровим табло), прогрівають прилад 30 мин., після чого почуєте звуковий сигнал, а на табло засвітяться нулі.

Вимір фону.

2. Поміщають порожню кювету для проб в гніздо свинцевого екрану (якщо продукт, який вимірюватиметься - сухий, легкий), або з наливою в неї водою, що дистилує (якщо продукт щільний, важкий).

3. Натискають кнопку “фон” (звучить звуковий сигнал), а потім - кнопку “2 мін” або “20 мін”. На табло висвічується зворотний відлік часу виміру. Після завершення виміри натискають по черзі кнопки К40, Cs137 – на табло висвітяться значення фону для того або іншого радіонукліда (значення фону автоматично фіксується в пам'яті гамма-радіометра).

4. Заповнюють кювету продуктом, який підлягає аналізу, поміщають її в свинцевий екран, закривають кришкою.

5. Натискають кнопку “пробу”, а потім кнопку “2 мін” або “20 мін”.

6. Після закінчення виміри натискають по черзі кнопки Cs137, К40 і знімають значення об'ємної активності в кБк/л.

7. Результат виміру 0,5 або 0,25 л проби відповідає об'ємній активності в кБк/л, яка при щільності продукту, близькій до одиниці, відповідає питомій активності в кБк/кг продукту.

Якщо питома вага проби не відповідає одиниці, останню потрібно зважити і перерахувати результат. Наприклад, об'єм проби 500 мл, її вага 400 р. Питома вага проби = $400 : 500 = 0,8$ кг/л. Отримана об'ємна активність 1,6 кБк/л.

Звідси питома активність = об'ємній активності (кБк/л) / питома вага = $1,6/0,8 = 2,0$ кБк/кг.

Якщо об'єм проб менше 0,5 або 0,25, то результат виміру слід помножити на коефіцієнт:

- для 400 мл - на 1,2
- для 300 мл - на 1,6
- для 200 мл - на 2,9.

Радіоактивне забруднення вимірної проби оцінюють на відповідність допустимим рівням, приведеним в таблицю. 2..

Таблиця 4

Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr у продуктах харчування і питній воді

3.1. Значення допустимих рівнів питомих активностей радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr в продуктах харчування і питній воді:

№ п/п	Назва продукту	ДР _с Бк/кг	ДР _г Бк/кг
1	Зерно, мука, крупи і хлібобулочні вироби		
	1.1. Зерно продовольче, в т.ч. пшениця, жито, овес, ячмінь, просо, гречка, кукурудза, сорго і інших зернових культур	50	50
	1.2. Зерно бобів сушене, в т.ч. горох, квасоля, сочевиця, боби та інші	50	50
	1.3. Мука, борошняні хлібопекарські суміші, крупи, крохмаль, зерно перероблене на пластівці; макаронні вироби, круп'яні вироби, толокно, напівфабрикати зернові; готові продукти, виготовлені із зерна, зернових культур, в т.ч. сухі сніданки, мюслі, продукти, отримані шляхом обсмажування зернових і ін.	30	10
	1.4. Соєві боби сушені, продукти переробки сої, в т.ч. соєвий білок, мука, готові вироби та інші	50	30
	1.5. Хліб і хлібобулочні вироби, в т.ч. з добавками; продукти з борошна, в т.ч. борошняні кондитерські вироби, напівфабрикати з тесту	20	5
2	Молоко і молочні продукти		
	2.1. Сире товарне молоко для промислової переробки (окрім продуктів дитячого харчування), молоко рідке і вершки, сироватка молочна; продукти кисломолочні, в т.ч. сири свіжі, йогурти, йогуртні продукти, десерти кисломолочні свіжі, напої кисломолочні та інші; продукти, виготовлені на основі молока і вершків, в т.ч. з додаванням немолочних компонентів (морожене, виготовлене на основі молока або вершків, торти з морозива, напої молочні, десерти молочні і ін.	100	20
	2.2. Масло вершкове (в т.ч. масло коров'яче, молочний жир і інше); пасти бутербродів на основі масла вершкового	200	40
	2.3. Сири сичужні тверді, сири розсоли, сири плавлені, сири блакитні	200	100
	2.4. Молоко і вершки концентровані або згущені, молоко і вершки згущені з наповнювачами	300	60
	2.5. Продукти молочні сухі, в т.ч. молоко, вершки, казеїн та інші; сухі молочні суміші, концентрати харчові на основі молока	500	100
	2.6. Сире товарне молоко для промислової переробки (для продуктів дитячого харчування)	40	5
3	М'ясо і м'ясопродукти		

	3.1. М'ясо забійних тварин, птиці (свіжіше, охолоджене, заморожене) без кісток для промислової переробки, м'ясо, харчові субпродукти (в т.ч. кишки-сирець, кров харчова) забійних тварин і свійської птиці свіжі, заморожені, різних способів обробки; продукти їх переробки, в т.ч. напівфабрикати, готові продукти, ковбаси, консерви м'ясні і рослинні для м'яса	200	20
	3.2. М'ясо диких тварин і птиці	400	40
	3.3. Жир забійних тварин (в т.ч. шпик) і свійської птиці, продукти його переробки	100	30
	3.4. М'ясо забійних тварин, свійської птиці сушене і продукти його переробки	400	40
	3.5. Кістки тварин і птиць всіх видів	50	200
	3.6. Желатин	150	50
4	Риба, нерибні об'єкти промислу і продукти їх переробки		
	4.1. Риба свіжа і морожена, різних способів обробки; риб'ячий жир, ікра (в т.ч. штучна), молочко і інші рибні продукти; продукти переробки, в т.ч. рибні напівфабрикати, готові продукти з риби (масло рибне, масло ікрите, рибні пасти та інші), рибні пресерви і консерви	150	35
	4.2. Нерибні об'єкти промислу (ракоподібні, молюски і інші водні безхребетні, м'ясо земноводних, плазуючих і морських ссавців) свіжі і морожені, різних способів обробки; продукти їх переробки, в т.ч. напівфабрикати, готові продукти, консерви, жир морських ссавців	150	35
	4.3. Сушені або в'ялені риба і нерибні об'єкти промислу (ракоподібні, молюски і інші водні безхребетні, м'ясо земноводних, плазуючих і морських ссавців)	300	70
	4.4. Водорості, морські трави і продукти їх переробки	200	70
	4.5. Водорості і морські трави сушені	600	200
5	Яйця птиці і продукти їх переробки		
	5.1. Яйця птиці і рідкі яєчні продукти; напівфабрикати і готові вироби з яєць птиці	100	30
	5.2. Сушені продукти переробки яєць птиці, в т.ч. яєчний порошок, сушені білок, жовток; сухі суміші, виготовлені на основі яєць птиці	400	100
6	Овочі і продукти їх переробки		

