

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання практичних робіт
з дисципліни «Нормування антропогенного навантаження
на навколишнє середовище»

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

Методичні вказівки
до виконання практичних робіт
з дисципліни «Нормування антропогенного навантаження
на навколишнє середовище»

Вінниця
ВНТУ
2018

Рекомендовано до друку Методичною радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 3 від 23.11.2017 р.)

Рецензенти:

М. В. Євсєєва, кандидат хімічних наук, доцент

О. О. Ткачук, кандидат біологічних наук, доцент

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище» / Уклад. О. В. Дубчак. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 39 с.

Методичні вказівки призначені для студентів екологічних спеціальностей та містять теоретичний та практичний матеріал, необхідний для виконання практичних робіт з дисципліни «Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище».

Зміст

Вступ.....	4
Практична робота № 1	
Розрахунок забруднення атмосфери викидами від одиночного джерела.....	5
Практична робота № 2	
Розрахунок гранично допустимого викиду шкідливих речовин в атмосферу та мінімальної висоти труби.....	12
Практична робота № 3	
Визначення хімічного навантаження на повітряне середовище.....	15
Практична робота № 4	
Визначення умов скидання стічних вод у водойми.....	25
Практична робота № 5	
нормування вмісту радіонуклідів.....	29
Практична робота № 6	
Нормування забруднення важкими металами харчових продуктів.....	33
Література.....	38

ВСТУП

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

Запропоновані у методичних вказівках практичні заняття охоплюють головні теми дисципліни «Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище». Після виконання цих практичних робіт студенти мають вміти: здійснювати нормування кількості шкідливих речовин, що викидаються в повітря, ґрунти та воду всіма типами забруднювачів; проводити розрахунок показників шкоди, спричиненої забрудненням чи негативними змінами природного середовища; прогнозувати екологічний стан довкілля та приймати відповідні санкції та рішення щодо порушників законів про охорону природи. Таким чином, дані методичні вказівки призначені для формування у студентів екологічних спеціальностей практичних умінь у галузі нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище.

Практична робота № 1

РОЗРАХУНОК ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ ВИКИДАМИ ВІД ОДИНОЧНОГО ДЖЕРЕЛА

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

Максимальне значення приземної концентрації шкідливої речовини при викиді газоповітряної суміші з одиночного точкового джерела досягається при несприятливих метеорологічних умовах на відстані (x , м) від джерела та визначається за формулою:

$$c_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}, \quad (1)$$

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; F – безрозмірний коефіцієнт, що враховує швидкість осідання шкідливих речовин в атмосферному повітрі; m , n – коефіцієнти, що враховують умови виходу газоповітряної суміші з гирла джерела викиду; розраховуються по різних формулах; η – безрозмірний коефіцієнт, що враховує вплив рельєфу місцевості; у випадку рівної чи слабо пересіченої місцевості з перепадом висот, що не перевищують 50 м на 1 км, $\eta = 1$; H – висота джерела викиду над рівнем землі, м (для наземних джерел при розрахунках приймається $H = 2$ м); V_1 – витрата газоповітряної суміші, м³/з; ΔT – різниця між температурою газоповітряної суміші, що викидається, T_r , та температурою навколишнього атмосферного повітря $T_{н.с}$, °С.

Витрата газоповітряної суміші визначається за формулою:

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

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

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

Ефективний діаметр гирла (D_e , м):

$$D_e = \frac{2 \cdot L \cdot b}{L + b}, \quad (3)$$

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

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

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

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) та витрати газоповітряної суміші (V_1) при проектуванні підприємств визначаються розрахунком у технологічній частині чи проекті приймаються відповідно до діючого для даного виробництва (процесу) нормативами.

Розрахунки концентрацій, як правило, проводяться для тих речовин, викиди яких задовольняють вимогам:

$$\frac{M_c}{ГДК} > \Phi; \quad (5)$$

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

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

де M_c – сумарне значення викиду від усіх джерел підприємства, що відповідає найбільш несприятливим із встановлених умов викиду, включаючи вентиляційні джерела та неорганізовані викиди, г/с; $ГДК$ – максимально разова гранично допустима концентрація, мг/м³; H – середньозважена по підприємству висота джерел викиду, м.

Значення безрозмірного коефіцієнта F приймається:

– для газоподібних шкідливих речовин та 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 % та при відсутності очищення – 3.

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

$$f = 1000 \frac{w_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T}, \quad v_M = 0,65 \sqrt{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}}, \quad (6, 7)$$

$$v_M' = 1,8 \frac{w_0 \cdot D}{H}, \quad f_e = 800 (v_M')^3. \quad (8, 9)$$

Коефіцієнт m визначається залежно від f :

– при $f < 100$:

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f}}; \quad (10)$$

– при $f > 100$:

$$m = \frac{1,47}{\sqrt[3]{f}}; \quad (11)$$

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

Коефіцієнт n розраховують:

- при $f < 100$ n залежить від v_M : при $v_M \geq 2$: $n = 1$, при $0,5 \leq v_M < 2$:
 $n = 0,532 \cdot v_M^2 - 2,13 \cdot v_M + 3,13$, при $v_M < 0,5$: $n = 4,4 \cdot v_M$;
- при $f \geq 100$ коефіцієнт n обчислюється при $v_M' = v_M$;
- $f \geq 100$ і $v_M' \geq 0,5$ (холодні викиди) при розрахунку V_M використовується формула:

$$c_M = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot n \cdot \eta}{H^{4/3}} \cdot K. \quad (12)$$

При цьому коефіцієнт K :

$$K = \frac{1}{7,1\sqrt{w_0 \cdot V_1}}. \quad (13)$$

Відстань (x_m , м) від джерела викидів, на якому приземна концентрація при несприятливих метеорологічних умовах досягає максимального значення:

$$x_m = \frac{5 - F}{4} \cdot d \cdot H, \quad (14)$$

де d – безрозмірний коефіцієнт.

При $f < 100$ безрозмірний коефіцієнт d знаходиться: при $v_m \leq 0,5$:
 $d = 2,48 \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f_e})$, при $0,5 < v_m \leq 2$: $d = 4,95 \cdot v_m (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f_e})$, при
 $v_m > 2$: $d = 7 \cdot \sqrt{v_m} (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f_e})$, при $f >$ значення d дорівнює: при $v_m' \leq 0,5$:
 $d = 5,7$, при $0,5 < v_m' \leq 2$: $d = 11,4 \cdot v_m'$, при $v_m' > 2$: $d = 16\sqrt{v_m'}$.

Завдання:

1. Відповідно до заданого варіанта (табл. 1) розрахувати максимальне значення приземної концентрації шкідливої речовини (c_m).
2. Розрахувати відстань від джерела викидів, на якій приземна концентрація при несприятливих метеорологічних умовах досягає максимального значення (x_{mi}).

Таблиця 1 – Технологічні параметри викиду забруднюючих речовин по варіантам

Технологічні параметри викиду забруднюючих речовин	Варіанти завдань					
	1	2	3	4	5	6
Маса шкідливої речовини, яка викидається в атмосферу M , г/с	12	2,6	0,48	1,07	0,2	0,14
Висота джерела викиду над рівнем землі H , м	35	2	3	15	7	20
Середня швидкість виходу газоповітряної суміші із гирла w_0 , м/с	7	11	4,5	8,2	6	3,5
Різниця між температурою викидної суміші і температурою навколишнього середовища ΔT , °C	100	95	50	82	105	78
Коефіцієнт A	200	250	160	180	200	140
Коефіцієнт F	3	2,5	1	2	1	2
Коефіцієнт, який враховує вплив рельєфу місцевості η	1	0,8	0,95	1,05	1,1	0,85
Діаметр гирла джерела викиду D , м	1,4	–	1,05	–	0,85	–
Довжина гирла L , м	–	0,7	–	1,0	–	0,6
Ширина гирла B , м	–	0,25	–	1,35	–	0,6
Швидкість вітру u , м/с	2,2	2,0	2,15	1,95	2,05	2,1
Відстань по осі факела від джерела викиду (x , м), на якій необхідно визначити концентрацію шкідливої речовини при небезпечній швидкості вітру	200	240	150	180	320	280

