

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



ЕКОЛОГІЯ

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

для студентів освітньо-професійної програми «Хімічні технології та інженерія» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

Дніпро
НТУ «ДП»
2021

Екологія. Методичні рекомендації до виконання практичних робіт для студентів освітньо-професійної програми «Хімічні технології та інженерія» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти [Текст] / І.Г. Миронова, О.О. Борисовська; НТУ «Дніпровська політехніка». – Дніпро: НТУ «ДП», 2021. – 43 с.

Автори:

І.Г. Миронова, канд. техн. наук, доц.

О.О. Борисовська, канд. техн. наук, доц.

Затверджено методичною комісією з спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія (протокол № 3 від 22.02.2021) за поданням кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища (протокол № 7 від 12.02.2021).

Подано методичні рекомендації до виконання практичних робіт для студентів освітньо-професійної програми «Хімічні технології та інженерія» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. Розглянуто теоретичні положення та практичні навички щодо розрахунку та оцінювання рівня забруднення навколишнього середовища.

Відповідальний за випуск завідувач кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища, д.т.н., проф. А.В. Павличенко

©Миронова І.Г., Борисовська О.О.
НТУ «Дніпровська політехніка», 2021

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Методичні рекомендації призначені для закріплення теоретичних знань, набутих студентами в лекційному курсі, а також формування практичних навичок щодо оволодіння навичками розраховувати та оцінювати рівень забруднення навколишнього середовища задля безпеки персоналу та навколишнього середовища під час професійної діяльності у сфері хімічної інженерії.

Методичні рекомендації включають практичні роботи, текст яких викладено за типовою структурною схемою – тема, мета роботи, подання теоретичних положень за темою, завдання для самостійного виконання та питання для самоконтролю.

В результаті виконання практичних робіт студенти повинні набути практичні навички з:

- оволодіння методом розрахунку параметрів розсіювання забруднювальних речовин в атмосферному повітрі від промислових підприємств;
- будування епіюра розсіювання шкідливих речовин в атмосферному повітрі;
- надання навичок розраховувати та оцінювати рівень забруднення атмосферного повітря відпрацьованими газами автомобілів, враховуючи концентрацію окису вуглецю;
- оволодіння методом розрахунку річного обсягу поверхневого стоку з території міст;
- оволодіння методикою оцінювання ступеня хімічного забруднення ґрунтів міських територій;
- будування теоретичного спектру забруднення ґрунтів важкими металами.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №1

РОЗРАХУНОК РОЗСІЮВАННЯ В АТМОСФЕРІ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН

Мета роботи: набуття навичок розрахунку параметрів розсіювання речовин, що забруднюють атмосферне повітря, від промислових підприємств.

1.1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Розсіювання в атмосферному повітрі викидів промислових підприємств, що викидаються із труб, підпорядковується законам турбулентної дифузії. На процес розсіювання викидів суттєвий вплив має стан атмосфери, місцезнаходження підприємств і джерел викидів, характер місцевості, фізичні і хімічні властивості речовин, що викидаються, висота джерела, діаметр устя і т.п. Горизонтальне переміщення домішок визначається в основному швидкістю вітру, а вертикальне – розподіленням температур у вертикальному напрямку.

Основним документом, який регламентує розрахунок розсіювання і визначення приземних концентрацій викидів промислових підприємств є «Методика розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі забруднюючих речовин, які містяться у викидах підприємств ОНД-86». В основу методики покладена умова, при якій найбільша концентрація кожної забруднюючої речовини C_m (мг/м³) в приземному шарі атмосфери не повинна перевищувати максимально разової гранично допустимої концентрації (ГДК) даної речовини в атмосферному повітрі:

$$C_m \leq \text{ГДК}. \quad (1.1)$$

ГДК – це показник безпечного рівня вмісту шкідливих речовин у довкіллі. ГДК – це максимальна кількість шкідливої речовини в одиниці об'єму або маси у водному, повітряному чи ґрунтовому середовищах, що майже не впливає на здоров'я людини. ГДК встановлюються: а) у законодавчому порядку, б) як норматив, що рекомендується компетентними організаціями.

Ступінь небезпечності забруднення приземного шару атмосферного повітря викидами забруднюючих речовин визначається за найбільшим розрахованим значенням приземної концентрації забруднюючих речовин C_m , яке може встановлюватися на певній відстані від місця викиду, що відповідає найбільш несприятливим метеорологічним умовам (коли швидкість вітру досягає небезпечного значення U_m , спостерігається інтенсивний вертикальний турбулентний обмін та ін.).

Крім організованих джерел, значна частка викидів припадає на неорганізовані джерела забруднення атмосфери. Відповідно до типової методики визначення питомих викидів від основних виробництв за галузями промисловості «неорганізований викид» – промисловий викид, який надходить в атмосферне повітря у вигляді ненаправлених потоків газопилової суміші в результаті порушення герметичності обладнання, відсутності або незадовільної роботи обладнання по відведенню газопилової суміші в місцях перевантаження,

вивантаження або зберігання продукту. У відповідності з цим визначенням за «джерело неорганізованих викидів» приймається джерело надходження в атмосферу забруднюючих речовин, які утворюються в результаті виробничої діяльності, яке не має спеціальних приладів для вловлювання та виводу забруднюючих речовин в атмосферу.

Факел викиду і розподілу газів в атмосфері наведено на рис. 1.1.

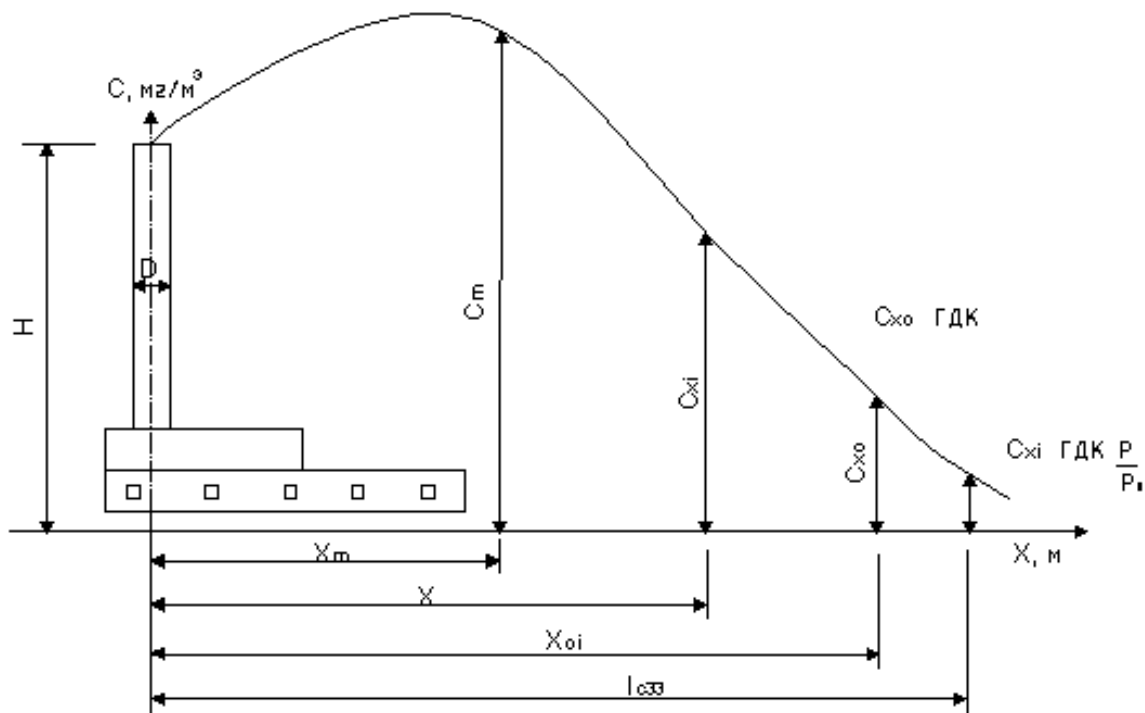


Рис.1.1. Факел викиду і поширення газів в атмосфері

1.2. МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ РОЗСІЮВАННЯ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН В АТМОСФЕРІ

1. Розрахунок максимальної приземної концентрації забруднюючих речовин в атмосфері при небезпечній швидкості вітру U_m .

Максимальна приземна концентрація забруднюючих речовин для викиду нагрітої газоповітряної суміші із одиничного (точкового) джерела з круглим устям при несприятливих метеорологічних умовах на відстані X_m (м) від джерела повинна визначатися за формулою:

$$C_m = \frac{AMFmn}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \Delta T}}, \text{ мг/м}^3 \quad (1.2)$$

де A – коефіцієнт, який залежить від температурної стратифікації атмосфери і визначає умови вертикального і горизонтального розсіювання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі, $\text{с}^{2/3} \cdot \text{мг} \cdot \text{град}^{1/3} / \text{г}$; M – кількість забруднюючої речовини, що викидається в атмосферу, г/с; F – безрозмірний коефіцієнт, який враховує швидкість осідання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі; m і n – безрозмірні коефіцієнти, які враховують умови

виходу газоповітряної суміші із устя джерела викиду; H – висота джерела над рівнем землі, м; ΔT – різниця між температурою газоповітряної суміші, яка викидається T , і температурою оточуючого атмосферного повітря T_n , °C; V_I – об’єм газоповітряної суміші, м³/с.

Об’єм газоповітряної суміші визначається за формулою:

$$V_I = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot W_0, \quad (1.3)$$

де D – діаметр устя джерела викиду, м; W_0 – середня швидкість виходу газоповітряної суміші із джерела викиду, м/с.

Коефіцієнт A (с^{2/3}·мг·град^{1/3}/г) повинен прийматися для несприятливих метеорологічних умов, при яких концентрації забруднюючих речовин в атмосферному повітрі від джерела викиду досягають максимального значення [$A=160$; для розміщених на Україні джерел висотою менше 200 м в зоні від 50° до 52° пн. ш. $A=180$ (Чернігівська, Сумська, Київська, Волинська, Рівненська, Житомирська області), а південніше 50° пн. ш. $A=200$].

Величини M і V_I розраховуються в технологічній частині або приймаються відповідно до діючих для даного виробництва (процесу) нормативів.

Величину ΔT (°C) необхідно визначити, приймаючи температуру оточуючого атмосферного повітря T_n за середньою температурою зовнішнього повітря о 13 год. найбільш спекотного місяця (25,2°C), а температуру газоповітряної суміші, яка викидається в атмосферу T_g – за діючими для даного виробництва технологічними нормативами.

Значення безрозмірного коефіцієнта F повинні прийматися:

1). для газоподібних забруднюючих речовин (сірчистого газу, сірковуглецю і т.д.) і дрібнодисперсних аерозолів (пилу, золи і т.п., швидкість упорядкованого осідання яких практично дорівнює нулю) $F=1$;

2). для пилу і золи, якщо середній експлуатаційний коефіцієнт очищення дорівнює:

- не менше 90% $F=2$;
- від 75 до 90% $F=2.5$;
- менше 75% $F=3$.

Безрозмірний коефіцієнт m визначається за формулою:

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f} + 0,1 \cdot \sqrt{f}} \quad (1.4)$$

в залежності від параметра, м/(с²·град), що обчислюється за формулою:

$$f = \frac{1000 \cdot W_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T} \quad (1.5)$$

Значення безрозмірного коефіцієнта n визначається за формулами (1.6) – (1.8) у залежності від параметра V_m , що обчислюється за формулою (1.9).

$$\text{При } V_m \leq 0,3 \quad n = 3; \quad (1.6)$$

$$\text{при } 0,3 < V_m \leq 2 \quad n = 3 - \sqrt{(V_m - 0,3) \cdot (4,36 - V_m)}; \quad (1.7)$$

$$\text{при } V_m > 2 \quad n = 1; \quad (1.8)$$

$$\text{де} \quad V_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}}. \quad (1.9)$$

2. *Розрахунок відстані X_m від джерела викиду при небезпечній швидкості вітру U_m .*

Максимальна приземна концентрація забруднюючих речовин C_m при несприятливих метеорологічних умовах досягається на осі факелу викиду (за напрямом середнього вітру за даний період) на відстані X_m (м) від джерела викиду.

Величина X_m повинна визначатися за формулою:

$$X_m = dH, \text{ м}, \quad (1.10)$$

де d – безрозмірна величина, визначається за формулами:

$$\text{при } V_m \leq 0,5 \quad d = 2,48(1 + 0,28\sqrt[3]{f}); \quad (1.11)$$

$$\text{при } 0,5 < V_m \leq 2 \quad d = 4,95V_m(1 + 0,28\sqrt[3]{f}); \quad (1.12)$$

$$\text{при } V_m > 2 \quad d = 7\sqrt{V_m}(1 + 0,28\sqrt[3]{f}). \quad (1.13)$$

Коли безрозмірний коефіцієнт $F \geq 2$, розмір X_m визначається за формулою:

$$X_m = \frac{5 - F}{4} d, \text{ м}. \quad (1.14)$$

3. *Розрахунок небезпечної швидкості вітру U_m .*

Небезпечна швидкість вітру U_m (м/с) на рівні флюгера (звичайно 10 м від рівня землі), при якій має місце найбільше значення приземної концентрації забруднюючих речовин в атмосферному повітрі C_m , повинна прийматися:

$$\text{при } V_m \leq 0,5 \quad U_m = 0,5; \quad (1.15)$$

$$\text{при } 0,5 < V_m \leq 2 \quad U_m = V_m; \quad (1.16)$$

$$\text{при } V_m > 2 \quad U_m = V_m \left(1 + 0,12\sqrt[3]{f}\right). \quad (1.17)$$

4. Розрахунок максимальної приземної концентрації забруднюючих речовин в атмосфері при швидкості вітру U .