	6.1. Картопля свіжа і продукти переробки картоплі, в т.ч. картопля консервована, картопля морожена; кулінарні картопляні вироби, напівфабрикати з картоплі та інші	60	20
	6.2. Свіжі овочі (аркушеві, в т.ч. столова зелень, плодови, баштанні, коренеплоди), боби, кукурудза цукрова, гриби (культивовані); продукти переробки овочів, в т.ч. напівфабрикати, готові продукти, соки, консерви і ін.	40	20
	6.3. Овочеві концентрати (в т.ч. томатна паста, томатні соуси, кетчупи, ін.)	120	50
	6.4. Сушені овочі (в т.ч. картопля), гриби (культивовані) і овочеві суміші; продукти переробки сушених овочів	240	80
7	Фрукти і ягоди		
	7.1. Фрукти і ягоди свіжі, морозиво, консервоване; соки фруктові і ягідні	70	10
	7.2. Продукти переробки фруктів і ягід (варення, пасти, джеми, повидло, желе та інші	140	20
	7.3. Сухі фрукти і ягоди, в т.ч. продукти сушки сублімації, сухі суміші на фруктовій і ягідній основі	280	40
	7.4. Горіхи і продукти їх переробки	70	10
	7.5. Суміші соків фруктово-ягідних з овочевими	50	15
8	Цукор, кондитерські вироби (карамель, ірис, пастила, мармелад, ін.), желеві вироби, шоколад і вироби з нього; жувальна гумка	50	30
9	Гриби і ягоди дикорослі свіжі, морозиво, консервоване	500	50
10	Гриби і ягоди дикорослі сушені	2500	250
11	Насіння масляних культур (соняшнику, кунжуту, арахісу, маку і інших, за винятком сої); продукти їх переробки, за винятком рослинних жирів та масел	70	10
12	Жири і масла рослинні, продукти, виготовлені на їх основі, в т.ч. маргарин, кулінарні жири, кондитерські жири, креми та інші	100	30
13	Чай байховий, пресований, ароматизований, з рослинними добавками, кава зелена (смажений (у зернах, мелений, розчинний); какао-боби, какао терте, какао-порошок; сухі розчинні напої на основі чаю, какао, кави і замінників кави (обсмажений солод, цикорій і ін.	200	50
14	Вода питна (з підземних джерел питного водопостачання вода нормується і за змістом природних радіонуклідів)	2	2
15	Напої		
	15.1. Мінеральна вода (з підземних джерел питного водопостачання вода нормується і за змістом природних радіонуклідів)	10	5

	15.2. Безалкогольні і слабоалкогольні напої, в т.ч. на основі рослинної сировини; пиво, квас, морозиво сікосодержащее; концентрати напоїв, які не включені до інших розділів	20	20
	15.3. Алкогольні напої (за винятком пива)	50	30
16	Лікарські рослини сушені; фіточаї, матэ (парагвайський чай), каркадэ (суданська троянда) та інші	200	100
17	Тютюн і тютюнові вироби	120	50
18	Біологічно активні добавки (БАД) всіх видів; екстракти і загусники харчові рослинного походження (речовина з вмістом пектину, пектинати і пектати; агар-агар і інші клеї і загусники рослинного походження)	200	50
19	Прянощі; спеції і їх суміші; приправи, в т.ч. соуси (соевий соус, грибний та інші), за винятком томатних соусів, гірчиці (готова, гірчичний порошок), салатні заправки, майонез і інше	120	50
20	Харчові добавки і їх суміші (фарбники натуральні і штучні, стабілізатори, емульгатори, ароматизатори, наповнювачі і інше); оцет, сода харчова, дріжджі; харчові концентрати для виготовлення перших і інших блюд, десертів, муссов, кремів і ін., які не включені в список в інших пунктах; супи і бульйони швидкого приготування; солодовий екстракт	150	50
21	Сіль кухонна харчова і сольові суміші	120	30
22	Мед і продукти бджільництва	200	50
23	Продукти дитячого харчування		
	Готові продукти дитячого харчування, сухі молочні суміші	40	5

Б. СИТУАЦІЙНІ ЗАДАЧІ

Задача 1

Розподіліть за групами наступні радіоіндуковані ефекти (променеві ураження): катаракта, незлоякісні ураження шкіри, генетичні мутації, пригнічення кровотворення, хромосомні аберації, дисфункція статевих органів, скорочення тривалості життя, злоякісні пухлини, опіки.

Вкажіть, які фактори впливають на характер радіоіндукованих ефектів та час їх виникнення.

Задача 2

У ліквідатора аварії на ЧАЕС після роботи по розчищенню території від уламків будівельних конструкцій, протягом кількох хвилин після роботи на кистях рук з'явилась еритема яка змінилась гіперемією і набряком, зрештою пухирями і виразками, некротичними змінами. Робота була короткотривала, тому працівник не користувався індивідуальними засобами захисту.

1. Яка доза опромінення могла спричинити таке ураження?

2. Які індивідуальні засоби захисту могли б бути використані?

3. З допомогою якого приладу можна виміряти експозиційну дозу в даній місцевості?

Задача 3

Після ліквідації надзвичайної ситуації на військовій ракетній базі, що супроводжувалась викидом радіоактивної речовини, у частини військовослужбовців виникло раптове погіршення стану здоров'я. З'явилась нудота та блювання, петехії та геморагії, різке зниження нейтрофілів та тромбоцитів протягом двох тижнів, вміст лімфоцитів менше $1000/\text{мм}^3$, через тиждень перебування в лікарні у хворого розвинулась пневмонія.

1. Переважне враження якої системи має місце?

2. Яка доза опромінення могла спричинити такий перебіг променевої хвороби?

3. Які прилади можуть бути використані для індивідуального дозиметричного контролю?

Задача 4

В радіологічному відділенні для лікування закритими джерелами іонізуючих випромінювань проведена оцінка результатів вимірювання індивідуальних доз опромінення. За допомогою термомінісцентних дозиметрів. Лікарі – радіологи протягом трьох місяців отримали 0,8 – 1,0 бер, процедурні сестри 0,9 – 1,1 бер, медична сестра, відповідальна за видачу та зберігання джерел випромінювання – 0,5 бер.

Порівняйте отримані дані з «Лімітами ефективних доз для різних категорій населення». Дайте рекомендації.

Задача 5

Члени рентген-хірургічної бригади – хірург, анестезіолог та операційна сестра під час використання сучасних рентгендіагностичних апаратів типу «Пантоскоп», щотижня одержують дозу $0,31 \pm 0,005$ мЗв/тиждень.

Дайте загальну оцінку умовам праці та обґрунтуйте необхідні профілактичні рекомендації.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №9. НОРМУВАННЯ ШУМОВИХ ТА ВІБРАЦІЙНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ДОВКІЛЛЯ

Відповідно з діючим у світі та Україні стандартом, рівень шуму, який утворюється від автотранспорту (акустична характеристика) визначається шумоміром на відстані 7 м від першої (найближчої) до розрахункової точки смуги транспортного потоку.

Рівень шуму від автомагістралі на відстані, яка цікавить (V_n), визначається за допомогою формули Карагодіна:

$$V_n = V_7 - X_1 - X_2 - X_3 - X_4 ,$$

де V_n – рівень шуму від джерела на відстані, яка цікавить (n метрів);

V_7 – рівень шуму на відстані 7 м від джерела;

X_1 – зниження шуму внаслідок розповсюдження звукових хвиль в атмосфері;

X_2 – зниження шуму під впливом земної поверхні;

X_3 – зниження шуму під впливом зелених насаджень;

X_4 – поглинаючий ефект будівель (приймається 25 дБ).