Продовження таблиці 1

Технологічні параметри викиду забруднюючих речовин	Варіанти завдань					
	1	2	3	4	5	6
Відстань (Y , м) по перпендикуляру до осі факела, на якій розраховується концентрація (c_y)	10	15	20	30	35	25
Технологічні параметри викиду забруднюючих речовин	Варіанти завдань					
	7	8	9	10	11	12
Маса шкідливої речовини, яка викидається в атмосферу M , г/с	15	3,4	4,8	7,1	2,2	1,4
Висота джерела викиду над рівнем землі H , м	11	2	16	10	21	18
Середня швидкість виходу газоповітряної суміші із гирла w_0 , м/с	2,3	4	5,6	4	7,1	12
Різниця між температурою викидної суміші та температурою навколишнього середовища ΔT , °C	81	26	87	94	121	99
Коефіцієнт A	140	200	160	180	200	140
Коефіцієнт F	3	2	1,5	2,5	3	1
Коефіцієнт, який враховує вплив рельєфу місцевості η	1,1	2,8	0,6	1,45	2,1	0,45
Діаметр гирла джерела викиду D , м	–	–	2,03	1,98	0,65	0,23
Довжина гирла L , м	0,1	0,36	–	–	–	–
Ширина гирла B , м	0,11	2,1	–	–	–	–
Швидкість вітру u , м/с	2,0	1,98	2,02	2,1	1,95	2,0
Відстань по осі факела від джерела викиду (x , м), на якій необхідно визначити концентрацію шкідливої речовини при небезпечній швидкості вітру	100	210	200	180	190	150
Відстань (Y , м) по перпендикуляру до осі факела, на якій розраховується концентрація (c_y)	15	10	35	20	15	20
Технологічні параметри викиду забруднюючих речовин	Варіанти завдань					
	13	14	15	16	17	18
Маса шкідливої речовини, яка викидається в атмосферу M , г/с	5,23	6,3	2,01	11,2	6,54	5,21
Висота джерела викиду над рівнем землі H , м	11	25	14	32	5	4
Середня швидкість виходу газоповітряної суміші із гирла w_0 , м/с	2	10	5	6	8	0,5
Різниця між температурою викидної суміші та температурою навколишнього середовища ΔT , °C	50	42	87	56	48	96
Коефіцієнт A	180	210	150	140	210	110
Коефіцієнт F	1,5	2,0	2,0	1,0	1,5	1,0
Коефіцієнт, який враховує вплив рельєфу місцевості η	0,9	1,0	1,01	1,98	2,03	1,9

Продовження таблиці 1

Технологічні параметри викиду забруднюючих речовин	Варіанти завдань					
	13	14	15	16	17	18
Діаметр гирла джерела викиду D , м	2,1	–	–	1,9	0,45	–
Довжина гирла L , м	–	2,3	3,1	–	–	0,56
Ширина гирла B , м	–	2,0	1,9	–	–	0,6
Швидкість вітру u , м/с	2,12	2,2	2,05	1,95	2,0	2,1
Відстань по осі факела від джерела викиду (x , м), на якій необхідно визначити концентрацію шкідливої речовини при небезпечній швидкості вітру	200	210	550	160	220	160
Відстань (Y , м) по перпендикуляру до осі факела, на якій розраховується концентрація (c_y)	15	15	25	20	15	25
Технологічні параметри викиду забруднюючих речовин	Варіанти завдань					
	19	20	21	22	23	24
Маса шкідливої речовини, яка викидається в атмосферу M , г/с	2,1	3,4	6,1	4,2	8,0	6,6
Висота джерела викиду над рівнем землі H , м	11	15	21	14	31	21
Середня швидкість виходу газоповітряної суміші із гирла w_0 , м/с	2,4	2,3	5,6	7,1	4,0	2,6
Різниця між температурою викидної суміші і температурою навколишнього середовища ΔT , °C	96	95	59	62	101	73
Коефіцієнт A	200	150	140	160	210	140
Коефіцієнт F	1	2,5	1	1,5	1	2
Коефіцієнт, який враховує вплив рельєфу місцевості η	1	0,85	0,95	1,1	1,1	0,85
Діаметр гирла джерела викиду D , м	1,8	–	2,05	–	3,5	–
Довжина гирла L , м	–	0,72	–	1,8	–	0,62
Ширина гирла B , м	–	0,35	–	1,35	–	0,36
Швидкість вітру u , м/с	2,0	2,05	1,95	2,05	2,05	2,0
Відстань по осі факела від джерела викиду (x , м), на якій необхідно визначити концентрацію шкідливої речовини при небезпечній швидкості вітру	200	260	250	280	120	280
Відстань (Y , м) по перпендикуляру до осі факела, на якій розраховується концентрація (c_y)	15	15	25	20	35	25
Технологічні параметри викиду забруднюючих речовин	Варіанти завдань					
	25	26	27	28	29	30
Маса шкідливої речовини, яка викидається в атмосферу M , г/с	16	2,1	0,98	1,7	0,26	0,19
Висота джерела викиду над рівнем землі H , м	15	14	24	17	28	20

Продовження таблиці 1

Технологічні параметри викиду забруднюючих речовин	Варіанти завдань					
	25	26	27	28	29	30
Середня швидкість виходу газоповітряної суміші із гирла w_0 , м/с	3,6	4,1	2,0	2,9	4,1	4,05
Різниця між температурою викидної суміші і температурою навколишнього середовища ΔT , °C	96	57	46	87	95	30
Коефіцієнт A	210	240	260	140	210	140
Коефіцієнт F	3	1,5	1	2,5	1	2
Коефіцієнт, який враховує вплив рельєфу місцевості η	1,02	0,99	0,95	1,08	1,12	0,85
Діаметр гирла джерела викиду D , м	1,6	–	2,03	–	0,85	–
Довжина гирла L , м	–	0,9	–	1,2	–	0,66
Ширина гирла B , м	–	0,5	–	1,35	–	0,6
Швидкість вітру u , м/с	2,0	2,05	2,15	1,15	2,05	2,15
Відстань по осі факела від джерела викиду (x , м), на якій необхідно визначити концентрацію шкідливої речовини при небезпечній швидкості вітру	180	140	150	180	220	280
Відстань (Y , м) по перпендикуляру до осі факела, на якій розраховується концентрація (c_y)	15	10	30	30	35	25

Практична робота № 2
РОЗРАХУНОК ГРАНИЧНО ДОПУСТИМОГО ВИКИДУ
ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН В АТМОСФЕРУ ТА МІНІМАЛЬНОЇ
ВИСОТИ ТРУБИ

Гранично допустимий викид ($G_{ДВ}$, мг/с) шкідливих речовин в атмосфері – це викид, при якому концентрація шкідливих речовин у приземному шарі атмосфери не буде перевищувати $G_{ДК}$.

Розрахунок $G_{ДВ}$ шкідливих речовин в атмосфері здійснюється за формулою:

$$G_{ДВ} = \frac{G_{ДК} \cdot H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}{A \cdot F \cdot m}, \quad (1)$$

де $G_{ДВ}$ – гранично допустимий викид шкідливих речовин в атмосферу, мг/с; $G_{ДК}$ – гранично допустима концентрація шкідливої речовини в атмосферному повітрі населених місць, мг/м³; 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, та температурою навколишнього атмосферного повітря, °С; A – коефіцієнт, що залежить від температурної стратифікації; F – безрозмірний коефіцієнт, що враховує швидкість осідання шкідливих речовин в атмосфері.

Різниця між температурою газоповітряної суміші, що викидається, та температурою навколишнього атмосферного повітря, °С:

$$\Delta T = T_r - T_n, \quad (2)$$

де T_r – температура газів, що викидаються в атмосферу, (повітря), °С; T_n – температура навколишнього атмосферного повітря, звичайно вибирається середня температура найжаркішого місяця на 13 годину дня для такої місцевості, °С.

Коефіцієнт A дорівнює 200 для України.

Безрозмірний коефіцієнт F приймається для газоподібних домішок $F = 1$; для пилу залежно від ступеня очищення: а) при $> 90 \%$: $F = 2,0$; б) при $< 90 \%$: $F = 2,5$; в) при відсутності очищення $F = 3,0$.

Коефіцієнт m визначається за формулою:

$$m = 1/(0,0551 \cdot f + 1,037), \quad (3)$$

де f – величина, яка розраховується за формулою:

$$f = 10^3 \cdot (w_0^2 \cdot D) / (H^2 \cdot \Delta T), \quad (4)$$

де D – діаметр устя труби, м.

Розрахунок діаметра устя труби D здійснюється за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4V}{3,14w_0}}, \quad (5)$$

де w_0 – швидкість газу з устя труби (величина змінна), м/с; від 4 до 20 м/с з інтервалом 2 м/с.

Значення висоти викиду (труби) H при знайденому викиді шкідливих речовин, при котрій забезпечується значення суми $C_M + C_\phi$ – максимальних приземної та фонові концентрації шкідливої речовини, що не перевищують $ГДК$, визначається таким чином:

$$H = \sqrt[4]{\frac{AFMD\eta}{8V_1 \cdot (ГДК - C_\phi)}}. \quad (6)$$

Завдання:

1. Розрахувати гранично допустимий викид шкідливих речовин в атмосферу згідно із даними по варіантам (по трьом речовинам, табл. 2, табл. 3).
2. Розрахувати мінімальну висоту труби для дотримання гранично допустимого викиду трьох забруднюючих речовин для шести діаметрів труби $d = 0,5$ м; $0,75$ м; 1 м; $1,25$ м; $1,5$ м; з роботи № 1.
3. Відобразити залежність діаметра і висоти труби для дотримання гранично допустимого викиду трьох забруднюючих речовин.