Максимальна приземна концентрація забруднюючої речовини C_{MH} (мг/м³) при несприятливих метеорологічних умовах і швидкості u (м/с), що відрізняється від небезпечної швидкості вітру U_m , визначається за формулою:

$$C_{MH} = r \cdot C_M, \quad (1.18)$$

де r – безрозмірна величина, що визначається в залежності від відношення u/U_m за формулами:

$$\text{при } u/U_m \leq 1 \quad r = 0,67 \left(\frac{u}{U_m}\right) + 1,67 \left(\frac{u}{U_m}\right)^2 - 1,34 \left(\frac{u}{U_m}\right)^3; \quad (1.19)$$

$$\text{при } u/U_m > 1 \quad r = \frac{3 \left(\frac{u}{U_m}\right)}{2 \left(\frac{u}{U_m}\right)^2 - \left(\frac{u}{U_m}\right) + 2}. \quad (1.20)$$

5. Розрахунок відстані X_{MH} від джерела викиду при швидкості вітру U .

Відстань від джерела викиду X_{MH} (м), на якій при швидкості вітру u і несприятливих метеорологічних умовах приземна концентрація досягає максимального значення C_{MH} (мг/м³), повинна визначатися:

$$X_{MH} = p \cdot X_M, \quad (1.21)$$

де p – безрозмірна величина, що визначається в залежності від відношення u/U_m за формулами:

$$\text{при } u/U_m \leq 0,25 \quad p = 3; \quad (1.22)$$

$$\text{при } 0,25 < u/U_m \leq 1 \quad p = 8,43 \left(1 - \frac{u}{U_m}\right)^5 + 1; \quad (1.23)$$

$$\text{при } u/U_m > 1 \quad p = 0,32 \left(\frac{u}{U_m}\right) + 0,68. \quad (1.24)$$

б. Розрахунок приземної концентрації забруднюючих речовин C , $г/м^3$, в атмосфері по осі факелу викиду на різних відстанях X , $м$ від джерела викиду при небезпечній швидкості вітру U_m .

Значення приземних концентрацій забруднюючих речовин C в атмосфері по осі факелу викиду на різноманітних відстанях від джерела викиду повинні визначатися за формулою:

$$C = s_1 C_m, \quad (1.25)$$

де C_m – максимальна приземна концентрація, $мг/м^3$; X_m – максимальна відстань, на якій спостерігається максимальна приземна концентрація, рівна ГДК, $м$; s_1 – безрозмірний коефіцієнт, який визначається в залежності від відношення x/X_m і коефіцієнта F (відстань, на якій проводиться визначення концентрацій забруднюючих речовин) за формулами:

$$\text{при } x/X \leq 1 \quad s_1 = 3\left(\frac{x}{X_m}\right)^4 - 8\left(\frac{x}{X_m}\right)^3 + 6\left(\frac{x}{X_m}\right)^2; \quad (1.26)$$

$$\text{при } 1 < x/X_m \leq 8 \quad s_1 = \frac{1,13}{0,13\left(\frac{x}{X_m}\right)^2 + 1}; \quad (1.27)$$

при $x/X_m > 8$ і $F=1$ величина s_1 визначається за формулою:

$$s_1 = \frac{\frac{x}{X_m}}{3,58\left(\frac{x}{X_m}\right)^2 - 35,2\left(\frac{x}{X_m}\right) + 120}; \quad (1.28)$$

при $x/X_m > 8$ і $F \geq 2$ величина s_1 визначається за формулою:

$$s_1 = \frac{1}{0,1\left(\frac{x}{X_m}\right)^2 + 2,47\left(\frac{x}{X_m}\right) - 17,8}. \quad (1.29)$$

Аналогічно визначається значення концентрації забруднюючих речовин на різноманітних відстанях по осі факелу при інших значеннях швидкостей вітру u і несприятливих метеорологічних умовах. За формулами (1.18) і (1.21) визначаються значення величин C_{mn} і X_{mn} . По відношенню x/X_{mn} знаходиться значення s_1 за формулами (1.26)-(1.29). Відповідна концентрація забруднюючої речовини визначається множенням C_{mn} на s_1 .

1.3. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

1.3.1. Приклад розрахунку

Вихідні дані наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Вихідні дані

Речовина	M , г/с	F	W_0 , м/с	H , м	D , м	u , м/с	ΔT , °C	$\Gamma_{\text{ДК}_{\text{мр}}}$, мг/м ³	A
фенол	6,6	1	7	40	0,5	3	120	0,01	160

Хід роботи.

1. Визначаємо максимальну приземну концентрацію фенолу C_m в атмосфері при небезпечній швидкості вітру U_m .

Об'єм газоповітряної суміші визначається за формулою:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot W_0 = \frac{3,14 \cdot 0,5^2}{4} \cdot 7 = 1,37 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Для визначення m необхідно розрахувати величину f :

$$f = \frac{1000 \cdot W_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T} = \frac{1000 \cdot 4,9 \cdot 0,5}{1600 \cdot 120} = 0,13.$$

Коефіцієнт m визначається за формулою:

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f} + 0,1 \cdot \sqrt{f}} = \frac{1}{0,67 + 0,34 \cdot \sqrt[3]{0,13} + 0,1 \cdot \sqrt{0,13}} = 1,14.$$

Для визначення n необхідно розрахувати коефіцієнт V_m :

$$V_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}} = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{1,4 \cdot 120}{40}} = 1,05.$$

Так як $0,3 < V_m \leq 2$, то n визначається за формулою:

$$n = 3 - \sqrt{(V_m - 0,3) \cdot (4,36 - V_m)} = 3 - \sqrt{(1,05 - 0,3) \cdot (4,36 - 1,05)} = 1,44.$$

Підставимо визначені параметри та параметри з таблиці і отримаємо:

$$C_m = \frac{AMFmn}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \Delta T}} = \frac{160 \cdot 6,6 \cdot 1 \cdot 1,14 \cdot 1,44}{1600^2 \sqrt[3]{1,37 \cdot 120}} = 0,2 \text{ мг/м}^3.$$

Таким чином, максимальна приземна концентрація фенолу перевищує значення гранично допустимої концентрації фенолу в 20 разів.

2. *Визначимо відстань від одиночного точкового джерела викиду X_m , на якій реєструється максимальна приземна концентрація C_m .*

Для визначення X_m , необхідно розрахувати коефіцієнт d .

Так як $V_m \leq 2$, то:

$$d = 4,95V_m \left(1 + 0,28\sqrt[3]{f}\right) = 4,95 \cdot 1,05 \left(1 + 0,28\sqrt[3]{0,13}\right) = 5,93.$$

Значення X_m визначається за формулою:

$$X_m = dH = 5,93 \cdot 40 = 237 \text{ м.}$$

Таким чином, відстань від джерела викиду, на якій концентрація фенолу досягає максимальної приземної концентрації, дорівнює 237 метрів.

3. *Визначимо небезпечну швидкість вітру U_m .*

Так як $0,5 < V_m \leq 2$, то $U_m = V_m = 1,05 \text{ м/с}$.

Таким чином, небезпечна швидкість вітру, при якій має місце найбільше значення приземної концентрації забруднювальної речовини в атмосферному повітрі C_m , дорівнює 1,05 м/с.

4. *Визначимо максимальну приземну концентрацію фенолу C_{mn} в атмосфері при швидкості вітру $u=3 \text{ м/с}$.*

Для визначення C_{mn} необхідно розрахувати коефіцієнт r .

Безрозмірна величина r визначається в залежності від відношення u/U_m . Швидкість вітру може бути різною в залежності від метеорологічних умов місцевості, де розміщено джерело викиду забруднювальної речовини, але для прикладу візьмемо 3 м/с.

$$u/U_m = 3/1,05 = 2,86.$$

При $u/U_m > 1$ безрозмірна величина r визначається за формулою:

$$r = \frac{3\left(\frac{u}{U_m}\right)}{2\left(\frac{u}{U_m}\right)^2 - \left(\frac{u}{U_m}\right) + 2} = \frac{3 \cdot 2,86}{2(2,86)^2 - (2,86) + 2} = 0,55.$$

Значення C_{mn} визначається за формулою:

$$C_{mn} = r \cdot C_m = 0,55 \cdot 0,2 = 0,11 \text{ мг/м}^3.$$

Таким чином, максимальна приземна концентрація C_{mn} фенолу при швидкості вітру 3 м/с перевищує значення гранично допустимої концентрації фенолу в 11 разів.

5. *Визначимо відстань від джерела викиду X_{mn} , на якій реєструється максимальна приземна концентрація C_m при швидкості вітру $u=3$ м/с.*

Для визначення X_{mn} необхідно розрахувати коефіцієнт p .

Безрозмірна величина p визначається в залежності від відношення u/U_m .

$$u/U_m = 3/1,05 = 2,86.$$

При $u/U_m > 1$ безрозмірна величина p визначається за формулою:

$$p = 0,32 \left(\frac{u}{U_m} \right) + 0,68 = 0,32 \cdot 2,86 + 0,68 = 1,6.$$

Значення X_{mn} визначається за формулою:

$$X_{mn} = p \cdot X_m = 1,6 \cdot 237,2 = 379,5 \text{ м.}$$

Таким чином, відстань від джерела викиду, на якій концентрація фенолу досягає максимальної приземної концентрації при швидкості вітру 3 м/с, дорівнює 379,5 метрів.

6. *Визначимо приземну концентрацію C , мг/м³ фенолу в атмосфері по осі факелу викиду на різних відстанях X , м від джерела викиду при небезпечній швидкості вітру U_m .*

Розрахунок розподілу концентрації C по осі факелу викиду ведеться при небезпечній швидкості вітру, поки концентрація C_x не буде дорівнювати значенню ГДК фенолу.

Для визначення C визначимо відстані по осі факелу викиду X (табл. 1.2) та розрахуємо коефіцієнт s_1 . Результати представимо в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Розрахунок приземної концентрації C по осі факелу викиду

X , м	50	100	300	500	1000	1500	2000	3000
x/X_m	0,21	0,42	1,26	2,11	4,22	6,33	8,44	12,66
s_1	0,2	0,5	0,93	0,71	0,34	0,18	0,1	0,05
C , мг/м ³	0,04	0,1	0,186	0,14	0,07	0,03	0,02	0,01

$$\text{При } x/X_m \leq 1 \quad s_1 = 3 \left(\frac{x}{X_m} \right)^4 - 8 \left(\frac{x}{X_m} \right)^3 + 6 \left(\frac{x}{X_m} \right);$$

$$\text{при } 1 < x/X_m \leq 8 \quad s_1 = \frac{1,13}{0,13 \left(\frac{x}{X_m} \right)^2 + 1};$$

при $x/X_M > 8$ та $F=1$

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

Визначаємо відношення x/X_M та розраховуємо безрозмірний коефіцієнт s_1 :

$50/237 = 0,21$	$x/X_M \leq 1$	$s_1=0,20$;
$100/237 = 0,42$	$x/X_M \leq 1$	$s_1=0,50$;
$300/237 = 1,26$	$1 < x/X_M \leq 8$	$s_1=0,83$;
$500/237 = 2,11$	$1 < x/X_M \leq 8$	$s_1=0,71$;
$1000/237 = 4,22$	$1 < x/X_M \leq 8$	$s_1=0,34$;
$1500/237 = 6,33$	$1 < x/X_M \leq 8$	$s_1=0,18$;
$2000/237 = 8,44$	$x/X_M \geq 8, F=1$	$s_1=0,10$;
$3000/237 = 12,66$	$x/X_M \geq 8, F=1$	$s_1=0,05$.

Приземну концентрацію C фенолу в атмосфері по осі факелу викиду визначимо за формулою:

$$C = s_1 C_M, \text{ при } C_M = 0,2 \text{ мг/м}^3.$$

Дані розрахунків заносимо в табл. 1.2 і будуємо епюру розсіювання (рис. 1.2).