Наприклад, на відстані 100м (P_{100}) рівень шуму знизиться на величину X_1 :

$$X_1 = 10 \cdot \lg \left(\frac{P_{100}}{P_7} \right) = 10 \cdot \lg \left(\frac{100}{7} \right) = 11,5;$$

де P_{100} – точка на відстані 100м від джерела;

P_7 – точка на відстані 7м від джерела (тобто, нормативна точка вимірювання шумоміром).

$$X_2 = K_n \cdot X_1,$$

де K_n – коефіцієнт поглинання шуму, який для асфальту становить 0,9; для відкритого ґрунту – 1, для газону – 1,1.

$$X_3 = K_3 \cdot X_1,$$

де K_3 – коефіцієнт зниження акустичного навантаження зеленими насадженнями, який дорівнює 1,2 для смуги з двох рядів дерев з чагарником середньої щільності та шириною 6 м та 1,5 м для тієї ж смуги з чагарником та деревами, що мають висоту не менше 7 м та крони яких вже зімкнулись.

В години «пік» рівень шуму на відстані 7 м (V_7) від краю дороги складає близько 80 дБ, тому для даного прикладу рівень шуму на відстані 100 м від краю дороги буде складати:

$$V_{100} = 80 - 11,5 - 11,5 - 13,8 - 25 = 18,2 \text{ дБ}$$

Отримане значення (18,2 дБ) не перевищує на вказаній відстані допустимий в денні години рівень шуму (35 дБ) поблизу житлових будинків (табл.1). Якщо шумове забруднення вище допустимого, то результати розрахунків можуть бути підставою для прийняття рішень по озелененню території чи впровадженню інших шумозахисних заходів.

Таблиця 1 Допустимі рівні шуму в приміщеннях житлових і громадських будинків та на території житлової забудови

№	Призначення приміщень та територій	Час доби	Рівні звуку, дБА	Критерії шуму NC
1.	Торговельні зали магазинів, пасажирські зали аеропортів і вокзалів, приймальні пункти підприємств побутового обслуговування	цілодобово	60	50
2.	Адміністративні приміщення	цілодобово	45	35
3.	Території, які безпосередньо прилягають до житлових будинків, поліклінік, амбулаторій,	день ніч	55 45	45 35
4.	Майданчики відпочинку на території мікрорайонів і груп житлових будинків, котеджів, будинків відпочинку, пансіонатів, будинків	цілодобово	45	35
5.	Території, які безпосередньо прилягають до магазинів, торгових центрів, пасажирських залів аеропортів, вокзалів, приймальних пунктів підприємств	цілодобово	70	60
6.	Лекційні та класні приміщення, учбові кабінети, кімнати викладачів, конференц-зали, аудиторії	цілодобово	40	30

Де NC- Набір рівнів звукового тиску в октавних смугах у вигляді кривих.

Таблиця 2 - Поправка X_i на нахил дороги, дБ

Нахил дороги, %	Поправка X_i з урахуванням нахилу дороги з вкладом вантажних автомобілів та громадського транспорту (автобуси, трамваї, тролейбуси) в загальний та транспортний потік), %						
	0	5	20	30	40	70	100
20	0,5	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5
40	1,0	1,5	2,5	2,5	2,5	3,0	3,0
60	1,0	2,5	3,5	3,5	4,0	4,5	5,0
80	1,5	3,5	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
100	2,0	4,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0

Якщо шумоміра немає, то для приблизного визначення рівня шуму на вказаній відстані (V_7) використовують формулу Орнатського, яка враховує фізичні закони розповсюдження звукових хвиль у навколосемному просторі.

$$V_7 = 46 + 11,8 \lg N + \sum n,$$

де N – інтенсивність руху транспортного потоку, авто/год;

$\sum n$ – сума поправок, яка враховує відхилення умов від типових; поправки визначаються за формулою:

$$\sum n = \pm X_n + X_v + X_i + X_{тр},$$

де X_n – поправка на співвідношення громадського та вантажного транспорту в транспортному потоці (збільшується на 1 дБ на кожні 10% відхилення від 60% співвідношення);

X_v – поправка на відхилення швидкості руху (збільшується на 1 дБ на кожні 10% відхилення від 40 км/год);

X_i – поправка на нахил дороги (збільшується на 1 дБ на кожні 2% нахилу дороги), можливо визначити за табл.2;

$X_{тр}$ – при наявності трамвая вздовж вулиці ця поправка складає +3 дБ.

Таблиця 3 - Допустимі рівні шуму на різних по характеру територіях

Характер території	Допустимий рівень шуму, дБ	
	денний час (з 7.00 до 23.00)	нічний час (з 23.00 до 7.00)
Селітебна зона	55	45
Зона масового відпочинку та туризму	50	40
Санітарно-курортна зона	45	35
Заповідники	25	20
Житлові будинки, що розміщені поблизу транспортних магістралей	35	25

1. Приклад вирішення задачі

Для селітебної зони в денний час розрахувати рівень шуму від автомагістралі на відстані 100 м, якщо рівень шуму складає на відстані 7 м (V_7) від краю дороги 80дБ, врахувати ґрунт, лісосмугу з двох рядів дерев з чагарником середньої щільності та шириною 6 м, а також наявність забудов.

Рішення

Рівень шуму від автомагістралі на відстані, що цікавить (V_{100}), розраховується за допомогою формули Карагодіна:

$$V_{100} = V_7 - X_1 - X_2 - X_3 - X_4$$

$$V_7 = 80\text{дБ};$$

$$X_1 = 10 \cdot \lg\left(\frac{P_{100}}{P_7}\right) = 10 \cdot \lg\left(\frac{100}{7}\right) = 11,5;$$

$$X_2 = K_n \cdot X_1, K_n = 1(\text{ґрунт}), X_2 = 1 \cdot 11,5 = 11,5;$$

$$X_3 = K_3 \cdot X_1, K_3 = 1,2, X_3 = 1,2 \cdot 11,5 = 13,8;$$

$$X_4 = 25\text{дБ}$$

$$V_{100} = 80 - 11,5 - 11,5 - 13,8 - 25 = 18,2\text{дБ}$$

За таблицею 2 для селітебної зони допустимий рівень шуму в денний час складає 55 дБ. Розраховане значення рівню шуму – 18,2дБ, що не перевищує нормоване значення. (табл.3)

Відповідь. Рівень шуму від автомагістралі на відстані 100 м складає

18,2дБ, що не перевищує показники для автомагістралі для даної відстані.

Контрольні питання.

1. Які методи використовують для виміру шуму?
2. Від яких факторів залежить зменшення рівня шуму на магістралях?
3. Які заходи рекомендуються для зниження шуму?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №10

.СТАНДАРТИЗАЦІЯ. ДЕРЖАВНА СИСТЕМА СТАНДАРТИЗАЦІЇ.