Таблиця 2 – Варіанти завдань

Варіант	$V, \text{ м}^3/\text{с}$	$\Delta T, ^\circ\text{C}$	Номери речовин (табл. 3)
1.	10	50	1, 2, 3
2.	15	90	1, 2, 4
3.	5	40	1, 2, 5
4.	3	80	2, 3, 6
5.	10	40	11, 12, 13
6.	2	80	1, 9, 10
7.	5	50	1, 2, 3
8.	4	100	1, 9, 10
9.	8	60	5, 9, 11
10.	10	50	10, 2, 3
11.	11	90	2, 8, 4
12.	5	80	8, 11, 12
13.	6	40	10, 7, 9

Продовження таблиці 2

Варіант	V, м ³ /с	ΔT, °C	Номери речовин (табл. 3)
14.	12	60	1, 3, 8
15.	14	70	3, 2, 5
16.	7	80	1, 4, 10
17.	8	90	11, 2, 5
18.	6	60	2, 6, 8
19.	11	40	7, 9, 6
20.	4	80	4, 3, 8
21.	7	70	2,6,4
22.	6	10	2, 3, 6
23.	10	60	4, 1, 11
24.	5	50	7, 8, 10
25.	8	40	3, 2, 1
26.	9	80	10, 4, 5

Таблиця 3 – Список найбільш значимих у гігієнічному відношенні хімічних речовин, що забруднюють атмосферне повітря великих міст

№	Речовина	ГДК, мг/м ³	С _ф , мг/м ³
1	Оксид азоту (IV)	0,04	0,01
2	Бенз(а)пірен	10 ⁻⁶ мг/м ³	10 ⁻⁷
3	Пил неорганічний	0,15	0,1
4	Ртуть	0,0003	0,0002
5	Свинець	0,0003	0,00005
6	Сірководень	0,008	0,006
7	Сірковуглець	0,005	0,002
8	Оксид сірки (IV)	0,05	0,009
9	Оксид вуглецю (II)	3,0	1,2
10	Фтористі сполуки (газоподібні)	0,005	0,003
11	Фенол	0,003	0,0015
12	Формальдегід	0,003	0,002
13	Хром та його сполуки в перерахунку на Cr ₂ O ₃	0,0015	0,0008
14	Аміак	0,04	0,02
15	Бензол	0,1	0,003
16	Оксид заліза	0,04	0,01
17	Сполуки кадмію	0,0003	0,0002
18	Кобальт	0,001	0,0005
19	Сполуки марганцю	0,001	0,0001

Практична робота № 3

ВИЗНАЧЕННЯ ХІМІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ПОВІТРЯНЕ СЕРЕДОВИЩЕ

Хімічне навантаження на населення варто розглядати як суму хімічних забруднень, що надходять в організм людини через органи дихання протягом визначеного періоду часу.

Показник реального хімічного навантаження визначається як сума добутків сумарного хімічного забруднення повітряного середовища в різних умовах на час перебування людини в цих умовах:

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

де S – показник хімічного навантаження; P_i – показник забруднення повітряного середовища; t_i – тривалість впливу в частках доби; n – число різних умов перебування.

У якості основних складових сумарного хімічного навантаження для людини приймаються дози забруднення повітря у виробничих приміщеннях, житлових будинках, салонах міського транспорту, атмосферного повітря житлового середовища міста та зон рекреації. Таким чином, формулу розрахунку S можна представити у вигляді:

$$S = P_{np} \cdot t_{np} + P_{ж} \cdot t_{ж} + P_{тр} \cdot t_{тр} + P_{жс} \cdot t_{жс} + P_{рек} \cdot t_{рек}, \quad (2)$$

де P_{np} , $P_{ж}$, $P_{тр}$, $P_{жс}$, $P_{рек}$ – відповідно рівні хімічного забруднення повітряного середовища виробничих приміщень, житлових будинків, салонів міського транспорту, атмосферного повітря середовища міста та місць рекреації; t_{np} , $t_{ж}$, $t_{тр}$, $t_{жс}$, $t_{рек}$ – відповідні частки добового часу, протягом якого людина піддається впливу хімічних забруднень, що містяться в повітряному середовищі.

Частка добового часу розраховується за формулою:

$$t_i = \frac{T_i}{24}, \quad (3)$$

де T_i – середня тривалість перебування людини на виробництві, у квартирі, транспорті та на відкритому повітрі.

Умовний показник ступеня забруднення повітряного середовища P_i :

$$P_i = \sqrt{\sum_{j=1}^m K_j^2}, \quad (4)$$

де K_j – приведені до 3-го класу небезпеки кратності перевищення $\Gamma ДК$ речовин різних класів; m – число речовин.

Для приведення значень кратностей K_i перевищення $\Gamma ДК$ речовин 1, 2 та 4-го класів небезпеки використовуються співвідношення:

$$\text{1-й клас } K_i^{(3)} = k_i^{(1)} \cdot 3^n, \quad n = 2,89 \cdot |\lg(k_i^{(1)})|; \quad (5)$$

$$\text{2-й клас } K_i^{(3)} = k_i^{(2)} \cdot (3/2)^n, \quad n = 1,55 \cdot |\lg(k_i^{(2)})|; \quad (6)$$

$$\text{3-й клас } K_i^{(3)} = k_i^{(3)} \cdot (3/4)^n, \quad n = 1,05 \cdot |\lg(k_i^{(3)})|; \quad (7)$$

де $k_i^{(1)}$, $k_i^{(2)}$ та $k_i^{(3)}$ – значення кратностей перевищення $\Gamma ДК$ відповідно для речовин 1, 2 та 4-го класів небезпеки.

Кратність перевищення $\Gamma ДК$, включаючи значення, менші 1, встановлюється шляхом ділення фактичної концентрації такої речовини на середньодобову $\Gamma ДК$:

$$k_i = \frac{C}{\Gamma ДК}. \quad (8)$$

Завдання:

1. Розрахувати величину хімічного навантаження на навколишнє середовище згідно з варіантом (табл. 4).

Таблиця 4 – Середньодобова концентрація забруднюючих речовин в середовищах, де перебуває людина по варіантам

Об'єкт спостереження	Час перебування людини, год	Забруднюючі речовини у відповідних умовах перебування	Середньодобова концентрація речовини, мг/м ³
Варіант 1			
Виробниче приміщення	8	Оксид вуглецю II	3,580
		Сірководень	0,006
		Фенол	0,003
		Пил неорганічний	0,450
Житлова площа	12	Оксид вуглецю II	2,500
Міський автотранспорт	2	Оксид вуглецю II	3,100
		Оксид азоту IV	0,054
		Свинець	0,0004
		Пил неорганічний	0,50

Продовження таблиці 4

Об'єкт спостереження	Час перебування людини, год	Забруднюючі речовини у відповідних умовах перебування	Середньодобова концентрація речовини, мг/м ³
Варіант 1			
Житлове середовище	1	Оксид вуглецю II	2,540
		Оксид азоту IV	0,020
Місце рекреації	1	Оксид вуглецю II	0,500
		Оксид азоту IV	0,010
Варіант 2			
Виробниче приміщення	8	Стирол	0,002
		Толуол	0,500
		Ксилол	0,180
		Етилбензол	0,020
Житлова площа	13	Оксид вуглецю II	1,200
		Формальдегід	0,002
Міський автотранспорт	2	Оксид вуглецю II	1,400
		Оксид азоту IV	0,070
		Свинець	0,0001
		Пил неорганічний	3,0
Житлове середовище	1	Оксид вуглецю II	0,500
		Оксид азоту IV	0,020
		Формальдегід	0,001
Місце рекреації	1	Оксид вуглецю II	0,500
		Оксид азоту IV	0,010
Варіант 3			
Виробниче приміщення	8	Стирол	0,001
		Толуол	0,600
		Етилбензол	0,020
Житлова площа	10	Аміак	0,035
		Формальдегід	0,002
		Нафталін	0,0035
Міський автотранспорт	2	Оксид вуглецю II	1,400
		Оксид азоту IV	0,070
		Свинець	0,0001
		Пил неорганічний	3,0
		Бенз(а)пірен	$0,0015 \cdot 10^{-3}$
Житлове середовище	2	Оксид вуглецю II	0,500
		Оксид азоту IV	0,020
		Формальдегід	0,001
		Бенз(а)пірен	$0,0012 \cdot 10^{-3}$
Місце рекреації	2	Оксид вуглецю II	0,050
		Оксид азоту IV	0,010
		Формальдегід	0,001
Варіант 4			
Виробниче приміщення	8	Оксид сірки IV	0,065
		Пил неорганічний	0,200