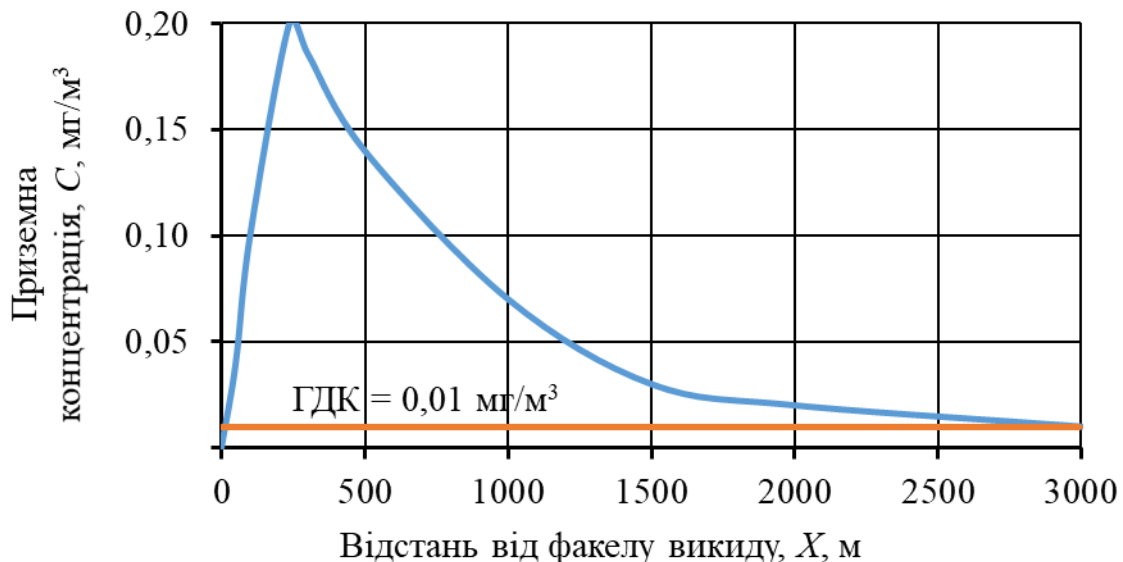


Рис. 1.2. Епюра розсіювання (графік функції $C_x=f(x)$)

Протяжність зони по осі факела викиду становить приблизно 3000 м.

Таким чином, епюра розсіювання візуально показує розповсюдження фенолу в атмосфері по осі факелу викиду. З графіку залежності можна

побачити, що величина приземної концентрації C фенолу буде дорівнювати значення ГДК фенолу = 0,01 м/с тільки на відстані 3000 м.

Висновок. Величина максимальної приземної концентрації C_m фенолу перевищує значення ГДК фенолу в 20 разів при небезпечній швидкості вітру $U_m=1,05$ м/с на відстані $X_m = 237$ м від точкового джерела викиду.

Величина максимальної приземної концентрації C_{mn} фенолу перевищує значення ГДК фенолу в 11 разів при швидкості вітру $u=3$ м/с на відстані $X_{mn}=380$ м від джерела викиду.

Величина приземної концентрації C фенолу буде дорівнювати значення ГДК фенолу = 0,01 м/с тільки на відстані 3000 м.

Заходи щодо поліпшення повітряного стану.

Для покращення повітряного стану в зоні впливу підприємства необхідно цю зону озеленяти, упорядковувати. Виконуючи захисне озеленення, рекомендується застосовувати такі породи дерев і чагарників:

- для шумозахисту – клен гостролистий, в'яз звичайний, липа дрібнолиста, ялина звичайна, модрина сибірська, акація жовта, глід сибірський;

- для газозахисту – клен пенсільванський, ліщина маньчжурська, тополя, акація біла, шовковиця біла, яловець козацький, бирючина звичайна та ін.;

- для пилозахисту – в'яз, верба біла плакуча, каштан кінський, клен сріблястий, татарський, польовий, гостролистий, тополя канадська, шовковиця біла, ясен звичайний, акація жовта, бирючина звичайна, спірея Ванн-Гута;

- для вітрозахисних посадок і затінення території підбирають рослини з найбільш щільною кроною – каштан кінський, клен гостролистий, ялина звичайна, дуб звичайний, липа дрібнолиста та ін.

Також треба проводити ряд заходів, а саме: технологічні, санітарно-технічні, архітектурно-планувальні та законодавчі.

1.3.2. Завдання на практичну роботу

В результаті виконання практичної роботи зробити наступні завдання:

1. Самостійно вивчити теоретичну частину методичних рекомендацій.

2. Згідно з варіантами вихідних даних (табл. 1.3) розрахувати:

1) максимальну приземну концентрацію забруднювальної речовини C_m при викиді нагрітої газоповітряної суміші з одиночного джерела з круглим устям;

2) відстань від джерела викиду X_m , на якій концентрація забруднювальної речовини досягає максимальної приземної концентрації C_m ;

3) небезпечну швидкості вітру U_m ;

4) максимальну приземну концентрацію забруднювальної речовини C_{mn} в атмосфері при швидкості вітру $u=3$ м/с;

5) відстань від джерела викиду X_{mn} , на якій концентрація забруднювальної речовини досягає максимальної приземної концентрації C_{mn} при швидкості вітру 3 м/с;

б) приземну концентрацію C , $мг/м^3$ забруднювальної речовини в атмосфері по осі факелу викиду на різних відстанях X , $м$ від джерела викиду.

3. Побудувати епюру розсіювання по осі факелу викиду [$c=f(x)$].
4. Оформити результати розрахунків згідно прикладу розрахунку.

Зміст практичної роботи повинен включати: титульний аркуш, назву та мету роботи, завдання на практичну роботу згідно варіанту, формули та результати розрахунків завдань 1-6, епюру розсіювання, висновки щодо отриманих результатів та заходи щодо поліпшення повітряного стану, письмові відповіді на питання для самоконтролю.

Варіант обирається згідно номеру в журналі обліку студентів.

Таблиця 1.3 – Варіанти вихідних даних

№ вар	Речовина	ГДК, мг/м ³	F	ΔT, °C	H, м	D, м	M, г/с	W ₀ , м/с	A
1	сажа	0,1	2	120	20	0,5	20	5	200
2	оксид вуглецю	1	1	130	30	0,6	90	5	200
3	ацетон	0,35	1	140	40	0,8	80	6	120
4	оксид азоту	0,085	1	150	50	1	55	7	160
5	сірчистий газ	0,05	1	160	60	1,2	30	8	200
6	сажа	0,1	3	170	70	1,4	70	9	200
7	оксид вуглецю	1	1	180	80	1,6	240	10	120
8	ацетон	0,35	1	190	90	1,8	180	11	160
9	оксид азоту	0,085	1	200	100	2	80	12	200
10	сірчистий газ	0,05	1	120	20	0,4	10	4	200
11	сажа	0,1	2,5	130	30	0,6	30	5	120
12	оксид вуглецю	1	1	140	40	0,8	120	6	160
13	ацетон	0,35	1	150	50	1	100	7	200
14	оксид азоту	0,085	1	160	60	1,2	60	8	200
15	сірчистий газ	0,05	1	170	70	1,4	35	9	120
16	сажа	0,1	3	180	80	1,6	80	10	160
17	оксид вуглецю	1	1	190	90	1,8	270	11	200
18	ацетон	0,35	1	200	100	2	200	12	200
19	оксид азоту	0,085	1	120	20	0,4	40	4	120
20	сірчистий газ	0,05	1	130	30	0,6	20	5	160

Примітка: Метеорологічні умови – швидкість вітру $u = 3$ м/с.

Питання для самоконтролю

1. Що таке гранично допустима концентрація забруднюючої речовини?
2. Які величини входять до розрахунку максимальної приземної концентрації забруднюючих речовин в атмосфері при небезпечній шкідливості вітру?
3. Яка різниця між концентраціями C_m та C_{mn} ?
4. Яка швидкість вітру вважається небезпечною?
5. Які значення має коефіцієнт A для України?
6. Як побудувати епюру розсіювання забруднюючої речовини?

ПРАКТИЧНА РОБОТА №2

ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ ОКСИДОМ ВУГЛЕЦЮ (CO) В НАСЕЛЕНИХ ПУНКТАХ

Мета роботи: набування умінь розраховувати та оцінювати рівень забруднення атмосферного повітря відпрацьованими газами автомобілів, враховуючи концентрацію окису вуглецю.

2.1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

2.1.1. Загальні відомості про автомобільний транспорт як забруднювача міського навколишнього середовища

Сучасне велике місто неможливо уявити без транспорту, який забезпечує функціонування та зв'язок окремих районів і житлових масивів. Проте транспорт, насамперед автомобільний, парк якого безупинно зростає, є одним із найбільших джерел забруднення повітря.

Специфіка негативного впливу автомобільного транспорту виявляється у високих темпах збільшення кількості автомобілів; їх просторовій поширюваності; безпосередній близькості до житлових районів; високій токсичності викидів порівняно з викидами стаціонарних джерел; складності реалізації заходів щодо захисту від забруднення транспортними засобами; розташуванні джерел забруднення на земній поверхні, внаслідок чого відпрацьовані гази накопичуються в зоні дихання людини і гірше вивітрюються.

Стан або ступінь забруднення атмосферного повітря оцінюється шляхом порівняння концентрації в ньому тих або інших забруднюючих речовин із гігієнічними нормативами. Гігієнічними нормативами допустимої концентрації в атмосфері шкідливих речовин є гранично допустимі концентрації (ГДК). Максимально разова ГДК установлюється для попередження рефлекторних реакцій людини (відчуття запаху, зміна активності головного мозку, світлової чутливості очей та ін.) при короткочасному впливі (до 20 хвилин), а середньодобова – для попередження їх загальнотоксичного, канцерогенного, мутагенного й ін. стану. ГДК розроблені в припущенні, що на організм людини впливає тільки одна забруднююча речовина.

2.1.2. Вихлопні гази автотранспорту

Вихлопні гази автотранспорту становлять, в даний час, 60-80% від суми викидів токсичних речовин в міських екосистемах. В автомобілі існує три види викидів забруднюючих речовин: відпрацьовані гази двигунів, картерні гази, паливні випаровування. Найбільш об'ємними з них є відпрацьовані гази.

У вихлопних газах автомобілів виявляють понад 200 шкідливих речовин. Всі їх компоненти діють негативно як на повітряне середовище міста, так і на ґрунтово-рослинний покрив. Багато з них є канцерогенами. Основними елементами цих газів є чадний газ, вуглекислий газ, оксиди азоту, незгорілі

вуглеводні, діоксид сірки, сажа, сполуки свинцю, кадмій, поліциклічні ароматичні вуглеводні, бенз(а)пірен.

Найбільша кількість токсичних речовин викидається автотранспортом в повітря на малому ході, на перехрестях, зупинках перед світлофорами. Так, на невеликій швидкості бензиновий двигун викидає в атмосферу 0,05% вуглеводнів (від загального викиду), а на малому ході – 0,098%, окису вуглецю відповідно – 5,1% і 13,8%.

Маса частинок, що утворюється за рахунок стирання шин об асфальтове покриття становить на 1 км в середньому 250 кг/рік. У складі таких частинок, як і в бензині і автомастилі, присутні Pb, Cd, Ni, Zn.

Із загальної кількості пилу, що піднімається в повітря автотранспортом, 4/5 осідає у дороги, а решта – на більш віддаленій відстані. У поверхневому шарі ґрунтів, прилеглих до автострад державного значення, максимальна концентрація токсичних елементів спостерігається на наступному відстані від краю дороги: 20-30 м – Na, Mg, Al, Ti, V, Cr, Mn, Co, Cu, Pb; 50 м – Pb, Ti, Ni; 5-7 м – Zn.

2.1.3. Особливості впливу оксиду вуглецю

Чадний газ (окис вуглецю) CO – це один із стійких і найнебезпечніших забруднювачів атмосферного повітря. Являє собою безбарвний газ, що утворюється при неповному згорянні вуглецевих речовин кам'яного вугілля, природного газу, деревини, нафти, бензину. Входить до складу вихлопних газів автотранспорту.

Гостре отруєння чадним газом спостерігається зазвичай в побуті у зв'язку з передчасним закриттям пічної труби, тривалим користуванням духовими тягами тощо. Випадки хронічного отруєння описані серед робочих котелень, гаражів, мартенівських і ливарних цехів і в інших виробництвах. Чадний газ, проникаючи в кров, вступає в зв'язок з гемоглобіном, витісняючи з нього кисень. Утворений *карбоксигемоглобін* дисоціює в 3600 разів повільніше, ніж оксигемоглобін. Гемоглобін, з'єднаний з чадним газом, втрачає здатність переносити кисень. Внаслідок цього настає кисневе голодування тканин, до якого найбільш чутлива нервова система. Це і визначає клінічну картину отруєння чадним газом.

Гостре отруєння чадним газом може проявлятися в легкому, середньому і тяжкому ступені (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Дія чадного газу на організм людини

Вміст карбоксигемоглобіну, %	Симптоми
0,4 – 2	Погіршення гостроти зору і здатності оцінювати тривалість інтервалів часу
2 - 5	Порушення психомоторних функцій головного мозку
5 - 10	Зміна діяльності серця та легенів
10 - 80	Головні болі, сонливість, спазми, порушення дихання, смертельні випадки

Легкий і середній ступінь отруєння проявляються головним болем меншої або більшої інтенсивності, нудотою, блювотою, загальною слабкістю, порушенням серцевої діяльності, непритомністю.