Питання до обговорення

1. Основні поняття, терміни й визначення.
2. Класифікація чинних нормативних документів і стандартів.
3. Закон України «Про стандартизацію».
4. Порядок розроблення, прийняття та перегляду національних стандартів.
5. Міжнародний знак охорони авторського права.
6. Удосконалення державної системи стандартизації з метою вступу України до ВТО.
7. Гармонізація стандартів.
8. Загальні правила приймання в Україні міжнародних, регіональних і національних стандартів інших країн на терміни та визначення понять.
9. Перспективи міжнародної стандартизації.
10. ДСТУ ISO 9000-2001. Система управління якістю. Основні положення та словник.
11. Системи управління якістю (ISO 9001:2000, IDT). Упровадження стандартів ISO 9000 та отримання сертифікату ISO 9000. Виробничий технічний контроль якості.
12. Державний контроль і нагляд за дотриманням обов'язкових вимог стандартів.
13. Інтелектуальна власність – основа видавничого бізнесу.
14. Авторські права, міжнародні аспекти.
15. ДСТУ 3003:2006: Технологія поліграфічних процесів: Терміни та визначення понять.
16. ДСТУ 3017-95. Видання. Основні види. Терміни та визначення.
17. ДСТУ 3018-95. Терміни та визначення.

Контрольні питання

1. Коли і ким було прийнято Закон «Про стандартизацію»?
2. Які три ступені відповідності міжнародному може мати державний стандарт?
3. Скільки Державних стандартів України є чинними сьогодні в Україні?
4. Як позначаються Державні стандарти України?
5. Як розрізняють стандарти залежно від об'єктів стандартизації?
6. Що є основоположними нормативними документами?
7. Що є об'єктами стандартизації у методологічних стандартах?
8. Які розрізняють стандарти залежно від рівня суб'єкта стандартизації?
9. Як розшифровується ЄСКК? Що є її об'єктами?
10. Зі скількох стадій складається розроблення проекту стандарту ТК? Назвіть їх.
11. Що являє собою прийняття міжнародного (регіонального) стандарту?
12. Коли застосовуються норми міжнародного договору?
13. Що собою представляє гармонізація стандартів?
14. Які розрізняють види стандартів?
15. ISO – це?
16. Коли і ким було прийнято Закон «Про стандартизацію»?
17. Які три ступені відповідності міжнародному може мати державний стандарт?
18. Скільки Державних стандартів України є чинними сьогодні в Україні?

- а. Як позначаються Державні стандарти України?
19. Як розрізняють стандарти залежно від об'єктів стандартизації?
 20. Що є основоположними нормативними документами?
 21. На якій підставі створюються нормативні документи та стандарти?
 22. Від чого залежить зміст стандартів?
 23. Хто має дотримуватись обов'язкових вимог ДСТУ?
 24. Що відносять до необов'язкових вимог ДСТУ?
 25. Що таке регламент?
 26. Для кого стає обов'язковим застосування стандартів або їх окремих положень?
 27. До чого технічні регламенти та інші нормативно-правові акти встановлюють обов'язкові вимоги?
 28. Хто несе відповідальність за порушення обов'язкових вимог? Який характер має ця відповідальність?
 29. На підставі якого Закону України здійснюють державний контроль та нагляд?

САМОСТІЙНА РОБОТА

№ п/п	Тематика	К-сть годин
1	Теплове навантаження на довкілля і його гранично припустимі рівні.	2
2	Структура й основні механізми екологічного нормування.	2
3	Шкала оцінки відходів за ступенем вираженості біологічних ознак.	2
4	Територіальні нормативи питомих навантажень на довкілля.	2
5	Схема визначення класу небезпеки відходів.	2
6	Рівні шкідливого впливу фізичних та біологічних факторів.	2
7	Система стандартів із захисту довкілля від забруднення відходами.	2
8	Створення ефективної системи поводження з відходами на території вашого села, міста, громади.	2
9	Система стандартів з методів визначення забруднювальних речовин у ґрунтах.	2
10	Екологічно безпечні технології.	2
11	Нормування та стандартизація у сфері використання й охорони земель.	2
12	Основні стандарти з дослідження забруднювальних речовин у ґрунті.	2
13	Поводження з відходами та управління ними.	2
14	Видача дозволів різним промисловим об'єктам на індивідуальній основі з урахуванням місцевих умов.	2
15	Визначення класу небезпеки відходів за інтегральною оцінкою.	2
16	Вирішення проблеми твердих побутових відходів на рівні свого населеного пункту та повторне використання матеріалів (розробка проекту).	2
17	Гранично допустимий вміст шкідливих речовин у продуктах харчування; гранично допустимі викиди та скиди.	2
18	Екологічний контроль транспортних засобів і вантажів.	2
19	Нормативи гранично допустимих концентрацій (ГДК) забруднюючих речовин у довкіллі.	2
20	Нормування в сфері охорони навколишнього середовища.	2
21	Рівні допустимого шкідливого впливу на навколишнє природне середовище фізичних та біологічних речовин.	2
22	Гранично допустимі викиди у навколишнє середовище забруднювальних хімічних речовин.	2
23	Гранично допустимі рівні акустичного шкідливого впливу на навколишнє середовище.	2

24	Гранично допустимі рівні радіаційного шкідливого виливу на навколишнє середовище.	2
25	Гранично допустимі рівні шкідливого впливу біологічних факторів на природне середовище.	2
26	Гранично допустимі рівні шкідливого впливу фізичних факторів на природне середовище.	2
27	Гранично допустимі скиди у навколишнє середовище забруднювальних хімічних речовин.	2
28	Рівні допустимого шкідливого впливу на навколишнє середовище фізичних та біологічних речовин.	2
29	Обґрунтування і розрахунок санітарних зон підприємств.	2
30	Екологічна паспортизація об'єктів.	2
31	Гранично допустимі рівні електромагнітного шкідливого впливу на навколишнє середовище.	2
32	Екологічний паспорт підприємства.	2
33	Екологічний паспорт потенційно небезпечного об'єкта.	2
34	Екологічні нормативи з урахуванням економічних критеріїв.	2
35	Екологічні стандарти і екологічне нормування.	2
36	Оцінка екологічної небезпеки сировини і продукції.	2
37	Екологічна безпека продуктів харчування.	2
38	Стандарти з якості атмосферного повітря., якості питної води. Стандарти захисту населення і довкілля від викидів пересувних джерел.	2
Разом		76