Продовження таблиці 4

Об'єкт спостереження	Час перебування людини, год	Забруднюючі речовини у відповідних умовах перебування	Середньодобова концентрація речовини, мг/м ³
Варіант 4			
Житлова площа	10	Сірководень	0,007
		Формальдегід	0,002
		Нафталін	0,0035
Міський автотранспорт	2	Оксид вуглецю II	1,400
		Оксид азоту IV	0,070
		Свинець	0,0002
		Пил неорганічний	3,0
		Бенз(а)пірен	0,0018·10 ⁻³
Житлове середовище	2	Оксид вуглецю II	0,500
		Оксид азоту IV	0,020
		Формальдегід	0,001
		Бенз(а)пірен	0,0010·10 ⁻³
Місце рекреації	2	Оксид вуглецю II	0,030
		Оксид азоту IV	0,005
Варіант 5			
Виробниче приміщення	8	Аміак	0,065
		Пил неорганічний	0,100
Житлова площа	10	Ацетофенон	0,007
		Нафталін	0,0035
		Пил неорганічний	0,170
Міський автотранспорт	1	Оксид вуглецю II	4,200
		Оксид азоту IV	0,050
		Свинець	0,0003
		Пил неорганічний	3,0
		Бенз(а)пірен	0,005·10 ⁻³
Житлове середовище	4	Оксид вуглецю II	0,300
		Оксид азоту IV	0,026
		Формальдегід	0,002
Місце рекреації	1	Оксид вуглецю II	0,030
		Оксид азоту IV	0,005
Варіант 6			
Виробниче приміщення	8	Оксид вуглецю II	2,000
		Сірководень	0,007
		Пил неорганічний	0,450
Житлова площа	12	Оксид вуглецю II	2,500
		Пил неорганічний	0,20
Міський автотранспорт	2	Оксид вуглецю II	3,100
		Оксид азоту IV	0,054
		Свинець	0,0004
		Пил неорганічний	0,50
Житлове середовище	1	Оксид вуглецю II	2,540
		Оксид азоту IV	0,020

Продовження таблиці 4

Об'єкт спостереження	Час перебування людини, год	Забруднюючі речовини у відповідних умовах перебування	Середньодобова концентрація речовини, мг/м ³
Варіант 6			
Місце рекреації	1	Оксид вуглецю II	0,500
		Оксид азоту IV	0,010
Варіант 7			
Виробниче приміщення	12	Оксид вуглецю II	3,220
		Сірководень	0,004
		Фенол	0,007
		Пил неорганічний	0,910
Житлова площа	8	Оксид вуглецю II	3,500
Міський автотранспорт	2	Оксид вуглецю II	3,600
		Оксид азоту IV	0,014
		Свинець	0,0002
		Пил неорганічний	0,48
Житлове середовище	1	Оксид вуглецю II	2,700
		Оксид азоту IV	0,025
Місце рекреації	1	Оксид вуглецю II	0,580
		Оксид азоту IV	0,015
Варіант 8			
Виробниче приміщення	9	Стирол	0,008
		Толуол	0,250
		Ксилол	0,260
		Етилбензол	0,010
Житлова площа	11	Оксид вуглецю II	1,500
		Формальдегід	0,012
Міський автотранспорт	3	Оксид вуглецю II	1,100
		Оксид азоту IV	0,075
		Свинець	0,002
		Пил неорганічний	5,0
Житлове середовище	1	Оксид вуглецю II	0,450
		Оксид азоту IV	0,030
		Формальдегід	0,005
Місце рекреації	1	Оксид вуглецю II	0,350
		Оксид азоту IV	0,018
Варіант 9			
Виробниче приміщення	7	Стирол	0,002
		Толуол	0,500
		Етилбензол	0,025
Житлова площа	9	Аміак	0,012
		Формальдегід	0,003
		Нафталін	0,0045
Міський автотранспорт	2	Оксид вуглецю II	1,900
		Оксид азоту IV	0,070
		Свинець	0,0005

Продовження таблиці 4

Об'єкт спостереження	Час перебування людини, год	Забруднюючі речовини у відповідних умовах перебування	Середньодобова концентрація речовини, мг/м ³
Варіант 9			
		Пил неорганічний	1,0
		Бенз(а)пірен	0,0018·10 ⁻³
Житлове середовище	3	Оксид вуглецю II	1,500
		Оксид азоту IV	0,060
		Формальдегід	0,0005
		Бенз(а)пірен	0,0008·10 ⁻³
Місце рекреації	3	Оксид вуглецю II	0,045
		Оксид азоту IV	0,015
		Формальдегід	0,002
Варіант 10			
Виробниче приміщення	10	Оксид сірки IV	0,015
		Пил неорганічний	0,800
Житлова площа	9	Сірководень	0,017
		Формальдегід	0,008
		Нафталін	0,001
Міський автотранспорт	2	Оксид вуглецю II	3,100
		Оксид азоту IV	0,170
		Свинець	0,002
		Пил неорганічний	1,0
		Бенз(а)пірен	0,0005·10 ⁻³
Житлове середовище	1	Оксид вуглецю II	0,600
		Оксид азоту IV	0,120
		Формальдегід	0,0002
		Бенз(а)пірен	0,0012·10 ⁻³
Місце рекреації	2	Оксид вуглецю II	0,050
		Оксид азоту IV	0,002
Варіант 11			
Виробниче приміщення	8	Аміак	0,07
		Пил неорганічний	1,100
Житлова площа	10	Ацетофенон	0,004
		Нафталін	0,0015
		Пил неорганічний	0,240
Міський автотранспорт	1	Оксид вуглецю II	1,200
		Оксид азоту IV	0,150
		Свинець	0,0001
		Пил неорганічний	2,0
		Бенз(а)пірен	0,002·10 ⁻³
Житлове середовище	4	Оксид вуглецю II	0,350
		Оксид азоту IV	0,021
		Формальдегід	0,001
Місце рекреації	1	Оксид вуглецю II	0,250
		Оксид азоту IV	0,015

Продовження таблиці 4

Об'єкт спостереження	Час перебування людини, год	Забруднюючі речовини у відповідних умовах перебування	Середньодобова концентрація речовини, мг/м ³
Варіант 12			
Виробниче приміщення	9	Оксид вуглецю II	1,000
		Сірководень	0,005
		Пил неорганічний	0,440
Житлова площа	9	Оксид вуглецю II	2,600
		Пил неорганічний	0,40
Міський автотранспорт	3	Оксид вуглецю II	3,800
		Оксид азоту IV	0,015
		Свинець	0,0002
		Пил неорганічний	1,50
Житлове середовище	2	Оксид вуглецю II	2,660
		Оксид азоту IV	0,120
Місце рекреації	1	Оксид вуглецю II	0,300
		Оксид азоту IV	0,020
Варіант 13			
Виробниче приміщення	11	Оксид вуглецю II	3,720
		Сірководень	0,001
		Фенол	0,006
		Пил неорганічний	0,750
Житлова площа	8	Оксид вуглецю II	2,200
Міський автотранспорт	2	Оксид вуглецю II	3,100
		Оксид азоту IV	0,004
		Свинець	0,0022
		Пил неорганічний	0,56
Житлове середовище	1	Оксид вуглецю II	5,300
		Оксид азоту IV	0,810
Місце рекреації	2	Оксид вуглецю II	0,440
		Оксид азоту IV	0,010
Варіант 14			
Виробниче приміщення	11	Стирол	0,010
		Толуол	0,200
		Ксилол	0,290
		Етилбензол	0,015
Житлова площа	10	Оксид вуглецю II	1,800
		Формальдегід	0,032
Міський автотранспорт	2	Оксид вуглецю II	2,100
		Оксид азоту IV	0,025
		Свинець	0,003
		Пил неорганічний	2,0
Житлове середовище	1	Оксид вуглецю II	0,150
		Оксид азоту IV	0,035
		Формальдегід	0,001

Продовження таблиці 4

Об'єкт спостереження	Час перебування людини, год	Забруднюючі речовини у відповідних умовах перебування	Середньодобова концентрація речовини, мг/м ³
Варіант 14			
Місце рекреації	1	Оксид вуглецю II	0,950
		Оксид азоту IV	0,048
Варіант 15			
Виробниче приміщення	7	Стирол	0,009
		Толуол	0,200
		Етилбензол	0,045
Житлова площа	9	Аміак	0,032
		Формальдегід	0,009
		Нафталін	0,020
Міський автотранспорт	2	Оксид вуглецю II	1,400
		Оксид азоту IV	0,065
		Свинець	0,0001
		Пил неорганічний	6,2
		Бенз(а)пірен	$0,0014 \cdot 10^{-3}$
Житлове середовище	3	Оксид вуглецю II	2,500
		Оксид азоту IV	0,020
		Формальдегід	0,0025
		Бенз(а)пірен	$0,0011 \cdot 10^{-3}$
Місце рекреації	3	Оксид вуглецю II	0,055
		Оксид азоту IV	0,005
		Формальдегід	0,005
Варіант 16			
Виробниче приміщення	12	Оксид сірки IV	0,016
		Пил неорганічний	0,500
Житлова площа	7	Сірководень	0,010
		Формальдегід	0,005
		Нафталін	0,005
Міський автотранспорт	1	Оксид вуглецю II	3,600
		Оксид азоту IV	0,110
		Свинець	0,001
		Пил неорганічний	1,5
		Бенз(а)пірен	$0,0001 \cdot 10^{-3}$
Житлове середовище	2	Оксид вуглецю II	0,100
		Оксид азоту IV	0,250
		Формальдегід	0,0008
		Бенз(а)пірен	$0,001 \cdot 10^{-3}$
Місце рекреації	2	Оксид вуглецю II	0,075
		Оксид азоту IV	0,006
Варіант 17			
Виробниче приміщення	10	Аміак	0,02
		Пил неорганічний	2,100