Важкий ступінь характеризується розвитком коматозного стану з порушенням серцевої діяльності і дихання, мимовільним сечовипусканням, зникненням всіх поверхневих і глибоких рефлексів. Може наступити смерть від паралічу дихального або серцево-судинного центру довгастого мозку.

Концентрація понад 750 мг/м^3 призводить до смерті. Вміст СО в природних умовах становить від $0,01$ до $0,2 \text{ мг/м}^3$. Гранично допустима концентрація (ГДК) чадного газу дорівнює 3 мг/м^3 .

Ступінь впливу СО на організм людини залежить від тривалості впливу і виду діяльності людини. Наприклад, вміст СО в повітрі становить $10-50 \text{ мг/м}^3$ на перехрестях вулиць при тривалості впливу – 60 хв . При важкій фізичній роботі отруєння настає в $2-3$ рази швидше. Через $3-4$ години вміст СО в крові зменшується в 2 рази. Час перебування СО в атмосфері становить $2-4$ місяці.

Багато країн, у тому числі і Україна, вживають різні заходи щодо зниження токсичності викидів: очищення бензину, заміна його на більш чисті джерела енергії (газове паливо, етанол, електрику); використання нових технологій щодо більш повного згоряння палива; створення в містах зон з обмеженим рухом автомобілів. Незважаючи на вжиті заходи, з року в рік зростає кількість автомобілів, і забруднення повітря не знижується.

Дана практична робота дає можливість оцінити завантаженість різних районів міста або ділянок вулиці різними видами автотранспорту, порівняти в цьому відношенні отримані результати і запропонувати заходи щодо покращення стану навколишнього середовища.

2.2. МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ТА ОЦІНКИ КОНЦЕНТРАЦІЇ ОКСИДУ ВУГЛЕЦЮ

Розрахувати концентрацію окису вуглеводу (K_{CO}) можна за допомогою формули, яка запропонована В.Ф. Сидоренком та Ю.Г. Фельдманом:

$$K_{CO} = (0,5 + 0,01 \cdot N \cdot K_m) \cdot K_a \cdot K_y \cdot K_c \cdot K_v \cdot K_n, \quad (2.1)$$

де $0,5$ – фонове забруднення атмосферного повітря нетранспортного походження, мг/м^3 ; N – сумарна інтенсивність руху автомобілів на міській дорозі, автомобіль/годину; K_m – коефіцієнт токсичності автомобілів за викидами в атмосферне повітря окису вуглецю; K_a – коефіцієнт, що враховує аерацію місцевості; K_y – коефіцієнт, що враховує зміну забруднення атмосферного повітря окисом вуглецю в залежності від величини повздовжнього ухилу; K_c – коефіцієнт, що враховує зміни концентрації окису вуглецю в залежності від швидкості вітру; K_v – те саме в залежності від відносної вологості повітря; K_n – коефіцієнт збільшення забруднення атмосферного повітря окисом вуглецю на перехресті.

Коефіцієнт токсичності автомобілів визначається як середньозважений для потоку автомобілів за формулою:

$$K_m = \sum P_i \cdot K_{mi}, \quad (2.2)$$

де P_i – склад автотранспорту в частках одиниць; K_{mi} – коефіцієнт токсичності з урахуванням типу автомобільного транспорту (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Значення коефіцієнту K_{mi}

Тип автомобіля	Коефіцієнт K_{mi}
Легкий вантажний	2,3
Середній вантажний	2,9
Важкий вантажний (дизельний)	0,2
Автобус	3,7
Легковий	1,0

Значення коефіцієнта K_a , який враховує аерацію місцевості, визначається згідно табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Значення коефіцієнта K_a

Тип місцевості за ступенем аерації	Коефіцієнт K_a
Транспортні тунелі	2,7
Транспортні галереї	1,5
Магістральні вулиці і дороги з багатоповерховою забудовою з двох сторін	1,0
Житлові вулиці з одноповерховою забудовою, вулиці і дороги у виїмці	0,6
Міські вулиці і дороги з однобічною забудовою, набережні, естакади, віадуки, високі насипи	0,4
Пішохідні тунелі	0,3

Для магістральної вулиці з багатоповерховою забудовою $K_a = 1$.

Значення коефіцієнта K_y , що враховує зміну забруднення повітря окисом вуглецю в залежності від величини повздовжнього ухилу, визначають згідно табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Значення коефіцієнта K_y

Повздовжній ухил, градуси	Коефіцієнт K_y
0	1,00
2	1,06
4	1,07
6	1,18
8	1,55

Коефіцієнт зміни концентрації окису вуглецю в залежності від швидкості вітру K_c визначається згідно табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Коефіцієнт K_c

Швидкість вітру, м/с	Коефіцієнт K_c
1	2,70
2	2,00
3	1,50
4	1,20
5	1,05
6	1,00

Значення коефіцієнта K_e , що визначає зміну концентрації окису вуглецю в залежності від відносної вологості повітря, приведено в табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Значення коефіцієнта K_e

Відносна вологість повітря, %	Коефіцієнт K_e
100	1,45
90	1,30
80	1,15
70	1,00
60	0,85
50	0,75

Коефіцієнт збільшення забруднення повітря окисом вуглецю на перехресті наведено в табл.2.7.

Таблиця 2.7 – Значення коефіцієнту K_n

Тип перехрестя	Коефіцієнт K_n
Регульоване перехрестя:	
- з світлофорами звичайне	1,8
- зі світлофорами кероване	2,1
- саморегульоване	2,0
Нерегульоване:	
- зі зниженням швидкості	1,9
- кільцеве	2,2
- з обов'язковою зупинкою	3,0

2.3. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

2.3.1. Приклад розрахунку

Розрахувати концентрацію окису вуглецю (K_{CO}) в місті, враховуючи дані: вулиця міста магістральна з багатоповерховою забудовою з двох сторін, саморегульоване перехрестя, повздовжній ухил 2° , швидкість вітру 4 м/с, відносна вологість повітря – 70%, інтенсивність руху автомобілів в обох напрямках – 500 автомашин на годину (N). Склад руху: 10% вантажних

автомобілів з малою вантажопідйомністю, 10% – із середньою вантажопідйомністю, 5% – з великою вантажопідйомністю з дизельними двигунами, 5% – автобусів і 70% легкових автомобілів.

Хід роботи

Для того, щоб розрахувати концентрацію окису вуглецю (K_{CO}), спочатку встановимо значення необхідних коефіцієнтів.

Коефіцієнт токсичності автомобілів визначається як середньозважений для потоку автомобілів за формулою 2.2 та таблицею 2.2.

Знаючи склад руху, встановимо K_m на кожний вид транспорту:

- вантажний автомобіль з малою вантажопідйомністю $K_m = 2,3$;
- вантажний автомобіль із середньою вантажопідйомністю $K_m = 2,9$;
- вантажний автомобіль з великою вантажопідйомністю з дизельними двигунами $K_m = 0,2$;
- автобус $K_m = 3,7$;
- легковий автомобіль $K_m = 1,0$.

Підставивши значення коефіцієнту токсичності на кожний вид транспорту згідно завдання в формулу 2.2, отримуємо:

$$K_m = 0,1 \cdot 2,3 + 0,1 \cdot 2,9 + 0,05 \cdot 0,2 + 0,05 \cdot 3,7 + 0,7 \cdot 1,0 = 1,415.$$

Згідно варіанту тип місцевості – магістральна вулиця міста з багатоповислою забудовою з двох сторін, тому $K_a = 1,0$ (табл. 2.3).

Повздовжній ухил 2^0 , тому значення коефіцієнта $K_y = 1,06$ (табл. 2.4).

Швидкість вітру 4 м/с – коефіцієнт зміни концентрації окису вуглецю в залежності від швидкості вітру $K_c = 1,20$ (табл. 2.5).

Відносна вологість повітря – 70% – значення коефіцієнта $K_g = 1,00$ (табл. 2.6). При саморегульованому руху на перехресті коефіцієнт $K_n = 2,0$ (табл. 2.7).

Знаючи інтенсивність руху автомобілів в обох напрямках (500 автомашин на годину), підставимо значення коефіцієнтів та розрахуємо рівень забруднення атмосферного повітря окисом вуглецю (K_{CO}) за формулою 2.1:

$$K_{CO} = (0,5 + 0,01 \cdot 500 \cdot 1,4) \cdot 1,0 \cdot 1,06 \cdot 1,20 \cdot 1,0 \cdot 2,0 = 19,08 \text{ мг/м}^3.$$

Оцінити рівень забруднення атмосферного повітря окисом вуглецю можна з урахуванням середньодобової ГДК_{CO}, яке дорівнює 3 мг/м³. Згідно наших розрахунків, перевищення CO на магістральній вулиці міста становить 6 разів.

Висновки. Рівень забруднення атмосферного повітря окисом вуглецю, згідно наших розрахунків, дорівнює 19,08 мг/м³, що перевищує середньодобову гранично допустиму концентрацію окису вуглецю в 6 разів.

Для зниження рівня викиду CO можна запропонувати такі заходи: обмеження інтенсивності руху; заміна карбюраторних вантажних автомобілів на більш чисті джерела енергії; обладнання для автомобілів додатковими системами очищення вихлопних газів, інші заходи.

2.3.2. Завдання на практичну роботу

В результаті виконання практичної роботи зробити наступні завдання:

1. Самостійно вивчити теоретичну частину методичних рекомендацій.
2. Згідно з встановленим варіантом розрахувати та оцінити рівень забруднення атмосферного повітря окисом вуглецю в населеному пункті.
3. Запропонувати заходи зниження рівня викиду CO.
4. Оформити результати розрахунків згідно прикладу розрахунку.

Зміст практичної роботи повинен включати: титульний аркуш, назву та мету роботи, завдання на практичну роботу згідно варіанту, формули та результати розрахунків оцінки концентрації оксиду вуглецю, висновки щодо отриманих результатів та заходи щодо поліпшення повітряного стану, письмові відповіді на питання для самоконтролю.

Варіант обирається згідно номеру в журналі обліку студентів.

ВАРІАНТИ ВИХІДНИХ ДАНИХ

Розрахувати концентрацію оксиду вуглецю (K_{CO}) в місті, враховуючи дані:

Варіант 1. Транспортний тунель зі зниженням швидкості, з повздовжнім ухилом 0° , швидкість вітру 3 м/с, відносна вологість повітря – 70%, інтенсивність руху автомобілів в обох напрямках 583 автомашин на годину (N). Склад руху: 15% вантажних автомобілів з малою вантажопідйомністю, 20% – із середньою вантажопідйомністю, 5% – з великою вантажопідйомністю з дизельними двигунами, 5% – автобусів і 55% легкових автомобілів.

Варіант 2. Магістральна вулиця міста з багатоповерховою забудовою з двох сторін, регулювання звичайне зі світлофорами, повздовжній ухил 4° , швидкість вітру 2 м/с, відносна вологість повітря – 80%, інтенсивність руху автомобілів в обох напрямках 460 авто/ годину (N). Склад руху: 5% вантажних автомобілів з малою вантажопідйомністю, 5% – з середньою вантажопідйомністю, 0% – з великою вантажопідйомністю з дизельними двигунами, 5% – автобусів і 85% легкових автомобілів.

Варіант 3. Житлова вулиця з одноповерховою забудовою, саморегульована, повздовжній ухил 0° , швидкість вітру 6 м/с, відносна вологість повітря – 50%, рух автомобілів в обох напрямках 245 авто/год. Склад руху: 15% вантажних автомобілів з малою вантажопідйомністю, 20% – із середньою вантажопідйомністю, 10% – з великою вантажопідйомністю з дизельними двигунами, 5% – автобусів і 50% легкових автомобілів.

Варіант 4. Міська вулиця з одnobічною забудовою, регулювання керованими світлофорами, повздовжній ухил 2° , швидкість вітру 6 м/с, вологість повітря – 90%, інтенсивність руху автомобілів 765 авто/год. Склад руху: 15% вантажних автомобілів з малою вантажопідйомністю, 20% – із середньою вантажопідйомністю, 15% – з великою вантажопідйомністю з дизельними двигунами, 10% – автобусів і 40% легкових автомобілів.

Варіант 5. Міська набережна, регулювання звичайне зі світлофорами, повздовжній ухил 4° , швидкість вітру 8 м/с, відносна вологість повітря – 100%, інтенсивність руху автомобілів в обох напрямках 905 авто/год (N). Склад руху: 5% вантажних автомобілів з малою вантажопідйомністю, 10% – із середньою вантажопідйомністю, 25% – з великою вантажопідйомністю з дизельними двигунами, 15% – автобусів і 45% легкових автомобілів.

Варіант 6. Транспортна галерея, саморегульоване перехрестя, повздовжній ухил 0° , швидкість вітру 8 м/с, відносна вологість повітря – 50%, інтенсивність руху автомобілів в обох напрямках 620 авто/год (N). Склад руху: 5% вантажних автомобілів з малою вантажопідйомністю, 5% – з середньою вантажопідйомністю, 5% – з великою вантажопідйомністю з дизельними двигунами, 15% – автобусів і 70% легкових автомобілів.