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними і біологічними речовинами (ДСП-201-97) [Електронний ресурс] : офіц. вид. № 201, затвердж. МОЗ України від 09.07.97 р. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0201282-97#Text>. – Назва з екрана.
2. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів (ДСП-173-96). – К., 1994. – 33 с.
3. Інструкція про зміст та порядок складання звіту проведення інвентаризації викидів забруднюючих речовин на підприємстві [Електронний ресурс] : зареєстровано Мін-вом юстиції України 15.03.95 за № 61/597 / Мінекології України. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0061-95#Text>. – Назва з екрана.
4. Про затвердження Інструкції про загальні вимоги до оформлення документів, у яких обґрунтуються обсяги викидів, для отримання дозволу на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами для підприємств, установ, організацій та громадян-підприємців [Електронний ресурс] : затвердж. наказом Мінприроди України від 9.03.2006 р. за № 108. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0341-06#Text>. – Назва з екрана.
5. Про затвердження Інструкції 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 пливають на атмосферне повітря [Електронний ресурс] : затвердж. наказом Мінприроди України від 10.05.2002 р. за № 177. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0445-02#Text>. – Назва з екрана.
6. Інструкція щодо заповнення форм державних статистичних спостережень про охорону атмосферного повітря № 2-ТП(повітря) «Звіт про охорону атмосферного повітря»(річна) та № 2-ТП(повітря) «Звіт про охорону атмосферного повітря (квартальна) [Електронний ресурс] : затвердж. наказом Державного комітету статистики України від 20.10.2008 р. № 396. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0098-05#Text>. – Назва з екрана.
7. Беспаятов, Г.П. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде / Г.П. Беспаятов, Ю.А. Кротов. Л. : Химия, 2013. 528 с.
8. Білявський, Г.О. Основи екології : Теорія та практикум : навч. посіб. / Г. О. Білявський Л.І. Бутченко. К. : Лібра, 2006. –368 с.
9. Впровадження нового механізму регулювання викидів забруднюючих

речовин в атмосферне повітря / [за ред. В. Горбунова] ; Мін-во екології і природних ресурсів України, Донецька філія держ. екологіч. Ін-ту Мін-ва природи України. – Донецьк, 2011. – 244 с.

10. Джигирей, В.С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища : навч. посіб. / В.С. Джигирей. – К. : Знання, 2014. – 309 с.

11. Медведєв, В.В. Земельні ресурси України / В.В. Медведєв, Т.М. Лактіонова. – К. : Аграрна наука, 2014. – 143 с.

12. Максименко, Н.В. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище : навч.-методич. посіб. / Н.В. Максименко, Н.І. Черкашина, Е.О. Кочанов. – Харків : ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2011. – 92 с.

13. Методика розрахунку концентрацій в атмосферному повітря шкідливих речовин, які містяться у викидах підприємств. (ЗНД-86). – Л. : Гидрометеозидат, 1987. – 93 с.

14. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище : підручник [для студ. екологіч. спец. вищ. навч. закл.] / В.Ю. Некос, Н.В. Максименко, О.Г. Владимірова, А.Ю. Шевченко. – Вид. 2-ге допов. і перероб. – Харків : ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2017. – 288 с.

15. Про затвердження нормативів граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел [Електронний ресурс] : затвердж. наказом Мінприроди України від 27.06.2006 р. № 309. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0912-06#Text>. – Назва з екрана.

16. Про Порядок розроблення і затвердження нормативів гранично допустимого рівня впливу фізичних та біологічних факторів стаціонарних джерел забруднення на стан атмосферного повітря [Електронний ресурс] : Постанова Кабінету Міністрів України від 13 бер. 2012 р., № 300. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/300-2002-%D0%BF#Text>. – Назва з екрана.

17. Про схвалення Концепції Загальнодержавної програми поводження з відходами на 2013-2020 роки [Електронний ресурс] : розпорядж. Кабінету Міністрів України № 22-р від 3 січ. 2013 р. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/22-2013-%D1%80#Text>. – Назва з екрана.

18. Концепция экологического нормирования. – Харьков : Укр. НИИ экологич. проблем, 1986. – 18 с.

19. Типова методика визначення питомих викидів від основних виробництв по галузях промисловості. Основні положення [Електронний ресурс] : затвердж. заступником Міністра екології та природних ресурсів України М. Стеценко 25.12.2000 р. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/n0002556-00#Text>. – Назва з екрана.

20. Методика визначення розмірів плати і стягнення платежів за забруднення навколишнього природного середовища України [Електронний ресурс] . – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/n0001285-93#Text>. – Назва з екрана.

3 Оцінювання стану водних об'єктів за гідрохімічними показниками

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

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

Основне розрахункове рівняння виглядає таким чином:

$$\sum \frac{C_i}{ГДК_i} \leq 1, \quad (4.1)$$

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

$ГДК_i$ - гранично допустима концентрація даної речовини для певного типу використання водойми.

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

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

$$ІЗВ = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 \frac{C_i}{ГДК_i}, \quad (4.2)$$

де C_i і $ГДК_i$ - концентрація і гранично припустима концентрація кожного з 6 інгредієнтів.

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

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

1. П1 - характеризується повторюваністю вмісту у воді забруднюючих інгредієнтів вище 1 ГДК, але менше 10ГДК.
2. П10 - повторюваність вмісту у воді забруднюючих інгредієнтів вище 10ГДК.
3. П30 - вище 30 ГДК.
4. П50 - вище 50 ГДК.

5. П100 - вище 100 ГДК.

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

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

3.1 Оцінювання стану водних об'єктів за гідробіологічними показниками

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

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

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

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

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

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

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

Виділяють такі зони:

- перша зона, олігосапробна;
- друга зона, β -мезосапробна;
- третя зона, α -мезосапробна;
- четверта зона, полісапробна.

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

Limnodrilus hoffmeisteri, *Tubifex tubifex* (трубочник). З класу комах - ряд двокрилих *Chironomus plumosus* (мотиль), *Chironomus thummi*.

β-мезосапробна зона характеризується великим вмістом синьо-зелених водоростей - *Oscillatoria splendida*, діатомових водоростей - рід *Nischia sp.*, зелених водоростей - *Chlamidomonas ehrenbergu*, *Closterium sp.*, *Cosmorium*, *Enteromorphaintestinalis*. Присутні інфузорії - *Ciliata*, найпростіші - Protozoa: *Vorticella convalaria*, *Corchesium polypinum*, *Stylonichiamytilus*, коловертки - *Rotatoria*, *Brachionus rubens*, *Rotatoria rotatoria*. Поширені двостулкові молюски - *Bivalvia*, *Spharium corneum*, *Spharium revicula*, брюхоногі молюски - *Gastropoda*, *Physa fontinalis*.

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

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

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

За допомогою методу Пантле-Букка можна оцінити якість води за різними екологічними групами: фіто- і зоопланктоном, зообентосом та ін. (таблиця 7.1). При розрахунку індексу сапробності враховується не тільки сапробність організму-індикатора, але і його чисельність у даному співтоваристві. Формула для розрахунку індексу сапробності Пантле-Букка має такий вигляд:

$$S = \sum_{i=1}^j S_i h_i / \sum_{i=1}^j h_i , \quad (4.3)$$

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

S_i - ступінь сапробності i -го організму-індикатора; h_i - відносна чисельність i -го організму-індикатора; j - число видів-індикаторів у даній пробі.

Таблиця 4.1 - Шкала оцінювання якості вод за індексом сапробності Пантле-Букка

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

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

3.2 Визначення рівнів токсичного забруднення

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

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

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

$$K_H = C_b / C_v, \quad (4.4)$$

де K_H - коефіцієнт нагромадження;

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

$$K_H = C_b / C_d, \quad (4.5)$$

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

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

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

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

Основні напрямки в області біотестування розвиваються на основі двох концепцій.