Продовження таблиці 4

Об'єкт спостереження	Час перебування людини, год	Забруднюючі речовини у відповідних умовах перебування	Середньодобова концентрація речовини, мг/м ³
Варіант 17			
Житлова площа	10	Ацетофенон	0,008
		Нафталін	0,0005
		Пил неорганічний	0,290
Міський автотранспорт	1	Оксид вуглецю II	1,600
		Оксид азоту IV	0,110
		Свинець	0,001
		Пил неорганічний	1,2
		Бенз(а)пірен	0,001 · 10 ⁻³
Житлове середовище	2	Оксид вуглецю II	0,300
		Оксид азоту IV	0,028
		Формальдегід	0,006
Місце рекреації	1	Оксид вуглецю II	0,450
		Оксид азоту IV	0,065
Варіант 18			
Виробниче приміщення	10	Оксид вуглецю II	2,000
		Сірководень	0,015
		Пил неорганічний	0,840
Житлова площа	9	Оксид вуглецю II	2,400
		Пил неорганічний	0,60
Міський автотранспорт	2	Оксид вуглецю II	3,200
		Оксид азоту IV	0,012
		Свинець	0,0008
		Пил неорганічний	1,90
Житлове середовище	1	Оксид вуглецю II	3,130
		Оксид азоту IV	0,150
Місце рекреації	2	Оксид вуглецю II	0,250
		Оксид азоту IV	0,080

Таблиця 5 – Граничнодопустимі концентрації забруднюючих речовин та клас небезпеки, до якого вони відносяться

№	Речовина	ГДК, мг/м ³	Клас небезпеки
1	Оксид азоту (IV)	0,04	2
2	Бенз(а)пірен	10 ⁻⁶	1
3	Пил неорганічний	0,15	3
4	Ртуть	0,0003	1
5	Свинець	0,0003	1
6	Сірководень	0,008	2
7	Сірковуглець	0,005	2

Продовження таблиці 5

№	Речовина	ГДК, мг/м ³	Клас небезпеки
8	Оксид сірки (IV)	0,05	3
9	Оксид вуглецю (II)	3,0	4
10	Фтористі сполуки (газоподібні)	0,005	2
11	Фенол	0,003	2
12	Формальдегід	0,003	2
13	Хром та його сполуки в перерахунку на Cr ₂ O ₃	0,0015	1
14	Нафталін	0,003	4
15	Ацетофенон	0,003	3
16	Стирол	0,002	2
17	Етилбензол	0,02	3
18	Ксилол	0,2	3
19	Толуол	0,6	3
20	Аміак	0,04	4

Практична робота № 4 ВИЗНАЧЕННЯ УМОВ СКИДАННЯ СТІЧНИХ ВОД У ВОДОЙМИ

Контроль та управління якістю води у водоймах передбачає вирішення таких завдань: 1) визначення необхідного ступеня очищення стічних вод; 2) встановлення необхідного ступеня розбавлення стічних вод для того, щоб у пункті водокористування домішки розбавлялись до безпечних концентрацій; 3) прогнозування якості води.

Балансове рівняння змішування стічних вод з природними записують у такому вигляді:

$$qC_{cm}^{\circ} + aQC_p = (q + aQ)C_{ГДК}, \quad (1)$$

де q – витрати стічних вод, м³/добу; Q – найменші середньомісячні витрати річки, м³/добу; C_{cm}° – допустима концентрація забруднювальної речовини в стічних водах, мг/л; C_p – концентрація тієї самої забруднювальної речовини в річці, мг/л; $C_{ГДК}$ – санітарний норматив забруднювальної речовини у воді водойми, мг/л; a – коефіцієнт змішування стічних вод з водою річки. Розв'язуючи рівняння відносно C_{cm}° дістанемо вираз:

$$C_{cm}^{\circ} = \frac{aQ(C_{ГДК} + C_p)}{q + C_{ГДК}}, \quad (2)$$

який дає змогу визначити допустиму концентрацію забруднювальних речовин у стічних водах перед скиданням у водойму і визначити необхідний ступінь очищення E за співвідношенням:

$$E = \frac{100(C_{cm} - C_{cm}^{\circ})}{C_{cm}}, \quad (3)$$

де C_{cm} – фактична концентрація забруднення в стічних водах, мг/л.

У разі високого забруднення води водойми, тобто при $C_p \geq C_{ГДК}$, рівняння (2) набуває вигляду:

$$C_{cm}^{\circ} \leq C_{ГДК}. \quad (4)$$

У цьому випадку вимоги до стоків будуть такими самими, як до водойми в місці скидання стічних вод (у розрахунковому створі).

Друге завдання – визначення максимальної граничної концентрації люганта ($C_{мг}$), яку можна допустити в стоках перед скиданням (ГДК в пункті водоспоживання). Її значення визначають за формулою:

$$C_{мг} = \frac{aQ(ГДК - C_p)}{q + ГДК}. \quad (5)$$

Отже, $C_{мг}$ беруть за основу при вживанні заходів санітарної охорони водойм. За допомогою цього рівняння можна визначити умови, за яких розбавлення стоків у водоймі неможливе, і скидання повинно виключатися.

Ступінь очищення або розбавлення стічних вод перед їх скиданням у водойму визначають після встановлення величини α за рівнянням Фролова-Родзіллера:

$$w = \frac{1 - \beta}{1 + Q / q\beta}, \quad (6)$$

де $\beta = e^{-\alpha} \cdot \sqrt[3]{L}$ – відстань за фарватером від місця скидання стічних вод до найближчого створу водокористування, м; α – коефіцієнт, що враховує гідравлічні умови змішування, визначається за формулою:

$$\alpha = \varepsilon\varphi\sqrt[3]{\frac{E}{q}}, \quad (7)$$

де φ – відношення відстаней між місцями скидання та водокористування за фарватером по прямій лінії; ε приймають таким, що дорівнює 1 за берегового та 1,5 – за стрижневого скидання стічних вод; E – коефіцієнт турбулентної дифузії, що для рівнинних річок становить:

$$E = \frac{V_c \cdot H_c}{200}, \quad (8)$$

де V_c – середня швидкість течії річки, м/год; H_c – середня глибина русла, м. Остаточна кількість необхідного розбавлення стічних вод дорівнює:

$$n = \frac{w + Q + q}{q}. \quad (9)$$

Завдання:

1. Розрахувати допустимий вміст забруднюючої речовини у водоймі згідно з варіантом (табл. 6, 7).
2. Розрахувати необхідний ступінь очищення E стічної води.
3. Розрахувати необхідний ступінь розбавлення стічної води у водоймі.

Таблиця 6 – Фізико-хімічні характеристики водних об'єктів по варіантах

Варіант	Назва річки	Глибина, м	Швидкість течії, м/с	Мінімальна місячна витрата води, м ³ /с	Концентрація ЗР, мг/м ³	Об'єм скиду стічних вод, м ³ /кв
1	Балка Половиче	0,4	0,6	0,01	17 (хлориди)	65700
2	Валик	0,5	0,5	0,01	25 (хлориди)	1400
3	Десна	0,6	0,5	1,21	16 (хлориди)	130000
4	Журавель	1	0,5	0,1	14 (хлориди)	20200
5	Згар	2	0,6	0,54	26 (хлориди)	7200
6	Кам'янка	0,8	1	0,49	53,3 (сульфати)	155400
7	Лядова	1	1	0,7	35,5 (сульфати)	28400
8	Марківка	1,2	1	0,85	21,5 (сульфати)	12200
9	Немія	0,6	0,8	0,33	31,95 (сульфати)	5600
10	Питай	0,6	0,5	0,06	64 (сульфати)	32100
11	Рів	2,5	0,6	0,7	0,54 (нітрити)	16000
12	Сальничка	1	0,5	0,07	1,67 (нітрити)	5200
13	Таранівка	0,6	0,5	0,02	1,47 (нітрити)	45300
14	Устя	0,8	0,6	0,13	0,033 (нітрати)	125000
15	Хомутня	0,6	0,5	0,04	0,06 (нітрати)	24600
16	Широка Руда	0,5	0,5	0,01	0,039 (нітрати)	73800
17	Яланка	0,6	0,7	0,16	0,011 (хром)	2800
18	Яр Потоку	0,5	0,4	0,01	0,012 (феноли)	14000

Таблиця 7 – Гранично допустимі концентрації хімічних речовин у водних об'єктах різного призначення

Показники	ГДК риб. госп.	ГДК госп.-побут. призн.
Алюміній, мг/л	0,04	0,5
Амоній сольовий (NH ₄), мг/л	0,5	2,0 (по N)
БСК ₅ , мг/л	–	3–6
Завислі речовини, мг/л	20,0	20,0
Залізо, мг/л	0,1	0,3
Кадмій, мг/л	0,005	0,001
Калій, мг/л	50	–
Кальцій, мг/л	180	–
Кобальт, мг/л	0,01	0,1
Магній, мг/л	50	–
Марганець, мг/л	0,01	0,1
Мідь, мг/л	0,001 до фону	1,0
Натрій, мг/л	120	200
Нафтопродукти, мг/л	0,05	0,3
Нікель, мг/л	0,01	0,1