Варіант 7. Дорога з одnobічною забудовою, перехрестя регульоване звичайне зі світлофорами, повздовжній ухил 8° , швидкість вітру 2 м/с, вологість повітря – 60%, інтенсивність руху автомобілів в обох напрямках 340 авто/год. Склад руху: 15% вантажних автомобілів з малою вантажопідйомністю, 10% – із середньою вантажопідйомністю, 5% – з великою вантажопідйомністю з дизельними двигунами, 15% – автобусів і 55% легкових автомобілів.

Варіант 8. Житлова вулиця з одноповерховою забудовою, з обов'язковою зупинкою, повздовжній ухил 6° , швидкість вітру 2 м/с, відносна вологість повітря – 90%, інтенсивність руху автомобілів в обох напрямках 235 авто/год (N). Склад руху: 5% вантажних автомобілів з малою вантажопідйомністю, 10% – із середньою вантажопідйомністю, 5% – з великою вантажопідйомністю з дизельними двигунами, 5% – автобусів і 75% легкових автомобілів.

Варіант 9. Міська набережна, кільцевий рух, повздовжній ухил 2° , швидкість вітру 5 м/с, відносна вологість повітря – 90%, інтенсивність руху автомобілів в обох напрямках 1000 авто/год. (N). Склад руху: 15% вантажних автомобілів з малою вантажопідйомністю, 20% – із середньою вантажопідйомністю, 15% – з великою вантажопідйомністю з дизельними двигунами, 15% – автобусів і 35% легкових автомобілів.

Варіант 10. Дорога з багатоповерховою забудовою з двох сторін, регулювання керованими світлофорами, повздовжній ухил 8° , швидкість вітру 6 м/с, вологість повітря – 50%, інтенсивність руху автомобілів 420 авто/год. Склад руху: 5% вантажних автомобілів з малою вантажопідйомністю, 5% – з середньою вантажопідйомністю, 0% – з великою вантажопідйомністю з дизельними двигунами, 15% – автобусів і 75% легкових автомобілів.

Питання для самоконтролю

1. В чому полягає негативний вплив автомобільного транспорту на всі складові довкілля?
2. Перерахуйте основні елементи, які виділяються з вихлопними газами автотранспорту.
3. У яких випадках з автотранспорту викидається найбільша кількість токсичних речовин?
4. Яка особливість впливу оксиду вуглецю на організм людини?
5. Назвіть допустиму концентрацію оксиду вуглецю і його вміст в природних умовах.
6. Які коефіцієнти враховуються для оцінки концентрації окису вуглецю?

ПРАКТИЧНА РОБОТА №3

РОЗРАХУНОК ПОВЕРХНЕВОГО СТОКУ З ТЕРИТОРІЇ МІСТ

Мета роботи: набування умінь розрахунку річного обсягу поверхневого стоку з території міст.

3.1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

3.1.1. Характеристика поверхневого стоку

Поверхневий стік складають *дощові, снігові та поливомийні* стічні води. Він буває організованим і неорганізованим. *Організований* поверхневий стік збирається з водозбірної території за допомогою спеціальних лотків і каналів і надходить у каналізаційні мережі та згодом у очисні споруди чи просто у водні об'єкти крізь випуски зливових вод. *Неорганізований* поверхневий стік потрапляє у водні об'єкти по рельєфу місцевості.

Поверхневий стік з території міст має значний обсяг, бо тут мають перевагу поверхні зі значно низькою проникністю (асфальтові покриття, дахи будівель тощо).

Формування поверхневого стоку відбувається під впливом комплексу природних (атмосферні опади, випар, фільтрація, затримка вологи рослинами) і антропогенних (використання водозбірної території, технології мийки штучних покриттів та ін.) факторів.

Кількість дощових і снігових стічних вод залежить від кількості атмосферних опадів, що випали, і характеристик водозбірної території. В залежності від роду поверхні дощовий стік починається тільки після випадення деякої кількості атмосферних опадів: з водонепроникних поверхонь стік починається досить швидко, з водопроникних – через деякий час. При цьому, якщо інтенсивність увібрання в ґрунт перевищує інтенсивність випадення, дощ може зовсім не дати стоку.

Обсяг поливомийних вод визначається прийнятою технологією мийки і площею оброблюваних покриттів, однак його кількість в порівнянні зі стоком дощових та снігових вод незначна.

Для урахування витрат поверхневих стічних вод на водозбірній площі використовується поняття *коефіцієнта стоку* (ψ). Цей коефіцієнт чисельно дорівнює відношенню кількості води, що стікає з поверхневим стоком у водний об'єкт з одиниці площі в одиницю часу, до кількості опадів і поливомийних вод, які випали на одиницю площі в одиницю часу. Для дощових і снігових стічних вод ця величина залежить від характеристик поверхні водозбірної території (забудовані чи незабудовані території, водонепроникні поверхні, парки та зелені насадження та ін.).

Якщо на водозбірній території розташовані великі парки чи ділянки лісових масивів, виявляється *ефект затримки* частини атмосферних опадів *рослинним покривом*. В цьому випадку загальний обсяг поверхневого стоку зменшується.

Специфічні особливості поверхневого стоку – епізодичність його

надходження, різка зміна рівня забруднення, мінливість складу забруднюючих речовин – значно ускладнюють контроль і регламентацію надходження його в міські системи водовідведення або у водні об'єкти.

Контроль складу поверхневого стоку здійснюють шляхом аналізу проб, що відбирають з дощової мережі. Добір проб роблять порціонно. Для одержання детальної інформації про склад поверхневого стоку проводиться аналіз кожної відібраної проби. Для *дощових вод* інтервал між відбором проб на початку дощу дорівнює 5-10 хвилин, а в наступний період 20-30 хвилин. Орієнтовані дані про склад дощових вод одержують шляхом аналізу усередненої за період дощу проби. При цьому проби відбирають через рівні проміжки часу, а обсяги проб, що послідовно відбираються, повинні бути пропорційні витраті дощових вод. Для *снігових вод* проби відбирають у дні сніготанення між 12 і 14 годинами з інтервалом у 30 хвилин. Результати контролю використовують для оцінки виносу забруднюючих речовин з поверхневим стоком.

Оцінку виносу речовин з поверхневим стоком роблять на основі орієнтованих даних про склад і обсяг поверхневого стоку. Для організованого поверхневого стоку використовують дані вимірів витрат стічних вод і результати аналізу проб. Для неорганізованого поверхневого стоку, а також при неможливості проведення необхідних вимірів, витрати поверхневого стоку визначають розрахунковим шляхом, а концентрації речовин у поверхневому стоці приймають на підставі узагальненої кількісної характеристики кожної складової поверхневого стоку.

Винос речовин з поверхневим стоком, а також концентрацію речовин у поверхневому стоці, порівнюють з розрахунковою величиною *допустимих до скидання в водойми концентрацій* речовин з поверхневим стоком. Вони розраховуються з урахуванням категорії водоймищ, в які спостерігається винос речовин з поверхневим стоком. Розрізняють дві категорії поверхневих водних об'єктів. До *першої категорії* водокористування відноситься використання водних об'єктів або їх ділянок у якості джерела питного та господарсько-житлового водокористування, а також для водопостачання підприємств харчової промисловості. До *другої категорії* водокористування відноситься використання водних об'єктів або їх ділянок для рекреаційного водокористування. Вимоги до якості води, що висуваються до другої категорії водокористування, розповсюджуються також на усі ділянки водних об'єктів, які знаходяться в межі населених міст.

3.1.2. Вплив поверхневого стоку на якість водойм

Поверхневий стік з територій міст є істотним джерелом забруднення та засмічення водних об'єктів.

Основними *забруднювачами* поверхневого стоку у межах міських територій є: сміття з поверхні покриттів; продукти руйнування дорожніх покриттів; викиди речовин в атмосферу промисловими підприємствами, автотранспортом, опалювальними системами; витіки нафтопродуктів; втрати сипучих і рідких продуктів, сировини, напівфабрикатів; площадки для збору побутового сміття та ін. Достатньо високий рівень забруднення поверхневого

стоку спостерігається на територіях великих торгових центрів, автомагістралях з інтенсивним рухом транспорту, територіях промислових і автотранспортних підприємств, неупорядкованих будівельних майданчиках.

Найбільш несприятливо на санітарний стан водойм впливають завислі речовини, що містяться в поверхневому стоці (їх концентрації у дощових, снігових і поливомийних водах у кілька разів вище ніж у побутових). Їх присутність сприяє замуленню водойм, створюючи перешкоду нормальному протіканню біологічних процесів.

Приблизно четверта частина осаду з поверхневого стоку – органічного походження. Потрапляючи в водойми, ця частина донних наносів окислюється киснем, розчиненим у воді, тут відбуваються анаеробні процеси розкладання (гниття) органічних речовин з виділенням метану і сірководню. Усе це збільшує мутність води водойм і погіршує її органолептичні властивості (запах і присмак).

Поверхневим стоком із забудованих територій змивається також значна кількість плаваючих речовин (обривки паперів, недокурки, нафтопродукти та ін.), які також погіршують органолептичні властивості води і псують зовнішній вигляд водних джерел. Нафтопродукти можуть істотно впливати на кисневий режим водойм: по-перше, окисляючи, вони споживають розчинений у воді кисень, по-друге, нафтова плівка, що утворюється на поверхні, в значній мірі перешкоджає процесу аерації водних об'єктів. Можливим джерелом зараження водойм є бактерії та віруси, які містяться в поверхневому стоці.

Необхідний ступінь очищення міських стічних вод базується на здатності самоочищення водойми, яке обумовлюється хімічним складом води і визначається, виходячи з умови забезпечення в найближчому створі водокористування якості води, яка б відповідала необхідним санітарним нормам.

3.2. МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ РІЧНОГО ОБСЯГУ ПОВЕРХНЕВОГО СТОКУ З ТЕРИТОРІЇ МІСТ ТА СУМАРНОГО ВІНОСУ ЗАВИСЛИХ РЕЧОВИН І НАФТОПРОДУКТІВ ІЗ ПОВЕРХНЕВИМ СТОКОМ

Загальний річний обсяг поверхневого стоку з водозбірної території міст ($W_з$) визначається як сума складових за формулою 3.1:

$$W_з = W_д + W_сн + W_{пм}, \text{ м}^3/\text{рік}, \quad (3.1)$$

де $W_д$, $W_сн$ та $W_{пм}$ – обсяги дощових, снігових і поливомийних стічних вод відповідно.

Загальний річний обсяг дощових вод, що стікає з території міст або окремих водозбірних басейнів, визначається за формулою 3.2:

$$W_о = 10 \cdot F \cdot \psi_о \cdot (H_е - H_з), \text{ м}^3/\text{рік}, \quad (3.2)$$

де ψ_d – коефіцієнт стоку дощових вод; F – площа водозбірної території, га; H_d та H_z – середньорічний шар дощових опадів, що випали і затриманих опадів відповідно, мм/рік.

Загальний річний обсяг снігових стічних вод визначається за формулою 3.3:

$$W_{CH} = 10 \cdot F \cdot \psi_{CH} \cdot (H_{CH} - H_z), \text{ м}^3/\text{рік}, \quad (3.3)$$

де ψ_{CH} – коефіцієнт стоку снігових вод; H_{CH} і H_z – середньорічний шар снігових опадів, що випали і затриманих опадів відповідно, мм/рік.

Норми затримання дощових та снігових опадів вибираються з табл. 3.1 для листяного лісу. Слід відзначити, що за місяцями 1, 2, 3, 11 та 12 розраховують шар затриманих снігових опадів, а за місяцями 4-10 – шар затриманих дощових опадів.

Таблиця 3.1 – Абсолютні норми затримання атмосферних та снігових опадів деревною рослинністю

Вид рослинності	Шар затриманих атмосферних опадів H_z , мм												
	місяці												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	за рік
Хвойний ліс	10	10	10	18	19	20	25	22	17	16	12	10	189
Листяний ліс	1	1	1	4	10	11	14	12	8	6	4	2	79

Загальний коефіцієнт стоку дощових (ψ_d) та снігових вод (ψ_{CH}) визначається як середньозважена величина для всієї площі, враховуючі середні значення коефіцієнтів стоку для поверхонь різних видів за формулою 3.4:

$$\psi = \frac{f_1 \cdot \psi_1 + f_2 \cdot \psi_2 + \dots + f_n \cdot \psi_n}{F}, \quad (3.4)$$

де $\psi_1 \dots \psi_n$ – значення коефіцієнтів стоку для поверхонь різних видів (табл. 3.2); $f_1 \dots f_n$ – площі кожного виду поверхонь у загальній площі водозбірної території (F), га.