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

Токсичність сублетальних концентрацій біологічно небезпечних речовин визначається на основі комплексу ранніх реакцій. Використання системи біотестів оснований на знанні тривалості і меж відхилення показників від вихідного рівня, що залежить від властивостей і концентрації речовини, екологічної валентності виду й ін. Як тест-об'єкти можуть виступати різні групи організмів - від бактерій, водоростей і найпростіших до різних видів риб (приклад біотестування на дафніях наводиться в таблиці 4.2).

Таблиця 4.2 - Встановлення рівня токсичного забруднення водних мас за даними біотестування на дафніях

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

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

3.3 Класифікація якості поверхневих вод за мікробіологічними показниками

Оцінювання якості поверхневих вод за мікробіологічними показниками також можна віднести до методів біоіндикації. Висока чутливість мікробіологічних

показників до наявності у воді забруднень дозволяє широко використовувати їх при контролі як природних вод, так і якості очищення стічної води.

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

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

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

Кишкова паличка (*Bact. coli*) - мікроорганізм, що постійно живе в кишечнику людини і тварин і сам по собі нешкідливий. Однак кишкова паличка і родинні їй мікроорганізми (*Bact. paracoli*, *Bact. cloacae* і ін.) свідчать про забруднення води фекальними масами і різними покидьками і є загальновизнаним показником забруднення водойми. Для характеристики якості води визначають колі-індекс, тобто кількість колі-бактерій у 1000 мл води, і колі-титр, тобто кількість води, у якому міститься 1 бактерія. Відповідно до норм колі-індекс повинен бути не більше трьох, а колі-титр - не менше 333 мл [6]. Класифікація якості вод суші за мікробіологічними показниками подана в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 - Класифікація якості вод суші за мікробіологічними показниками

Клас вод	Ступінь забрудненості вод	Загальна кількість бактерій, млн. клітин/мл	Сапрофітні бактерії, 1000 клітин/мл	Відношення загальної кількості бактерій до кількості сапрофітних бактерій
1	Дуже чисті	до 0,5	до 0,1	10^3
2	Чисті	0,6-1,0	0,6-5,0	10^3
3	Помірно забруднені	1-3	5-10	10^2-10^3
4	Забруднені	3,1-5	10,1-50	10^2
5	Брудні	5,1-10	50,1-100	10^2
6	Дуже брудні	більше 10	більше 100	10^2

Приклад 1

У результаті скиду завислих речовин у відкриту водойму здійснюється її забруднення. Визначити: необхідну ефективність очищення стічних вод за завислими речовинами.

Вихідні дані:

- вихідна концентрація завислих речовин у стічній воді – 180 мг/л ;
- витрати води водойми – $12\text{ м}^3/\text{с}$;
- витрати стічних вод – $0,5\text{ м}^3/\text{с}$;
- коефіцієнт змішування – 0,3;
- фонові концентрації завислих речовин – 15,95 мг/л;
- категорія водойми - 1-ша рибогоподарська.

Розв'язок

1. Концентрація граничнодопустимого скиду завислих речовин визначається за формулою:

$$C_{\text{з\text{д}c}} = C_{\text{lim}} \left(\frac{aQ}{q} + 1 \right) + C_{\text{ф}} \quad (1)$$

де C_{lim} – допустиме за санітарними нормами збільшення концентрації завислих речовин у водоймі після скиду стічних вод, мг/л;

$C_{\text{ф}}$ – фонові концентрації завислих речовин, мг/л .

За нормативними документами беремо $C_{\text{lim}} = 0,25$ мг/л для водойм 1-ї рибогоподарської категорії:

$$C_{\text{з\text{д}c}} = 0,25 \left(\frac{0,3 \cdot 12}{0,5} + 1 \right) + 15,95 = 18 \text{ мг/л} .$$

2. Визначимо ступінь очищення стічних вод за формулою 2:

$$D = \frac{C_{\text{поч}} - C_{\text{з\text{д}c}}}{C_{\text{поч}}} \cdot 100 \quad (2)$$

де $C_{\text{поч}}$ – вихідна концентрація завислих речовин, мг/л .

$$D = \frac{180 - 18}{180} \cdot 100 = 90\%$$

Приклад 2

У результаті скиду органічних речовин здійснюється забруднення водойми. Визначити: необхідну ефективність очищення стічних вод за БСК.

Вихідні дані:

- вихідна БСК стічної води ($L_{\text{поч}}$) – 160 мг/л ;
- витрати води водойми (Q) – 15 м³/с;
- витрати стічних вод (q) – 0,7 м³/с;
- коефіцієнт змішування (a) – 0,4;
- фонові БСК ($L_{\text{р}}$) – 2,5 мг/л ;
- період добігання стічних вод до розрахункового створу (t) 0,5 доб.;
- швидкість поглинання кисню стічною водою ($K_{\text{ст}}$) – 0,1 1/доб;
- швидкість поглинання кисню річковою водою ($K_{\text{р}}$) – 0,06 1/доб;
- граничнодопустиме БСК води водойми ($L_{\text{гд}}$) – 3 мг/л .

Розв'язок

Концентрація граничнодопустимого скиду органічних речовин за БСК визначається за формулою:

$$L_{\text{сск}} = \frac{aQ}{q \cdot 10^{-k_{\text{см}} \cdot t}} (L_{\text{нд}} - L_{\text{р}} \cdot 10^{-k_{\text{р}} \cdot t}) + \frac{L_{\text{гд}}}{10^{-k_{\text{см}} \cdot t}} \quad (3)$$

Визначимо концентрацію граничнодопустимого скиду

$$L_{cc} = \frac{0,4 \cdot 15}{0,7 \cdot 10^{-0,1 \cdot 0,5}} (3 - 2,5 \cdot 10^{-0,06 \cdot 0,5}) + \frac{3}{10^{-0,1 \cdot 0,5}} = 9,36 \text{ мг/л} .$$

Визначимо ступінь очищення стічних вод за формулою 4:

$$D = \frac{L_{noc} - L_{cc}}{L_{noc}} \cdot 100 \quad , \quad (4)$$

де L_{noc} – вихідна БСК стічної води, мг/л.

$$D = \frac{160 - 9,36}{160} \cdot 100 = 94,15\%$$

Приклад 3

Сільгоспідприємство має масив зрошення площею 600 га. Дренажний модуль масиву зрошення – 3 м³/добу·га, модуль поверхневого стоку – 12 м³/добу·га. Концентрація нітратів у дренажному стоці на першій ділянці площею 200 га – 25 мг/л, на другій ділянці площею 400 га – 20 мг/л; у поверхневому стоці відповідно по ділянках 5 і 3 мг/л. Фонова концентрація нітратів у річці (на ділянці до меліоративного покращення земель) – 3 мг/л, витрата води у річці в розрахунковий період – 2 м³/с. Визначити середню концентрацію нітратів у річці на ділянці виносу з масиву зрошення.