Продовження таблиці 7

Показники	ГДК риб. госп.	ГДК госп.-побут. призн.
Нітрати (NO ₃), мг/л	40,0	45
Нітриди (NO ₂), мг/л	0,08	3,3
pH	6,5–8,5	6,5–8,5
Розчинений кисень, мг/л	4,0	4,0
Ртуть, мг/л	0,00001	0,0005
СПАР, мг/л	0,028 по алкілбензосульфату натрію	0,4 по алкілбензосульфату натрію
Свинець, мг/л	0,1	0,03
Сульфати, мг/л	100	500
Сухий залишок, мг/л	–	не > 1000
Феноли, мг/л	0,001	0,001
Фосфати, мг/л, PO ₄	0,17	3,5
Фториди, мг/л	0,05 до фону (але не більше сумарного вмісту 0,75)	0,70
ХСК, мг/л	–	15–30
Хлориди, мг/л	300	350
Хром Cr ³⁺ , мг/л	–	0,5
Хром Cr ⁶⁺ , мг/л	0,001	0,05
Цинк, мг/л	0,01	1,0

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5 НОРМУВАННЯ ВМІСТУ РАДІОНУКЛІДІВ

α-випромінювання – це потік позитивно заряджених частинок з величиною заряду 2 та масою, яка дорівнює 4 (по суті – це ядра гелію), що рухається зі швидкістю 20 000 км/с. Цей вид випромінювання легко поглинається будь-яким середовищем (від α-випромінювання можна захиститись навіть аркушем щільного паперу або картоном). Однак надходження джерела випромінювання всередину живого організму може мати трагічні для організму наслідки. Альфа-розпад характерний для важких елементів (урану, торію, плутонію та ін.). Проникаюча здатність альфа-частинок невелика. Довжина пробігу (при енергії 4 MeV) у повітрі складає 2,5 см, у біологічній тканині – 0,003 мм, в алюмінію – 0,01 мм. При зовнішньому опроміненні значної небезпеки для людини вони не становлять. Однак небезпека ця стає великою в разі проникнення альфа-частинок всередину організму. Пов'язано це з тим, що частки мають високу густину іонізації.

β-випромінювання відрізняється корпускулярною природою та є спрямованим потоком електронів та позитронів, їх швидкість прямує до швидкості світла, властива мала проникаюча здатність. Захиститись від випромінювання, що надходить від зовнішнього джерела, порівняно не складно, β-частинки можуть затримуватись навіть неушкодженою шкірою. Однак при надходженні всередину організму β-активні радіонукліди випромінюють β-частинки, що легко поглинаються тканинами організму. Руйнування, що виникають при цьому в організмі, значно перевищують руйнування, спричинені γ-випромінюванням. Бета-випромінювання є негативно або позитивно заряджені частинки (потік електронів або позитронів). Вони у 7300 разів легші за альфа-частинки та мають проникаючу здатність значно вищу, ніж альфа-частинки. Довжина пробігу в повітрі (при енергії 4 MeV) складає 17,8 м, у воді – до 2,6 мм, у м'якій тканині – до 2 см, в алюмінії – 9,8 мм. Однак густина іонізації значно менша.

γ-випромінювання – це електромагнітне короткохвильове випромінювання високої енергії, якому властива найбільша проникаюча здатність, тому захиститись від зовнішнього γ-випромінювання дуже складно. Основний внесок у дозу зовнішнього гамма-опромінення дають гамма-радіонукліди урано-радієвого та торієвого рядів та калій-40.

Нейтронне випромінювання – потік нейтральних частинок, що не є носіями електричних зарядів, проникаюча здатність яких дуже висока. Вони можуть вільно проникати через тіло людини та через більш щільне середовище. У повітрі довжина пробігу сягає кількох сотень метрів.

Кількісною характеристикою джерела випромінювання є його активність, що виражена кількістю радіоактивних перетворень за одиницю часу.

У системі СІ одиницею активності речовини є бекерель (Бк), визначений як один розпад за секунду. Іноді використовують позасистемну одиницю кюрі (Ки), що відповідає активності 1 г радію.

Інтенсивність α - та β -випромінювань може бути охарактеризована активністю речовини на одиницю площі, а інтенсивність γ -випромінювання характеризують потужністю експозиційної дози.

Експозиційну дозу вимірюють за іонізацією повітря та дорівнює вона кількості електрики, що утворена дією γ -випромінювання в 1 кг повітря. У системі СІ експозиційну дозу виражають у кулонах на кілограм (Кл/кг). Досить часто використовують позасистемну одиницю експозиційної дози – рентген.

Гранично допустима доза – 0,05 Р/добу або 18 Р/рік.

Завдання:

1. Розрахувати антропогенне навантаження радіонуклідів на водні об'єкти згідно з варіантом (табл. 8) за рік.

Для комплексної характеристики якості води використовують індекс забруднення води (ІЗВ):

$$ІЗВ = \sum_{i=1}^n K_i, \quad (1)$$

де n – кількість речовин; K_i – кратність перевищення ГДК i -ї речовини.

При його розрахунку варто враховувати, що хімічні речовини у воді нормуються по органолептичній та санітарно-токсикологічній ознаці.

$$K_i = \frac{C}{C_{ГДК}}, \quad (2)$$

де C – концентрація радіонукліду; $C_{ГДК}$ – гранично допустима концентрація радіонукліду.

Вміст радіонуклідів цезію-137 та стронцію-90 в пробах води водних об'єктів БУВР річки Південного Бугу не перевищує допустимих рівнів для ^{137}Cs та ^{90}Sr – 1,99 Бк/л.

Таблиця 8 – Вміст радіонуклідів у воді (Бк/л)

Варіант	I квартал		II квартал		III квартал		IV квартал	
	Cs	Sr	Cs	Sr	Cs	Sr	Cs	Sr
1	0,041	0,124	0,052	0,124	0,045	0,125	0,035	0,120
2	0,033	0,107	0,032	0,107	0,035	0,107	0,061	0,218
3	0,044	0,107	0,052	0,138	0,034	0,128	0,047	0,107
4	0,045	0,116	0,048	0,124	0,050	0,095	0,059	0,134
5	0,062	0,164	0,061	0,184	0,054	0,182	0,067	0,169

Продовження таблиці 8

Варіант	I квартал		II квартал		III квартал		IV квартал	
	Cs	Sr	Cs	Sr		Cs	Sr	Cs
6	0,038	0,224	0,037	0,208	0,039	0,201	0,046	0,215
7	0,042	0,175	0,048	0,189	0,045	0,182	0,055	0,176
8	0,045	0,141	0,057	0,114	0,054	0,123	0,052	0,121
9	0,058	0,134	0,049	0,135	0,064	0,128	0,058	0,146
10	0,094	0,245	0,088	0,216	0,092	0,251	0,095	0,223
11	0,081	0,172	0,085	0,168	0,074	0,176	0,091	0,184
12	0,038	0,224	0,037	0,208	0,035	0,107	0,061	0,218
13	0,042	0,175	0,048	0,189	0,034	0,128	0,047	0,107
14	0,045	0,141	0,057	0,114	0,045	0,182	0,055	0,176
15	0,058	0,134	0,049	0,135	0,054	0,123	0,052	0,121
16	0,045	0,116	0,048	0,124	0,034	0,128	0,047	0,107
17	0,062	0,164	0,061	0,184	0,050	0,095	0,059	0,134
18	0,033	0,107	0,032	0,107	0,054	0,182	0,067	0,169
19	0,044	0,107	0,052	0,138	0,039	0,201	0,046	0,215
20	0,033	0,107	0,032	0,107	0,045	0,182	0,055	0,176

2. Визначити якість продуктів харчування згідно з варіантом (табл. 10).

Продукти, крім продуктів спеціального дитячого харчування, придатні до реалізації та вживання, якщо виконується співвідношення:

$$\frac{C_{Cs}}{DP_{Cs}} + \frac{C_{Sr}}{DP_{Sr}} \leq 1, \quad (3)$$

де C_{Cs} та C_{Sr} – результати вимірювання питомої активності радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr у даному харчовому продукті;

DP_{Cs} та DP_{Sr} – нормативний вміст ^{137}Cs та ^{90}Sr в даному харчовому продукті (табл. 9).