Таблиця 3.2 – Значення коефіцієнтів стоку для різних видів поверхонь

Вид водозбірної поверхні	Коефіцієнт стоку, ψ	
	дощовий стік	сніговий стік
Забудовані території	0,4...0,5*	0,6
Асфальтобетонні покриття	0,85...0,95*	0,91...0,95*
Парки, гравійні покриття	0,3	0,6
Зелені масиви і насадження	0,1	0,2
Квартали міста без дорожніх одеж	0,2...0,3*	0,6

Примітка: * Тут і надалі для розрахунків приймаються найменші величини.

Річний обсяг поливомийних стічних вод з території міст визначається за формулою 3.5:

$$W_{nm} = 10 \cdot m \cdot k \cdot \psi_{nm} \cdot F_m, \text{ м}^3/\text{рік}, \quad (3.5)$$

де m – витрата води на мийку одиниці площі (на мийку 1 м² площі витрачається від 1,2 до 1,5 л води), л/м²; k – кількість мийок за рік; F_m – площа оброблюваних покриттів (складає 20% від території міста), га; ψ_{nm} – коефіцієнт стоку поливомийних стічних вод (приймається рівним 0,6).

Сумарне значення річного виносу завислих речовин і нафтопродуктів з поверхневим стоком (G) розраховується за формулою 3.6:

$$G = W_d \cdot C_d + W_{cn} \cdot C_{cn} + W_{nm} \cdot C_{nm}, \text{ г/рік}, \quad (3.6)$$

де W_d , W_{cn} , W_{nm} – річний обсяг дощових, снігових і поливомийних стічних вод як складових поверхневого стоку з водозбірної території міст відповідно, м³/рік; C_d , C_{cn} і C_{nm} – концентрації завислих речовин і нафтопродуктів у дощових, снігових та поливомийних стічних водах відповідно, г/м³.

3.3. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

3.3.1. Приклад розрахунку

Розрахуємо річний обсяг поверхневого стоку та сумарне значення річного виносу завислих речовин і нафтопродуктів із поверхневим стоком на території м. Кам'янське Дніпропетровської області, а також допустимі до скидання в водойми концентрації завислих речовин з дощовим стоком.

Хід рішення

Територія міста Кам'янське характеризується наступними параметрами (табл. 3.3).

Завдання № 1

Користуючись даними табл. 3.1, 3.2, 3.3 та формулами 3.2, 3.4, знаходимо річний обсяг дощових стічних вод, які входять до складу поверхневого стоку з території міста Кам'янське:

$$\psi_d = (0,4 \cdot 10436 + 0,85 \cdot 2629 + 0,3 \cdot 741 + 0,1 \cdot 360 + 0,2 \cdot 760) / 14926 = 0,46;$$

$$W_d = 10 \cdot F \cdot \psi_d \cdot (H_e - H_s) = 10 \cdot 14926 \cdot 0,46 \cdot (360 - 65) = 20254582,0 \text{ м}^3/\text{рік}.$$

Завдання № 2

Користуючись даними табл. 3.1, 3.2, 3.3 та формулами 3.3, 3.4, розрахуємо річний обсяг снігових стічних вод:

$$\psi_{сн} = (0,6 \cdot 10436 + 0,91 \cdot 2629 + 0,6 \cdot 741 + 0,2 \cdot 360 + 0,6 \cdot 760) / 14926 = 0,64;$$

$$W_{сн} = 10 \cdot F \cdot \psi_{сн} \cdot (H_{сн} - H_3) = 10 \cdot 14926 \cdot 0,64 \cdot (240 - 9) = 22066598,4 \text{ м}^3/\text{рік}.$$

Таблиця 3.3 – Показники для розрахунку річного обсягу поверхневого стоку, сумарного значення річного виносу завислих речовин та нафтопродуктів із поверхневим стоком на території міста Кам'янське

№ п/п	Найменування	Позначення	Одиниця виміру	Значення
1	Загальна площа міста	F	га	14926
2	Кількість дощових опадів	$H_{д}$	мм	360
3	Кількість снігових опадів	$H_{сн}$	мм	240
4	Площа водозбірної поверхні:			
	- забудовані території	f_1		10436
	- асфальтобетонні покриття	f_2		2629
	- парки, гравійні покриття	f_3	га	741
	- зелені масиви і насадження	f_4		360
	- квартали міста без дорожніх одеж	f_5		760
5	Кількість мийок для умов міста	k	-	54
6	Концентрація завислих речовин в стічних водах:			
	- дощові води	$C_{зр.д}$	г/м ³	1700
	- снігові води	$C_{зр.сн}$	г/м ³	3000
	- поливомийні води	$C_{зр.пм}$	г/м ³	4000
7	Концентрація нафтопродуктів в стічних водах:			
	- дощові води	$C_{нф.д}$	г/м ³	12
	- снігові води	$C_{нф.сн}$	г/м ³	35
	- поливомийні води	$C_{нф.пм}$	г/м ³	20

Завдання № 3

Користуючись даними табл. 3.3 та формулою 3.5, визначаємо річний обсяг поливомийних стічних вод:

$$W_{пм} = 10 \cdot t \cdot k \cdot \psi_{пм} \cdot F_m = 10 \cdot 1,2 \cdot 54 \cdot 0,6 \cdot 2985,2 = 1160645,8 \text{ м}^3/\text{рік}.$$

Завдання № 4

За допомогою формули 3.1 знаходимо загальний річний обсяг поверхневого стоку з території міста Кам'янське:

$$W_3 = W_{д} + W_{сн} + W_{пм} = 20254582,0 + 22066598,4 + 1160645,8 = 434818826,2 \text{ м}^3/\text{рік}.$$

Завдання № 5

Користуючись даними табл. 3.3 та формулою 3.6, розраховуємо сумарний річний винос завислих речовин з поверхневим стоком з території міста Кам'янське:

$$\begin{aligned} G &= W_{\partial} \cdot C_{\partial} + W_{сн} \cdot C_{сн} + W_{пм} \cdot C_{пм} = \\ &= 20254582,0 \cdot 1700 + 22066598,4 \cdot 3000 + 1160645,8 \cdot 4000 = \\ &= 105275167800 \text{ г/рік} = 105275,2 \text{ т/рік}. \end{aligned}$$

Завдання № 6

Користуючись даними табл. 3.3 та формулою 3.6, розраховуємо сумарний річний винос нафтопродуктів із поверхневим стоком з території міста Кам'янське:

$$\begin{aligned} G_{нф} &= W_{\partial} \cdot C_{нф,\partial} + W_{сн} \cdot C_{нф,сн} + W_{пм} \cdot C_{нф,пм} = \\ &= 20254582,0 \cdot 12 + 22066598,4 \cdot 35 + 1160645,8 \cdot 20 = \\ &= 1038598814,0 \text{ г/рік} = 1038,6 \text{ т/рік}. \end{aligned}$$

Висновки: в результаті проведених розрахунків щодо визначення річного обсягу поверхневого стоку, значення річного виносу завислих речовин і нафтопродуктів із поверхневим стоком з території м. Кам'янське, а також допустимих до скидання в водойми концентрації завислих речовин з дощовим стоком були отримані наступні показники (табл. 3.4):

Таблиця 3.4 – Результати власних розрахунків

№ п/п	Найменування	Позначення	Одиниця виміру	Значення
1.	Річний обсяг дощових стічних вод	W_{∂}	м ³ /рік	20254582,0
2.	Річний обсяг снігових стічних вод	$W_{сн}$	м ³ /рік	22066598,4
3.	Річний обсяг поливомийних стічних вод	$W_{пм}$	м ³ /рік	1160645,8
4.	Загальний річний обсяг поверхневого стоку	$W_{з}$	м ³ /рік	434818826,2
5.	Сумарний річний винос завислих речовин	$G_{зр}$	т/рік	105275,2
6.	Сумарний річний винос нафтопродуктів	$G_{нф}$	т/рік	1038,6

Рекомендації. Вирішити проблеми поліпшення стану та охорони водних ресурсів міста потребує комплексного підходу, а саме: поліпшення екологічного стану басейну річок у межах міста; захист від підтоплення територій у межах житлової забудови; будівництво очисних споруд у місцях скиду поверхневого стоку у річки з урахуванням відновлення та розвитку дощової каналізації; відновлення і підтримання сприятливого гідрологічного режиму та санітарного стану водойм.

3.3.2. Завдання на практичну роботу

В результаті виконання практичної роботи зробити наступні завдання:

1. Самостійно вивчити теоретичну частину методичних рекомендацій.

2. Згідно з варіантами вихідних даних (табл. 3.5-3.6) розрахувати:

1). річний обсяг дощових стічних вод, які входять до складу поверхневого стоку з території міста;

2). річний обсяг снігових стічних вод;

3). річний обсяг поливомийних стічних вод;

4). загальний річний обсяг поверхневого стоку з території міста;

5). сумарний річний винос завислих речовин з поверхневим стоком з території міста;

6). сумарний річний винос нафтопродуктів із поверхневим стоком з території міста.

3. Запропонувати заходи щодо поліпшення екологічної ситуації у зв'язку з впливом поверхневого стоку на якість природних водоймищ в умовах міських територій.

4. Оформити результати розрахунків у вигляді табл. 3.4 (приклад розрахунку).

Зміст практичної роботи повинен включати: титульний аркуш, назву та мету роботи, завдання на практичну роботу, формули та результати розрахунків завдань 1-6, висновки щодо отриманих результатів та рекомендації щодо зменшення забруднення поверхневого стоку, письмові відповіді на питання для самоконтролю.

Варіант обирається згідно номеру в журналі обліку студентів.

Таблиця 3.5 – Варіанти вихідних даних для розрахунку річного обсягу поверхневого стоку з території міст

№ вар.	Місто	Площа міста F, га	Кількість дощових (Hд)/снігових (Hсн) опадів, мм	Площа водозбірної поверхні f, га					Кількість мийок для умов міста, k
				Забудовані території, f ₁	Асфальто бетонні покриття, f ₂	Парки, гравійні покриття, f ₃	Зелені масиви та насадження, f ₄	Квартали міста без дорожніх одеж, f ₅	
1	Київ	82473	320 / 280	44054	10342	27167	236	694	150
2	Вінниця	6343	310 / 290	6064	183	101	33	145	55
3	Луцьк	3993	330 / 270	3125	471	228	46	123	50
4	Луганськ	25527	260 / 240	18625	5319	1144	148	291	120
5	Дніпро	39704	250 / 250	22018	8924	7200	413	1149	150
6	Донецьк	35834	310 / 290	23263	8683	2125	609	1154	140
7	Житомир	6083	310 / 290	4286	986	481	198	132	53
8	Ужгород	3444	370 / 310	2055	360	124	220	685	50
9	Запоріжжя	31253	260 / 190	16548	7890	5359	313	1143	137
10	Івано-Франківськ	3890	640 / 370	1803	1100	459	119	409	50
11	Кіровоград	9119	260 / 250	5882	2410	217	110	500	65
12	Сімферополь	6497	420 / 290	3840	1631	439	126	461	56
13	Львів	15200	320 / 310	10900	1966	1631	112	591	85
14	Миколаїв	11679	210 / 160	6781	3555	318	130	895	80

№ вар.	Місто	Площа міста F, га	Кількість дощових (H _d)/снігових (H _{сн}) опадів, мм	Площа водозбірної поверхні f, га					Кількість мийок для умов міста, k
				Забудовані території, f ₁	Асфальтобетонні покриття, f ₂	Парки, гравійні покриття, f ₃	Зелені масиви та насадження, f ₄	Квартали міста без дорожніх одеж, f ₅	
15	Одеса	19400	220 / 140	14700	3000	947	240	513	96
16	Полтава	8341	260 / 240	5100	1650	834	247	510	60
17	Рівне	3560	360 / 280	1866	1213	211	117	153	50
18	Суми	9340	370 / 230	7123	684	898	226	409	63
19	Тернопіль	3763	470 / 260	2185	264	854	114	346	50
20	Харків	30474	360 / 350	20958	5253	3318	428	517	125
21	Херсон	7674	270 / 120	4997	2131	199	197	150	70
22	Хмельницький	5239	300 / 290	4258	474	167	204	136	55
23	Черкаси	7500	310 / 280	5879	469	693	140	319	65
24	Чернігів	7132	370 / 220	5434	697	263	158	480	60
25	Чернівці	15340	430 / 280	5540	2592	3752	1296	2160	95

Таблиця 3.6 – Варіанти вихідних даних для розрахунку сумарного виносу завислих речовин і нафтопродуктів із поверхневим стоком

№ вар.	Місто	Середні концентрації завислих речовин в стічних водах C _{зр} , г/м ³			Середні концентрації нафтопродуктів в стічних водах C _{нф} , г/м ³		
		дощові води	снігові води	поливомийні води	дощові води	снігові води	поливомийні води
1	Київ	2100	3400	4300	19	36	22
2	Вінниця	950	1500	2010	10	21	19
3	Луцьк	700	1400	1610	9	19	17
4	Луганськ	2123	2320	2970	14	35	30
5	Дніпро	1740	2670	3780	15	31	21
6	Донецьк	2250	3105	3340	16	39	29
7	Житомир	1130	2000	3000	12	29	23
8	Ужгород	950	1170	2600	9	15	19
9	Запоріжжя	1690	2380	2890	13	28	20
10	Івано-Франківськ	750	1030	1580	9	16	19
11	Кіровоград	1850	2460	3270	13	29	21
12	Сімферополь	1170	1970	2960	10	28	19
13	Львів	1050	1460	2470	10	27	20
14	Миколаїв	1100	1570	2750	11	25	22
15	Одеса	1530	2620	3610	12	30	19
16	Полтава	1060	1860	2120	14	33	21
17	Рівне	840	1070	2620	10	25	22
18	Суми	1120	1690	2830	11	26	23
19	Тернопіль	670	750	1360	9	19	20
20	Харків	2000	2570	3320	15	31	23
21	Херсон	750	930	1280	9	18	15
22	Хмельницький	1390	2890	3500	10	34	16
23	Черкаси	1470	2980	3190	13	30	19
24	Чернігів	1060	1600	2630	10	25	21
25	Чернівці	910	1370	2960	10	22	20

Питання для самоконтролю

1. Охарактеризуйте складові поверхневого стоку з території міст.
2. Які види поверхневого стоку виділяють?
3. Під впливом яких факторів відбувається формування поверхневого стоку?
4. Коли використовується *коефіцієнт стоку*?
5. Які основні принципи контролю складу поверхневого стоку з міських територій?
6. На основі яких даних роблять оцінку виносу речовин з поверхневим стоком?
7. На які категорії розрізняються поверхневі водні об'єкти?
8. Перерахуйте основні джерела забруднення поверхневого стоку в містах.
9. Які речовини найбільш несприятливі для санітарного стану водойм?
10. З урахуванням яких даних можна розрахувати обсяг поверхневого стоку, винос зважених речовин і нафтопродуктів з дощовими, сніговими і поливомийними водами?