Розв'язок

Середня концентрація нітратів у водоприймачі після надходження в нього поверхневого і дренажного стоків визначається за формулою 5, мг/л:

$$C_{NO} = \frac{Q_p C_p + \sum_{i=1}^N C_{dp_i} \cdot Q_{dp_i} \cdot F_i + \sum_{i=1}^M C_{нов_i} \cdot Q_{нов_i}}{Q_p + \sum_{i=1}^N Q_{dp_i} \cdot F_i + \sum_{i=1}^M Q_{нов_i} \cdot F_i} \quad (5)$$

де Q_p – витрата води в водоприймачі в розрахунковий період, л/с;

C_p – фонові концентрація нітратів у воді водоприймача у створі перед ділянкою зрошення (осушення), мг/л;

$C_{дрі}$, $C_{пові}$ – концентрація нітратів відповідно в дренажному і поверхневому стоці з сільгоспугідь, мг/л;

F_i – зрошувана (дренована) площа, га;

$Q_{др}$, $Q_{пов}$ – модуль відповідно дренажного й поверхневого стоку, л/добу га

N – кількість ділянок дренажного стоку;

M – кількість ділянок поверхневого стоку.

Усі кількісні показники переводимо в одну систему одиниць, а потім підставляємо до формули (5):

$$C_{NO_3} = \frac{2000 \cdot 3 + (25 \cdot 3000 \cdot 200 + 20 \cdot 3000 \cdot 400) + (5 \cdot 12000 \cdot 200 + 3 \cdot 12000 \cdot 400)}{2000 + (3000 \cdot 200 + 3000 \cdot 400)_i + (12000 \cdot 200 + 12000 \cdot 400)} = 7,3 \text{ мг/л} .$$

Висновок. При даних конкретних значеннях витрат річки і незначному фоновому вмісті нітратів концентрація останніх у воді на ділянці річки в районі масиву зрошення збільшується не набагато (на 4,3 мг/л), а загальний вміст нітратів - відчутно менше ГДК по цьому інгредієнту для водойм господарсько-питного призначення (40 мг/л), тому проведення спеціальних водоохоронних заходів не потрібне.

Приклад 4

Розрахуйте гранично допустимий скид нітратів із стічними водами підприємства у річку рибогосподарського використання, якщо фонові і природні концентрації нітратів у воді водного об'єкту складають відповідно 10,0 мг/дм³ і 8,0 мг/дм³, гранично допустима концентрація нітратів дорівнює 40,0 мг/дм³, фактична концентрація нітратів у скиді – 56,1 мг/дм³. Витрата стічної води – 0,340 м³/с. Кратність загального розбавлення стічної води у контрольному створі дорівнює 2,65. Відстань від місця випуску стічних вод до контрольного створу – 800 м. Середня швидкість течії річки 0,2 м/с. Коефіцієнт неконсервативності для нітратів дорівнює 0,110 доба⁻¹.

Дано:

$$C_{\text{фон}} = 15,0 \text{ мг/дм}^3$$

$$C_{\text{пр}} = 10,0 \text{ мг/дм}^3$$

$$C_{\text{ГДК}} = 40,0 \text{ мг/дм}^3$$

$$C_{\text{факт}} = 56,1 \text{ мг/дм}^3$$

$$q = 0,340 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$n = 2,65$$

$$l = 800 \text{ м}$$

$$w = 0,2 \text{ м/с}$$

$$k = 0,110 \text{ доба}^{-1}$$

$$\text{ПДС} - ?$$

Алгоритм:

1. Визначити час переміщення стічної води від місця випуску до контрольного створу:

$$t = \frac{l}{w}, \text{ с}$$

2. Переводимо секунди в добу:

$$\frac{t}{3600 \cdot 24}, \text{ доб}$$

3. Розраховуємо допустиму до скидання концентрацію забруднюючої речовини у воді:

$$C_{\text{ПДС}} = n \left((C_{\text{ГДК}} - C_{\text{пр}}) e^{kt} - C_{\text{фон}} + C_{\text{пр}} \right) + C_{\text{фон}}, \text{ мг/дм}^3$$

4. Порівнюємо фактичну концентрацію нітратів у стічній воді з допустимою до скиду. якщо $C_{\text{факт}} < C_{\text{ПДС}}$, то в якості допустимої до скиду приймаємо фактичну.

5. Розраховуємо гранично допустимий скид нітратів зі стічними водами підприємства в річку рибогосподарського користування:

$$ПДС = C_{ПДС} \cdot q, \text{ г/с (г/год)}$$

Рішення:

$$1. t = \frac{800}{0,2} = 4000 \text{ с}$$

$$2. t = \frac{4000}{3600 \cdot 24} = 0,046 \text{ доб}$$

$$3. C_{ПДС} = 2,65 \left((40,0 - 10,0) 2,72^{0,11 \cdot 0,046} - 15,0 + 10,0 \right) + 15,0 = 56,5 \text{ мг/дм}^3$$

4. Оскільки $C_{факт} < C_{ПДС}$ ($56,1 < 56,5$), то в якості допустимої до скиду приймаємо фактичну $C_{факт} = 56,1 \text{ мг/дм}^3$.

$$5. ПДС = 56,1 \cdot 0,280 = 15,708 \text{ г/с} = 56548,8 \text{ г/год}$$

Відповідь: гранично допустимий скид нітратів зі стічними водами підприємства в річку рибогосподарського користування становить 15,708 г/с або 56548,8 г/год

Завдання:

1. У результаті скиду завислих речовин здійснюється забруднення водойми. Визначити: необхідну ефективність очищення стічних вод за завислими речовинами та БСК і граничнодопустимий скид речовин у водойму. Вихідні дані щодо розрахунку параметрів наведені у табл. 4.5.

Умовні позначення у табл. 4.5:

Q – витрати води водойми, $\text{м}^3/\text{с}$;

q – витрати стічних вод, $\text{м}^3/\text{с}$;

a – коефіцієнт змішування ;

$C_{ф}$ – фонові концентрації завислих речовин, мг/л ;

C_{lim} – допустиме за санітарними нормами збільшення концентрації завислих речовин у водоймі після скиду стічних вод, мг/л ;

t – період добігання стічних вод до розрахункового створу, днів;

$K_{ст}$ – швидкість поглинання кисню стічною водою, $1/\text{доб.}$;

$K_{р}$ – швидкість поглинання кисню річковою водою, $1/\text{доб.}$;

$L_{р}$ – БСК річкової води до місця скиду стоків, мг/л ;

$L_{гд}$ – граничнодопустиме БСК суміші річкової води і стічної води в розрахунковому створі, мг/л .

Для всіх варіантів брати:

- вихідна концентрація завислих речовин у стічній воді – 100 мг/л ;
- вихідна БСК у стічній воді – 200 мг/л.

Таблиця 4.5 – Вихідні дані щодо розрахунку параметрів

Варіант	Q, м ³ /с	q, м ³ /с	a, б/р	C _{lim} , мг/л	C _ф , г/м ³	K _{ст} , 1/доб	K _р , 1/доб	t, доб	L _{гд} , мг/л	L _р , мг/л
1	15	0.5	0.1	0.25	15	0.1	0.06	0.4	3.0	2.0
2	20	0.6				0.15	0.09	0.5	3.0	
3	25	0.8				0.09	0.08	0.6	3.0	
4	28	1				0.1	0.07	1	3.0	
5	30	1.2				0.15	0.063	1.2	6.0	
6	35	0.4	0.2	0.75	17	0.2	0.06	0.3	3.0	2.3
7	12	0.65				0.15	0.07	0.4	3.0	
8	16	0.7				0.13	0.03	0.5	3.0	
9	20	0.85				0.1	0.02	0.6	3.0	
0	26	1.1				0.12	0.04	1	3.0	

2. Розрахувати забруднення водного об'єкту нітратами від сільськогосподарського підприємства, якщо воно має масив зрошення загальною площею F, який розділений на 2 однакові ділянки.