Таблиця 9 – Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr у харчових продуктах та питній воді (Бк/кг, Бк/л)

Назва продукту	^{137}Cs	^{90}Sr
Хліб, хлібопродукти	20	5
Картопля	60	20
Овочі	40	20
Фрукти	70	10
М'ясо, м'ясні продукти	200	20
Риба, рибопродукти	150	35
Молоко, молочні продукти	100	20
Яйця	6	2
Вода	2	2
Молоко згущене й консервоване	300	60
Молоко сухе	500	100
Свіжі дикорослі ягоди та гриби	500	50

Продовження таблиці 9

Назва продукту	^{137}Cs	^{90}Sr
Сушені дикорослі ягоди та гриби	2500	250
Лікарські рослини	600	200
Спеціальні продукти дитячого харчування	40	5

Таблиця 10 – Вміст радіонуклідів у продуктах харчування, Бк/кг (Бк/л)

Варіант	Хліб		Овочі		М'ясо		Молоко		Картопля		Фрукти	
	<i>Cs</i>	<i>Sr</i>	<i>Cs</i>	<i>Sr</i>	<i>Cs</i>	<i>Sr</i>	<i>Cs</i>	<i>Sr</i>	<i>Cs</i>	<i>Sr</i>	<i>Cs</i>	<i>Sr</i>
1	12	3	27	7	110	3	60	11	46	21	80	10
2	18	5	25	13	114	20	51	12	62	22	52	8
3	20	5	24	8	88	11	89	20	48	18	4	6
4	4	1	14	12	65	10	40	20	25	16	62	3
5	16	2	7	20	201	18	120	18	12	14	24	5
6	22	4	44	15	156	22	65	6	58	18	38	1
7	5	2	34	12	140	6	12	17	42	6	15	15
8	12	2	32	22	100	8	66	3	19	3	17	20
9	10	3	40	24	180	12	82	6	36	19	26	23
10	14	7	15	15	214	16	75	4	44	14	28	12
11	18	5	20	11	205	21	16	12	28	11	24	11
12	16	2	7	20	114	20	51	12	62	22	52	8
13	22	4	44	15	88	11	89	20	48	18	4	6
14	5	2	34	12	65	10	40	20	25	16	62	3
15	12	2	32	22	201	18	120	18	12	14	24	5
16	10	3	40	24	114	20	51	12	58	18	38	1
17	18	5	25	13	88	11	89	20	58	18	38	1
18	20	5	24	8	65	10	40	20	42	6	15	15
19	4	1	14	12	201	18	120	18	19	3	17	20
20	16	2	7	20	156	22	65	6	36	19	26	23

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6

НОРМУВАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Важкі метали, потрапляючи в наш організм, залишаються там назавжди, вивести їх можна тільки за допомогою білків молока та білих грибів. Досягаючи певної концентрації в організмі, вони починають свій згубний вплив – викликають отруєння, мутації. Крім того, що самі вони отруюють організм людини, вони ще й чисто механічно засмічують його – іони важких металів осідають на стінках найтонших систем організму та засмічують ниркові канали, канали печінки, таким чином, знижуючи фільтраційну здатність цих органів.

Важкі метали накопичуються в ґрунті, особливо у верхніх гумусових горизонтах, та повільно видаляються при вилуговуванні, споживанні рослинами, ерозії та дефляції – видуванні ґрунтів. Період напіввидалення або видалення половини від початкової концентрації становить тривалий час: для цинку – від 70 до 510 років, для кадмію – від 13 до 110 років, для міді – від 310 до 1500 років та для свинцю – від 740 до 5900 років.

Кадмій – один з небагатьох елементів, що не виконує конструктивних функцій в людському організмі. Цей елемент та його сполуки є надзвичайно токсичними, навіть, у незначних концентраціях. Має властивість накопичуватись в організмах та екосистемах.

Вдихання кадмієвого пилу швидко призводить до захворювань, часто смертельних, дихальних шляхів та нирок (найчастіше – ниркова недостатність). Поглинання будь-якої значної кількості кадмію викликає негайне ураження печінки та нирок. Сполуки, що містять кадмій є також канцерогенними. Дані про канцерогенність кадмію обмежені. В досліджах на тваринах не було зафіксовано зростання числа пухлин із вживання кадмію. Така тенденція спостерігалась лише із вдиханням частинок пилу, що містив неорганічні сполуки кадмію.

Свинець та його сполуки, що поступають в організм через дихальні шляхи проникають безпосередньо в кров. Свинець характеризується вираженими кумулятивними властивостями. Більша його частина, витісняючи з кісткової тканини солі кальцію, відкладається в кістках. Крім того свинець депонується в печінці, нирках, м'язах. Невелика кількість його відкладається в селезінці, головному мозку, міокарді та лімфатичних вузлах. Інтوکсикації свинцем відносяться до хронічних інтоксикацій. У виробничих умовах інтоксикація розвивається поступово та тривалий час може протікати безсимптомно. Залежно від важкості захворювання в клінічній картині хронічної свинцевої інтоксикації можуть переважати синдроми ураження крові, нервової системи, шлунково-кишкового тракту, печінки. Найбільш характерними та ранніми ознаками інтоксикації є порушення з боку крові та нервової системи.

Надлишкове надходження *міді* в організм веде до відкладення її в тканинах (хвороба Вільсона). При надходженні в організм людини надлишкової кількості міді може виникнути бронхіальна астма, захворювання нирок, захворювання печінки, а також просто інтоксикація організму.

Симптоми передозування:

- 1) безсоння, дратівливість, депресія;
- 2) м'язові болі, анемія;
- 3) подразнення слизових оболонок, запальні захворювання;
- 4) погіршення пам'яті;
- 5) розлади шлунково-кишкового тракту.

Цинк у високих концентраціях – мутаген та онкоген. Токсичність цинку для людини залежить від його синергізму або антагонізму з іншими важкими металами, особливо з кадмієм. Підвищена акумуляція важких металів може призводити до дефіциту цинку в організмі людини, що виявляється у пригніченні ферментної активності, а також в уповільненому заживанні ран. Небезпеку гострого інгаляційного отруєння являють аерозоль металевого цинку, його оксиди та хлориди, що викликають нудоту, блювоту, хронічну пневмонію.

Завдання:

1. Дослідити динаміку вмісту важких металів (*Cd, Zn, Pb, Cu*) у ґрунтах та харчових продуктах за певні роки за варіантом та порівняти їх з ГДК (табл. 11, 12).

Таблиця 11 – Граничнодопустимі концентрації важких металів у ґрунті та харчових продуктах

Важкі метали	ГДК в ґрунті, мг/кг	ГДК в харчових продуктах, мг/кг
Кадмій (Cd)	1	0,03
Цинк (Zn)	100	10
Плюмбум (Pb)	32	0,5
Супрум (Cu)	55	5

2. Розрахувати коефіцієнт перенесення кожного із запропонованих важких металів з ґрунту до рослини за формулою згідно з варіантом (табл. 12):

$$K = \frac{C_{\text{сер. в ґрунті}}}{C_{\text{сер. в рослині}}}, \quad (1)$$

де $C_{\text{сер. в ґрунті}}$ – середня концентрація металу в ґрунті, мг/кг;

$C_{\text{сер. в рослині}}$ – середня концентрація металу в рослині, мг/кг.

Таблиця 12 – Вміст деяких важких металів у ґрунтах та рослинній продукції

Варіант	Роки	Вміст важких металів у ґрунті				Вміст важких металів у рослині			
		Cd, мг/кг	Zn, мг/кг	Pb, мг/кг	Cu, мг/кг	Cd, мг/кг	Zn, мг/кг	Pb, мг/кг	Cu, мг/кг
1	2012	0,13	4,03	1,2	5,98	0,05	6,43	0,12	2,95
	2013	0,19	0,53	1,89	0,3	0,04	6,72	0,157	6,77
	2014	0,14	5,43	2,38	3,95	0,03	7,01	0,142	2,77
	2015	0,10	1,52	1,87	1,3	0,051	7,13	0,28	4,07
	2016	0,10	7,07	1,49	8,51	0,03	15,60	0,13	1,78
2	2012	0,10	6,58	1,58	7,64	0,04	6,18	0,28	2,87
	2013	0,12	0,68	1,7	0,4	0,07	16,12	0,195	1,277
	2014	0,18	7	1,05	4,69	0,046	2,80	0,105	0,46
	2015	0,10	1,27	1,68	1,58	0,07	13,43	0,41	9,68
	2016	0,09	5,11	0,58	7,64	0,03	4,36	0,56	0,94
3	2012	0,13	0,39	1,85	0,27	0,03	12,97	0,18	0,6
	2013	0,16	5,21	2,08	4,3	0,072	5,43	0,32	2,96
	2014	0,12	1,47	1,8	1,28	0,04	9,80	0,22	1,76
	2015	0,10	6,08	1,61	8,98	0,03	17,70	0,2	2,09
	2016	0,09	5,4	1,6	8,0	0,05	7,17	0,66	2,48
4	2012	0,12	1,1	1,92	0,27	0,082	19,35	0,56	4,87
	2013	0,12	0,77	1,92	1,17	0,026	27,33	1,245	22,86
	2014	0,11	2,15	1,9	1,74	0,25	7,13	0,3	4,1
	2015	0,11	7,11	2,0	7,59	0,07	5,25	0,52	2,13
	2016	0,1	6,8	1,9	7,0	0,04	10,12	0,58	3,3
5	2012	0,12	0,21	1,88	0,31	0,35	29,58	1,55	9,115
	2013	0,13	0,91	1,9	1,12	0,08	11,7	0,22	1,77
	2014	0,11	2,28	1,86	1,74	0,07	14,64	0,75	5,17
	2015	0,12	3,22	0,31	6,2	0,03	18,20	0,26	2,26
	2016	0,11	3,12	1,18	5,95	0,05	8,71	0,47	2,98
6	2012	0,17	2,5	1,98	0,55	0,28	26,47	1,37	3,77
	2013	0,17	4,79	1,44	4,77	0,06	11,40	0,22	4,02
	2014	0,15	2,44	1,96	2,1	0,4	12,57	0,57	18,17
	2015	0,08	9,38	0,6	11,5	0,04	20,1	0,17	2,12
	2016	0,09	7,64	1,0	10,7	0,03	6,43	0,23	2,22
7	2012	0,12	0,65	1,75	0,3	0,07	5,44	0,34	2,97
	2013	0,14	0,64	1,75	0,82	0,06	12,90	0,2	1,47
	2014	0,14	1,56	1,73	2,18	0,26	14,90	0,84	3,65
	2015	0,08	4,23	0,46	7,86	0,03	20,10	0,24	2,19
	2016	0,08	4,18	0,8	2,34	0,04	14,87	0,23	3,18
8	2012	0,15	0,15	1,97	0,25	0,14	10,16	0,16	1,38
	2013	0,15	0,75	2,0	1,74	0,32	25,22	0,75	12,42
	2014	0,14	2,64	1,95	2,18	0,05	5,4	0,3	2,7
	2015	0,08	7,61	0,9	10,0	0,04	12,5	0,11	1,45
	2016	0,08	7,06	1,0	9,5	0,04	19,9	0,58	6,65
9	2012	0,11	0,35	1,77	0,39	0,07	3,95	0,24	0,53
	2013	0,13	1,4	1,8	0,46	0,015	3,273	0,059	2,225
	2014	0,11	2,16	1,78	0,58	0,04	11,13	0,39	3,49