ПРАКТИЧНА РОБОТА №4 ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ЗАБРУДНЕННЯ МІСЬКИХ ҐРУНТІВ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ

Мета роботи: ознайомлення з властивостями важких металів в міських ґрунтах, з джерелами їх надходження в навколишнє середовище; опрацювання методики оцінювання ступеня хімічного забруднення ґрунтів міських та сільських територіях.

4.1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

4.1.1. Важкі метали в міських ґрунтах

Ґрунт є головним накопичувачем металів в наземних екосистемах. Але він не тільки акумулює, а й виступає як природний буфер, своєрідний фільтр, який контролює перенесення хімічних елементів і сполук в атмосферу, гідросферу і живу речовину.

У багатьох індустріальних районах світу з'явилися техногенні біохімічні зони з аномально високим вмістом в ґрунтах важких металів. З 110 хімічних сполук 88 – метали, і тільки 22 – неметали. В основі хімічної структури металів лежить специфічний металевий хімічний зв'язок. Найважливіші фізичні властивості металів: пластичність, електропровідність, теплопровідність, металевий блиск.

Хімічні елементи, умовно звані *важкими металами* (ВМ), як мікроелементи необхідні живим організмам, але їх надмірна кількість призводить до токсичного ефекту. небезпека забруднення навколишнього середовища ВМ пояснюється тим, що вони практично «вічні», тобто легко накопичуються в ґрунті (особливо у верхніх гумусових горизонтах), але дуже

повільно з неї видаляються природним шляхом (за сотні років). На відміну від органічних забруднювачів вони не руйнуються, а постійно мігрують, переходячи з однієї форми існування в іншу (входять до складу солей, оксидів та інших сполук), а також повільно видаляються за рахунок споживання рослинами, ерозії і дефляції.

Поглинання ВМ ґрунтами істотно залежить від реакції середовища, а також від складу аніонів ґрунтового розчину. Наприклад, було виявлено, що в кислому середовищі переважно сорбуються свинець, цинк, мідь, в лужному – кадмій і кобальт. ВМ здатні утворювати складні комплексні сполуки з органічною речовиною ґрунту, тому в ґрунтах з високим вмістом гумусу вони менш доступні для поглинання. Анаеробні умови підвищують доступність важких металів рослинам.

Постійне потрапляння металів в ґрунт призводить до формування зон підвищеної екологічної токсичності, в межах яких змінюється характер міграції елементів і деякі геохімічні параметри ґрунту. Причому швидкість і спрямованість негативних процесів залежить від якості ґрунтів (швидкість важких металів збільшується в ґрунтах з кислою реакцією ґрунтового розчину).

4.1.2. Джерела забруднення міських ґрунтів важкими металами

Джерелами забруднення навколишнього середовища ВМ є відходи практично всіх видів господарської діяльності; пилогазові викиди; автомобільний і залізничний транспорт.

Підвищений вміст ВМ в ґрунті може бути наслідком використання в сільськогосподарському виробництві меліорантів, добрив і пестицидів, а також використання для зрошення забруднених побутових і промислових стічних вод.

Рівень забруднення ґрунтів і закономірності просторового поширення ВМ залежать від потужності підприємств-забруднювачів, тривалості їх діяльності, якості сировини, технології виробництва, ефективності роботи очисних споруд.

У більшості випадків забруднення ґрунтового і рослинного покриву носять *локальний характер* і проявляються в радіусі десятків кілометрів від джерела забруднення.

4.1.3. Специфіка виробництва в забрудненні ґрунтів важкими металами

Близько металургійних заводів створюються характерні зони інтенсивного забруднення ґрунтів міддю, цинком, свинцем, кадмієм, ртуттю.

Забруднення хромом характерно для навколишнього середовища цементних заводів і нафтопереробних підприємств. Для електронної промисловості характерен кадмій, для великих міст з розвиненим автотранспортом – свинець.

У зонах забруднення вміст металів може досягати тисячі міліграмів на 1 кг ґрунту, що перевищує нормальний фоновий вміст в 100-1000 разів. Такі території не можна використовувати для потреб сільського господарства.

Локальне забруднення можуть викликати і транспортні засоби. Уздовж автомобільних смуг з високою інтенсивністю руху забруднюється придорожня

смуга на відстані 200 м з переважанням свинцю (максимальне забруднення на відстані до 10 м). З продуктами дизельного палива, мастильних матеріалів та відходами автопокришок в навколишнє середовище потрапляють кадмій і цинк. У зоні 30-80 м відзначається зниження врожайності і різке погіршення якості сільгосппродукції.

Кількість ВМ у фосфорних добривах, які випускалися в СРСР (г/т): мідь – 127, цинк – 164, хром – 121. Азотні і калійні добрива менше забруднені важкими металами.

Масове неконтрольоване застосування мінеральних добрив може призвести до істотного забруднення ґрунтів токсичними елементами, які здатні накопичуватися в культурних рослинах, знижуючи якість врожаю і сільгосппродукції – молока, м'яса та ін. Зокрема, відомо, що ячмінь, вирощений на надмірно удобрених ґрунтах, містить менше крохмалю і більше білка, а тому стає практично непридатним для використання в пивоварній промисловості.

Небезпечним для ґрунту є також систематичне використання в якості добрива осаду стічних вод, забруднених важкими металами, в той час як більшість таких в деяких випадках непридатна навіть для поховання, оскільки є можливість забруднення ґрунтів, поверхневих і підземних вод.

4.1.4. Меліорація забруднених ґрунтів

Для відновлення ґрунтів, сильно забруднених важкими металами та іншими токсичними речовинами, немає універсальної методики. Дія кожного методу обробки залежить від особливостей ґрунту і специфіки рослин, що ростуть на ній. Тому для кожного випадку необхідні спеціальні дослідження.

Самими поширеними методами відновлення ґрунтів, забруднених металами, є *вилуговування легкорухомих елементів* з ґрунтів шляхом їх промивання і перехід катіонів важких металів і мікроелементів у важкорухомі форми внесенням вапна і фосфатів з добавкою органічних речовин. Однак іммобілізація мікроелементів при цьому досягається не завжди, так як метали, присутні в ґрунті в формі складних органічних комплексів, навіть після сильного вапнування можуть зберігати рухливість.

Крім способів фізико-хімічної обробки забруднених металами ґрунтів, використовують перемішування верхнього шару з незабрудненим ґрунтом або зняття верхнього забрудненого шару і засипку привізним незабрудненим ґрунтом.

Для запобігання забруднення ґрунтів необхідно скорочувати викиди в атмосферу від транспортних засобів і промислових підприємств, ліквідувати на території міста неорганізовані звалища побутового сміття, а поховання відходів проводити відповідно до існуючих екологічних норм. Щоб уникнути вторинного забруднення атмосфери, необхідно виконувати закріплення поверхні ґрунтів посівом трав.

4.1.5. Оціночні критерії ступеня хімічного забруднення ґрунтів міських територій

Для міських умов забруднені ґрунти розглядають, перш за все, як джерело вторинного забруднення атмосферного повітря.

Геохімічним фоном називають середній вміст хімічного елемента в ґрунтах за даними вивчення статистичних параметрів його розподілу. Геохімічний фон є регіональною або місцевою характеристикою ґрунтів і порід. Ділянка території, в межах якої статистичні параметри розподілу хімічного елемента достовірно відрізняються від геохімічного фону, називається **геохімічною аномалією**. Геохімічні аномалії, в межах яких вміст забруднюючих речовин досягає концентрацій, здатних чинити несприятливий вплив на здоров'я людини, називають **зонами забруднення**.

Основним критерієм гігієнічної оцінки забруднення ґрунтів хімічними речовинами є гранично допустима концентрація (ГДК) або орієнтовно допустима концентрація (ОДК) хімічних речовин в ґрунті.

На підставі сполучених геохімічних і гігієнічних досліджень встановлена можливість використання рівня хімічного забруднення ґрунтів як індикатора неблагополучного стану атмосфери та оцінки ступеня небезпеки забруднення території для здоров'я населення.

Оцінка ступеня небезпеки забруднення ґрунту хімічними речовинами проводиться по кожній речовині з урахуванням наступних загальних закономірностей:

- небезпека забруднення тим вище, чим більше фактичний вміст компонентів забруднення ґрунту перевищує ГДК, що може бути виражено коефіцієнтом $K_o = C/ГДК$, тобто небезпека забруднення тим вище, чим більше K_o перевищує одиницю;

- небезпека забруднення тим вище, чим вище клас небезпеки контрольованої речовини, її персистентність, розчинність в воді, рухливість в ґрунті і глибина забрудненого шару;

- небезпека забруднення тим більше, чим менше буферна здатність ґрунту, яка залежить від механічного складу, вмісту органічної речовини, кислотності ґрунту. Чим нижче вміст гумусу, рН ґрунту і легше механічний склад, тим небезпечніше його забруднення хімічними речовинами.

При поліелементному забрудненні оцінка ступеня небезпеки забруднення ґрунту допускається за найбільш токсичним елементом з максимальним вмістом в ґрунті.

4.2. МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ЗАБРУДНЕННЯ МІСЬКИХ ҐРУНТІВ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ

Рівень забруднення ґрунту характеризується величиною коефіцієнта концентрації K_{Ci} (аномалії), який визначають зі співвідношення фактичного вмісту хімічного елемента в ґрунті (C_i) в мг/кг ґрунту до регіональної фонові ($C_{\phi i}$) концентрації (формула 4.1):

$$K_c = \frac{C_I}{C_\phi}, \quad (4.1)$$

де C_i – фактична концентрація хімічного елемента в ґрунтах, мг/кг;
 C_ϕ – фонова концентрація хімічного елемента, мг/кг ґрунту.

Оскільки забруднення зазвичай буває поліелементним, для його оцінки розраховують *сумарний показник забруднення*, який дорівнює сумі коефіцієнтів концентрацій хімічних елементів – забруднювачів і виражений формулою 4.2:

$$Z_c = \sum_1^n K_{ci} - (n-1), \quad (4.2)$$

де n – кількість хімічних елементів в ґрунтах.

На підставі розрахованих показників коефіцієнта концентрації K_{ci} будуються спектри забруднення ґрунтів (рис. 4.1). На радіусах відкладаються значення коефіцієнтів аномалій концентрацій окремих мікроелементів в ґрунтах. Внутрішнє коло – теоретичний контроль (відсутність забруднення) при $K_c \leq 1$.