Дренажний модуль масиву зрошення - $Q_{др}$, (м³/добу га), модуль поверхневого стоку $Q_{пов}$, (м³/добу га). Концентрація нітратів у дренажному стоці для всіх варіантів складає:

- на першій ділянці - 25 мг/л;
- на другій ділянці - 20 мг/л.

У поверхневому стоці концентрація нітратів дорівнює відповідно по ділянках $C_{пов1}$ й $C_{пов2}$ (згідно з варіантом). Фонова концентрація нітратів у річці (на ділянці до меліоративного покращення земель) C_p дорівнює 3 мг/л, витрата води в річці в розрахунковий період – Q_p , м³/с. Визначити середню концентрацію нітратів у річці на ділянці виносу з масиву зрошення. Кількість ділянок дренажного стоку складає -

2. Кількість ділянок поверхневого стоку -2.

Умовні позначення у таблиці 4.6:

Q_p - витрата води у водоприймачі в розрахунковий період, м³/с;

$C_{пові}$ - концентрація нітратів відповідно в дренажному і поверхневому стоці з сільськогосподарських угідь, мг/л;

F - зрошувана (дренована) площа, га;

$Q_{др}$, $Q_{пов}$ - модуль відповідно дренажного й поверхневого стоку, л/добу· га.

Таблиця 4.6 – Вихідні дані щодо розрахунку концентрації нітратів

Варіант	Площа, F, га	C _{пов1} , мг/л	C _{пов 2} мг/л	Витрата води у річці Q _p , м ³ /с	Q _{др} , м ³ /доб·га	Q _{пов} , м ³ /доб·га
1	600	2	3	5	2.5	12.1
2	400	3	4	7	2.7	12.5
3	680	5	6	8	2.4	11.6
4	650	7	8	9	2.3	11.4
5	500	9	10	10	2.5	11.1
6	700	1	2	12	3.1	13.5
7	800	3	4	11	2.75	13
8	300	2	3.5	8	2.55	12.2
9	550	2.5	3.1	15	2.6	12.4
0	630	3.2	5	20	2.4	12.7

3. Розрахуйте гранично допустимий скид нітратів із стічними водами підприємства у річку рибогосподарського використання, якщо фонові і природна фонові концентрації нітратів у воді водного об'єкту складають відповідно 15,0 мг/дм³ і 10,0 мг/дм³, гранично допустима концентрація нітратів дорівнює 40,0 мг/дм³, фактична концентрація нітратів у скиді – 48,1 мг/дм³. Витрата стічної води – 0,280 м³/с. Кратність загального розбавлення стічної води у контрольному створі дорівнює 2,65. Відстань від місця випуску стічних вод до контрольного створу – 500 м. Середня швидкість течії річки 0,1 м/с. Коефіцієнт неконсервативності для нітратів дорівнює 0,110 доба⁻¹.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Конспект лекцій навчальної дисципліни «Нормування антропогенного навантаження на природне середовище» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) ступеня вищої освіти ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 183 «Технології захисту навколишнього середовища» у галузі знань 18 «Виробництво та технології» / Уклад.: В.М. Бабакін, В.Ю. Колосков, О.М. Кондратенко, О. М Серікова. Х.: НУЦЗ України, 2023. 135 с.
2. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище/ Курсове проектування: навчальний посібник / [В.Г. Петрук, І.В. Васильківський, В.А. Іщенко, П.М. Турчик, С.М. Кватернюк]. Вінниця: ВНТУ, 2019. 146 с.
3. Клименко Г.О. Нормування антропогенного навантаження. Методичні рекомендації до виконання курсової роботи для студентів 3 курсу денної форми спеціальності: 101 Екологія. ОС «Бакалавр». Суми: СНАУ, 2019. 23 с.
4. Владимирова О.Г., Сапко О.Ю. Нормування антропогенного навантаження на природне середовище: конспект лекцій. Одеса, 2019. 103 с.
5. Клименко Г.О., Шерстюк М.Ю. Нормування антропогенного навантаження. Навчальний посібник (завдання для ЛПЗ). Частина 2. для студентів 3 курсу факультету агротехнологій та природокористування, спеціальності 101 «Екологія», ОС «Бакалавр», денної форми навчання Суми: Сумський національний аграрний університет, 2018. 59 с.
6. Клименко Г.О., Шерстюк М.Ю. Нормування антропогенного навантаження. Навчальний посібник (завдання для самостійної роботи) Частина 3. для студентів 3 курсу факультету агротехнологій та природокористування, спеціальності 101 «Екологія», ОС «Бакалавр», денної форми навчання Суми: Сумський національний аграрний університет, 2018. 135 с.
7. Клименко Г.О., Шерстюк М.Ю. Нормування антропогенного навантаження. Навчальний посібник (РНП, конспект лекцій). Частина 1. для студентів 3 курсу факультету агротехнологій та природокористування, спеціальності 101 «Екологія», ОС «Бакалавр», денної форми навчання – Суми: Сумський національний аграрний університет, 2018. 75 с.
8. Максименко Н.В. Владимирова О.Г., Шевченко А.Ю., Кочанов Е.О. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище : підручник для студентів вищих навчальних закладів. 3-тє вид., доп. і перероб. Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2019. 264 с.
9. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище : підручник для студентів вищих навчальних закладів / [Н. В. Максименко, О. Г. Владимирова, А. Ю. Шевченко, Е. О. Кочанов]. 3-тє вид., доп. і перероб. –Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2016. 264 с.
10. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище. Навчальний посібник з практичних (семінарських) занять [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 101 «Екологія» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Т. О. Шаблій, Л. В. Сіренко, М. Д. Гомеля. – Електронні текстові дані. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 51 с.
11. Петровська М. Нормування якості довкілля: навчальний посібник. Львів: ЛНУ ім. Івана Франка, 2017. 300 с.

Інформаційні ресурси

1. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України

<http://www.menr.gov.ua/>.

2. Державна служба з надзвичайних ситуацій <https://www.dsns.gov.ua/>.

3. Рада національної безпеки і оборони України <https://www.rnbo.gov.ua/>

2. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище. Курсове проектування : навчальний посібник / В. Г. Петрук, І. В. Васильківський, С. М. Кватернюк та ін. – Вінниця : ВНТУ, 2014. 112 с. // [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://eco.com.ua/sites/eco.com.ua/files/lib1/navch_mat/vidhody/norm/norm_all.pdf.

3 Методичні вказівки до виконання завдань навчальної практики з дисципліни «Нормування антропогенного навантаження на природне середовище» (атмосферне повітря). Одеса, ОДЕУ, 2018. 97 с. // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://goo.su/4xhZ>.