Продовження таблиці 12

Варіант	Роки	Вміст важких металів у ґрунті				Вміст важких металів у рослині			
		Cd, мг/кг	Zn, мг/кг	Pb, мг/кг	Cu, мг/кг	Cd, мг/кг	Zn, мг/кг	Pb, мг/кг	Cu, мг/кг
10	2015	0,10	4,1	1,26	6,59	0,04	8,06	0,56	1,48
	2016	0,10	4,0	1,1	6,02	0,05	10,30	0,47	1,61
11	2012	0,13	0,3	1,74	0,23	0,17	25,24	0,16	6,89
	2013	0,13	1,12	1,78	0,74	0,06	5,29	0,19	1,78
	2014	0,12	1,7	1,39	2,48	0,03	3,85	0,15	2,0
	2015	0,10	5,79	1,09	9,52	0,05	7,07	0,68	2,75
	2016	0,10	5,5	1,5	8,64	0,06	12,56	0,64	4,18
12	2012	0,14	0,45	2,0	0,3	0,07	7,272	0,277	2,77
	2013	0,17	1,55	2,0	0,62	0,052	5,04	0,3	2,51
	2014	0,15	2,71	1,98	2,96	0,47	10,15	0,21	1,72
	2015	0,09	6,98	0,66	9,08	0,05	12,3	0,4	1,48
	2016	0,1	6,0	1,63	8,76	0,04	14,8	0,29	1,73
13	2012	0,17	1,55	1,81	0,45	0,405	21,37	0,57	21,37
	2013	0,16	1,6	1,78	0,5	0,405	24,36	0,57	21,37
	2014	0,16	2,35	1,8	1,64	0,30	13,39	0,48	5,10
	2015	0,07	7,29	0,97	8,16	0,04	11,80	0,61	2,10
	2016	0,09	4,74	1,0	5,59	0,04	9,79	0,45	3,58
14	2012	0,10	0,34	1,38	0,49	0,05	3,68	0,018	0,56
	2013	0,12	1,74	1,45	0,18	0,075	10,41	0,23	2,52
	2014	0,10	2,25	1,4	2,34	0,06	10,15	0,23	4,25
	2015	0,10	3,58	0,24	7,0	0,05	32,80	0,2	2,46
	2016	0,09	3,34	0,88	6,5	0,04	3,17	0,33	1,91
15	2012	0,10	0,34	1,38	0,49	0,05	3,68	0,018	0,56
	2013	0,12	1,74	1,45	0,18	0,075	10,41	0,23	2,52
	2014	0,10	2,25	1,4	2,34	0,06	10,15	0,23	4,25
	2015	0,10	3,58	0,24	7,0	0,05	32,80	0,2	2,46
	2016	0,09	3,34	0,88	6,5	0,04	3,17	0,33	1,91
16	2012	2012	0,12	1,1	1,92	0,27	0,082	19,35	0,56
	2013	2013	0,12	0,77	1,92	1,17	0,026	27,33	1,245
	2014	2014	0,11	2,15	1,9	1,74	0,25	7,13	0,3
	2015	2015	0,11	7,11	2,0	7,59	0,07	5,25	0,52
	2016	2016	0,1	6,8	1,9	7,0	0,04	10,12	0,58
17	2012	2012	0,12	0,65	1,75	0,3	0,07	5,44	0,34
	2013	2013	0,14	0,64	1,75	0,82	0,06	12,90	0,2
	2014	2014	0,14	1,56	1,73	2,18	0,26	14,90	0,84
	2015	2015	0,08	4,23	0,46	7,86	0,03	20,10	0,24
	2016	2016	0,08	4,18	0,8	2,34	0,04	14,87	0,23
18	2012	0,12	0,21	1,88	0,31	0,35	29,58	1,55	9,115
	2013	0,13	0,91	1,9	1,12	0,08	11,7	0,22	1,77
	2014	0,11	2,28	1,86	1,74	0,07	14,64	0,75	5,17
	2015	0,12	3,22	0,31	6,2	0,03	18,20	0,26	2,26
	2016	0,11	3,12	1,18	5,95	0,05	8,71	0,47	2,98
19	2012	0,13	0,3	1,74	0,23	0,17	25,24	0,16	6,89
	2013	0,13	1,12	1,78	0,74	0,06	5,29	0,19	1,78

Продовження таблиці 12

Варіант	Роки	Вміст важких металів у ґрунті				Вміст важких металів у рослині			
		Cd, мг/кг	Zn, мг/кг	Pb, мг/кг	Cu, мг/кг	Cd, мг/кг	Zn, мг/кг	Pb, мг/кг	Cu, мг/кг
20	2014	0,12	1,7	1,39	2,48	0,03	3,85	0,15	2,0
	2015	0,10	5,79	1,09	9,52	0,05	7,07	0,68	2,75
	2016	0,10	5,5	1,5	8,64	0,06	12,56	0,64	4,18
21	2012	2012	0,10	0,34	1,38	0,49	0,05	3,68	0,018
	2013	2013	0,12	1,74	1,45	0,18	0,075	10,41	0,23
	2014	2014	0,10	2,25	1,4	2,34	0,06	10,15	0,23
	2015	2015	0,10	3,58	0,24	7,0	0,05	32,80	0,2
	2016	2016	0,09	3,34	0,88	6,5	0,04	3,17	0,33
22	2012	2012	0,10	6,58	1,58	7,64	0,04	6,18	0,28
	2013	2013	0,12	0,68	1,7	0,4	0,07	16,12	0,195
	2014	2014	0,18	7	1,05	4,69	0,046	2,80	0,105
	2015	2015	0,10	1,27	1,68	1,58	0,07	13,43	0,41
	2016	2016	0,09	5,11	0,58	7,64	0,03	4,36	0,56

ЛІТЕРАТУРА

1. 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.
2. Основи стійкого розвитку : навч. посіб. / За заг. ред. Л. Г. Мельника. – Суми : ВТД «Університетська книга», 2005. – 654 с.
3. Глинка Н. Л. Общая химия / Глинка Н. Л. – Л. : Химия, 1987. – 702 с.
4. Надточій П. П. Екологія ґрунту : монографія / Надточій П. П., Мислива Т. М., Вольвач Ф. В. – Житомир : Вид-во «ПП Рута», 2010. – 473 с.

Навчальне видання

Методичні вказівки
до виконання практичних робіт
з дисципліни «Нормування антропогенного навантаження
на навколишнє середовище»

Укладач Олена Вікторівна Дубчак

Рукопис оформлено О. Дубчак

Редактор С. Сідак

Оригінал-макет виготовлено С. Сідак

Підписано до друку 09.02.2018 р.
Формат 29,7x42¼ . Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний. Ум. друк. арк. 2,25.
Наклад 40 (1-й запуск 1–20) пр. Зам. № 2018-044.

Видавець та виготовлювач
інформаційний редакційно-видавничий центр.
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Хмельницьке шосе, 95
м. Вінниця, 21021.
Тел. (0432) 65-18-06.
pres.vntu.edu.ua;
E-mail: kivc.vntu@gmail.com.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.