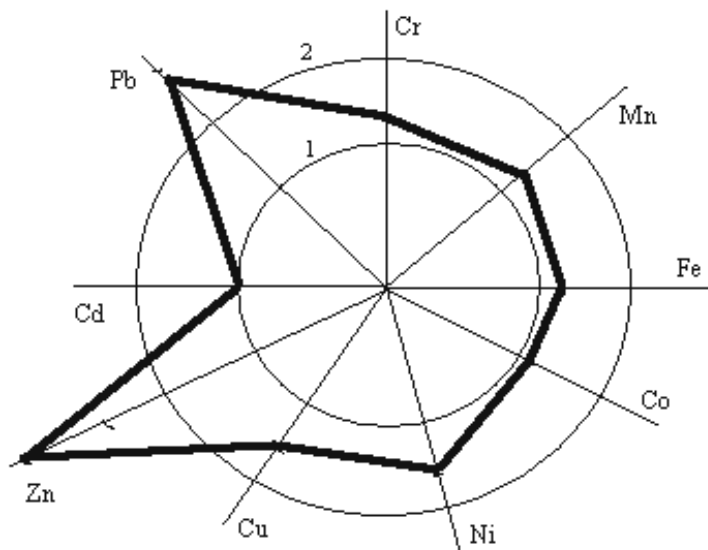


Рис. 4.1. Теоретичний спектр забруднення ґрунтів важкими металами

Оцінка ступеня небезпеки забруднення ґрунтів комплексом металів за показником Z_c , що відбиває диференціацію забруднення повітряного басейну міст як металами, так і іншими найбільш поширеними інгредієнтами (пил, окис вуглецю, оксиди азоту, сірчистий ангідрид), проводиться за оціночною шкалою, наведеною в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Орієнтовна оціночна шкала небезпеки забруднення ґрунтів за сумарним показником забруднення (Z_c)

Категорії забруднення ґрунтів	Величина Z_c	Зміни показників здоров'я населення в осередках забруднення
Допустима	Менш 16	Найнижчий рівень захворюваності дітей і мінімальна частота народження функціональних відхилень
Помірно небезпечна	16 - 32	Збільшення загальної захворюваності
Небезпечна	32 - 128	Збільшення загальної захворюваності, числа часто хворих на туберкульоз дітей, дітей з хронічними захворюваннями, порушеннями функціонального стану серцево-судинної системи
Надзвичайно небезпечна	Більш 128	Збільшення захворюваності дитячого населення, порушення репродуктивної функції жінок (збільшення токсикозів вагітності, числа передчасних пологів, мертвонароджуваності, гіпотрофія новонароджених)

Геохімічне вивчення ґрунтів у місті на регулярній основі дозволяє отримати просторову структуру забруднення призначених для забудови територій і виявити ділянки, проживання на яких пов'язане з найбільшим ризиком для здоров'я населення.

4.3. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

4.3.1. Приклад розрахунку

Розрахуємо коефіцієнти концентрації K_{Ci} для техногенно-навантаженого міста Дніпро Дніпропетровської області та сільській місцевості для порівняння та оцінимо рівень небезпеки забруднення Z_c важкими металами орного шару ґрунту району Дніпропетровської області.

Хід рішення

Розрахуємо коефіцієнти концентрації K_{Ci} для техногенно-навантаженого м. Дніпро Дніпропетровської області та сільській місцевості для порівняння за допомогою формули 4.1 та табл. 4.2.

Місто Дніпро

$$K_{Cr} = \frac{42}{30} = 1,4;$$

$$K_{Mn} = \frac{791}{600} = 1,32;$$

$$K_{Fe} = \frac{27913}{22000} = 1,3;$$

$$K_{Co} = \frac{11}{9} = 1,2;$$

$$K_{Ni} = \frac{16}{10} = 1,6;$$

$$K_{Cu} = \frac{29}{20} = 1,45;$$

$$K_{C_{Zn}} = \frac{126}{30} = 4,2;$$

$$K_{C_{Cd}} = \frac{1}{1} = 1;$$

$$K_{C_{Pb}} = \frac{27}{10} = 2,7.$$

Сільська місцевість

$$K_{C_{Cr}} = \frac{35}{30} = 1,2;$$

$$K_{C_{Mn}} = \frac{450}{600} = 0,75;$$

$$K_{C_{Fe}} = \frac{13370}{22000} = 0,6;$$

$$K_{C_{Co}} = \frac{10}{9} = 1,1;$$

$$K_{C_{Ni}} = \frac{11}{10} = 1,1;$$

$$K_{C_{Cu}} = \frac{15}{20} = 0,75;$$

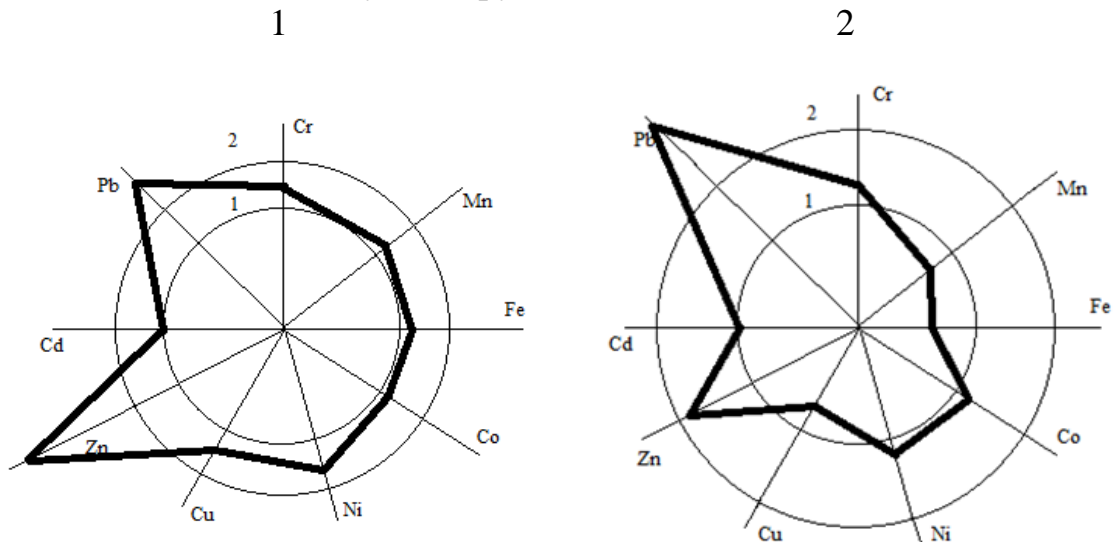
$$K_{C_{Zn}} = \frac{56}{30} = 1,9;$$

$$K_{C_{Cd}} = \frac{1}{1} = 1;$$

$$K_{C_{Pb}} = \frac{32}{10} = 3,2.$$

Короткий приклад характеристики ВМ: РТУТЬ (Hg) – єдиний метал, рідкий в звичайних умовах. У 13 разів важчий за воду, закипає при $t^{\circ} = 257^{\circ}\text{C}$. Використовується в приладах, лампах, в хімічному виробництві. Ртуть, її пари і з'єднання (особливо органічні, наприклад, метил-ртуть) дуже отруйні (небезпечна не стільки сама ртуть, скільки її сполуки).

Побудуємо спектри забруднення ґрунтів важкими металами для м. Дніпро Дніпропетровської області (1) та сільської місцевості (2) на підставі розрахованих K_{Ci} і дати оцінку їх забруднення.



Спектри забруднення ґрунтів ВМ показують, що рівень забруднення ґрунтів вище в м. Дніпро ніж сільської місцевості. Це спостерігається майже по всім ВМ, окрім Pb. Цього ВМ більше в сільській місцевості.

Використовуючи формулу 4.2 та дані таблиці 4.1 розрахуємо та оцінимо рівень небезпеки забруднення Z_c важкими металами орного шару ґрунту району м.Дніпро Дніпропетровської області.

$$Z_c = (1,4 + 1,32 + 1,3 + 1,2 + 1,6 + 1,45 + 4,2 + 1 + 2,7) - 8 = 8,17.$$

Висновки. Рівень небезпеки забруднення Z_c ВМ орного шару ґрунту району м. Дніпро дорівнює 8,17, що відповідає «допустимій» категорії забруднення ґрунтів, де спостерігається - найнижчий рівень захворюваності дітей і мінімальна частота народження функціональних відхилень.

Рекомендації. Для підвищення якості ґрунтів впроваджуються пріоритетні заходи: рекультивація порушених земель, моніторинг стану ґрунтів, інженерний захист територій, ліквідація стихійних сміттєзвалищ, тощо.

4.3.2. Завдання на практичну роботу

В результаті виконання практичної роботи зробити наступні завдання:

1. Самостійно вивчити теоретичну частину методичних рекомендацій.
2. Охарактеризувати ВМ, які використовуються в роботі (табл. 4.2), за такими положеннями: фізико-хімічні властивості, категорія небезпеки, джерела надходження в навколишнє природне середовище; токсичний ефект впливу на організм людини.
3. Розрахувати коефіцієнти концентрації K_{Ci} для техногенно-навантажених міст Дніпропетровської області та сільській місцевості (фактичні і фонові концентрації мікроелементів в ґрунтах наведені в табл. 4.2).
4. Побудувати спектри забруднення ґрунтів важкими металами для міст Дніпропетровської області та сільській місцевості на підставі розрахованих K_{Ci} і дати оцінку їх забруднення (див. рис. 4.1 та приклад розрахунку).
5. Використовуючи формулу 4.2 та дані таблиці 4.1 розрахувати та оцінити рівень небезпеки забруднення Z_c важкими металами орного шару ґрунту районів Дніпропетровської області.
6. Запропонувати заходи щодо підвищення якості ґрунтів.
7. Оформити результати розрахунків згідно прикладу розрахунку.

Зміст практичної роботи повинен включати: титульний аркуш, назву та мету роботи, завдання на практичну роботу, формули та результати розрахунків щодо рівня забруднення ґрунтів та оцінки ступеня небезпеки забруднення ґрунтів, висновки щодо отриманих результатів та рекомендації щодо підвищення якості ґрунтів, письмові відповіді на питання для самоконтролю.

Таблиця 4.2 - Концентрація мікроелементів в ґрунтах, мг/кг

Елемент	Дніпро	Кривий Ріг	Кам'янське	Нікополь	Сільська місцевість	Фонове значення
Cr	52	48	48	48	40	30
Mn	771	733	1563	8280	455	600
Fe	28913	62675	55033	24300	13390	22000
Co	18	14	13	13	10	9
Ni	19	48	22	20	12	10
Cu	39	17	44	19	15	20
Zn	136	85	177	75	66	30
Cd	2	6	2	1	1	1
Pb	29	21	45	19	35	10

Питання для самоконтролю

1. Чим пояснюється небезпека забруднення навколишнього середовища важких металів?
2. Перерахуйте джерела забруднення міських ґрунтів важкими металами.
3. Назвіть методи відновлення ґрунтів.
4. Що розуміється під «зонами забруднення» та «поліелементним забрудненням»?
5. Які критерії оцінки забруднення ґрунтів хімічними елементами?
6. Як відстроїти спектрограму концентрацій хімічних елементів?

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

1. Хімічна екологія. Навч. Посібник / О.П. Мітрясова/ видання 2-е, виправлене та оновлене – Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2016. – 318 с.
2. Мислюк О.О. Практикум з хімічної екології. – Черкаси: ЧДТУ, 2010. – 246 с.
3. Збірник задач і вправ з екології та хімії навколишнього середовища: Навчальний посібник, вид. 3-є доп. і перероб. / Василенко І.А., Півоваров О. А., Куманьов С.О. – Дніпропетровськ: Акцент ПП, 2015. – 216 с.
4. Основи екології: Підручник / Г.О. Білявський, Р.С. Фурдуй, І.Ю. Костіков. – К.: Либідь, 2004. – 408 с.
5. Кучерявий В.П. Екологія. – Львів: Світ, 2001 – 500 с. та ін.
6. Екологія: підручник для студентів вищих навчальних закладів / кол. авторів; за загальною ред. О. Є. Пахомова; худож.-оформлювач Г. В. Кісель. – Харків: Фоліо, 2014. – 666 с.
7. Мягченко О.П. Основи екології. Підручник. – К.: Центр учбової літератури, 2010. – 312 с.
8. Екологія міських систем: навч. посіб. Частина 1. / О.М. Климчик, А.П. Багмет, Є.М. Данкевич, С.І. Матковська, за ред. О.М. Климчик. – Житомир: Видавець О.О. Євенок, 2016. – 460 с.
9. Екологія міських систем: навч. посіб. Частина 2. / О.М. Климчик, А.П. Багмет, Є.М. Данкевич, С.І. Матковська, за ред. О.М. Климчик. – Житомир: Видавець О. О. Євенок, 2017. – 458 с.
10. Методика розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі забруднюючих речовин, що утримуються у викидах підприємств. ОНД – 86. Держкомгидромет, 1987. – Л: Гідрометео видав. – 94 с.

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ	3
Практична робота №1. Розрахунок розсіювання в атмосфері шкідливих речовин	4
Практична робота №2. Визначення рівня забруднення повітря оксидом вуглецю (СО) в населених пунктах.....	16
Практична робота №3. Розрахунок поверхневого стоку з території міст.....	24
Практична робота №4. Визначення рівня забруднення міських ґрунтів важкими металами.....	33
ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ.....	41

Миронова Інна Геннадіївна
Борисовська Олена Олександрівна

ЕКОЛОГІЯ

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

для студентів освітньо-професійної програми «Хімічні технології та інженерія» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

Друкується у авторській редакції

Підписано до друку 25.02.2021 р. Формат 30 x 42/4.

Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 2,4.

Обл.-вид. арк. 2,4. Тираж 30 прим. Зам. №

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»
49005, м. Дніпро, просп. Д. Яворницького, 19