

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
КАФЕДРА ПРИРОДООХОРОННОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ
З ДИСЦИПЛІНИ
«НОРМУВАННЯ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ
НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ»
ДЛЯ ТЕХНІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ
УСІХ ФОРМ НАВЧАННЯ**

Покровськ, 2021

УДК 502/504(072)

М 54

Методичні вказівки до виконання практичних занять з дисципліни «Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище» для технічних спеціальностей всіх форм навчання для студентів спеціальностей 101 Екологія, 183 Технології захисту навколишнього середовища всіх форм навчання [Електронний ресурс] / уклад. В.К. Костенко, О.Л. Зав'ялова, О.П. Богомаз, М.І. Таврель. – Покровськ : ДонНТУ, 2021. – 59 с.

У методичних рекомендаціях викладено тематику практичних занять, розбір рішення задач.

Укладачі: В.К. Костенко д.т.н., проф., зав.каф.ПД;
О.Л.Зав'ялова к.т.н., доц., доц. каф. ПД;
О.П. Богомаз, д.ф., ас. каф. ПД;
М.І. Таврель, ас. каф. ПД.

Рецензент: В. Ю. Каулін, к.т.н, доц., доц.каф.ХТ

Відповідальний за випуск: В.К.Костенко, д.т.н., професор, зав.каф. ПД

Затверджено навчально-методичним відділом ДонНТУ,
Протокол № 9 від 25.05.2021 р.

Розглянуто а засіданні кафедри природоохоронної діяльності,
Протокол № 8 від 5 квітня 2021 р.

© ДонНТУ, Костенко В.К.,
Зав'ялова О.Л., Богомаз О.П.,
Таврель М.І., 2021

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 1	6
1 Нормування забруднюючих речовин в атмосфері	6
1.1 Якість атмосферного повітря	6
1.2 Оцінювання стану повітряного середовища.....	6
1.2.1 Сумарна допустима концентрація забруднюючих речовин в атмосферному повітрі	9
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 2.....	15
1.3 Визначення максимального значення приземної концентрації шкідливої речовини	15
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 3.....	23
1.4 Визначення ГДВ шкідливих речовин у приземному шарі атмосфери	23
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 4.....	26
1.5 Визначення фонових концентрацій шкідливих речовин розрахунковим шляхом.....	26
1.5.1 Визначення величин фонових концентрацій розрахунковим методом	26
1.5.2. Порядок затвердження та видачі величин фонових концентрацій	28
1.6 Регулювання викидів за несприятливих метеорологічних умов (НМУ).....	29
1.6.1 Основні принципи розробки заходів щодо регулювання викидів при НМУ	29
1.6.2 Складення попереджень про підвищення рівня забруднення повітря	30
1.6.3 Визначення необхідного зниження концентрацій й викидів в атмосферне повітря в періоди НМУ	32
1.6.4 Оцінка ефективності заходів, щодо зменшення кількості викидів забруднюючих речовин у періоди НМУ	35
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 5.....	37
2 Нормативні показники якості води.....	37
2.1 Нормативи якості води водойм рибогосподарського призначення.....	38
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 6.....	40
3 Методи оцінювання якості води	40
3.1 Метод інтегрального оцінювання якості води	40
3.2 Метод оцінювання сумарного ефекту якості води.....	40
3.3 Комплексне оцінювання рівня забрудненості води за заданою лімітуючою ознакою шкідливості.....	41
3.4 Екотоксикологічний критерій оцінювання ступеня забруднення води.....	43
3.5 Оцінювання стану водних об'єктів з гідрологічних позицій	44
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 7.....	46
4 Оцінювання стану водних об'єктів за гідрохімічними показниками.....	46

4.1 Оцінювання стану водних об'єктів за гідробіологічними показниками.....	47
4.2 Визначення рівнів токсичного забруднення.....	49
4.3 Класифікація якості поверхневих вод за мікробіологічними показниками.....	50
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	58

ВСТУП

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

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

Дані методичні вказівки пропонується використовувати для виконання практичних робіт студентів з дисципліни «Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище», яка викладається на кафедрі «Природоохоронна діяльність».

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 1

1 Нормування забруднюючих речовин в атмосфері

1.1 Якість атмосферного повітря

Поки що люди не можуть повністю відмовитися від утилізації промислових відходів у природне середовище. Але оскільки багато домішок негативно впливають на людей, тварин, рослин, необхідно обмежити надходження цих домішок у природне середовище. Основним показником, що використовується для контролю якості повітря, є гранично допустима концентрація шкідливих речовин (ГДК), максимальна концентрація домішок в атмосфері, віднесена до певного часу усереднення, який при періодичному впливі або протягом життя людини не впливає на неї або на навколишнє середовище. Загалом шкідлива дія зазвичай встановлюється в $\text{мг} / \text{м}^3$.

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

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

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

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

1.2 Оцінювання стану повітряного середовища

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

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

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

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

Таблиця 1.1 - Класи небезпечності нормованих речовин

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

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

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

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

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

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

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

Таблиця – ГДК забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених місць

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

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

Дано:

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

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

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

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

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

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

I_k - ?

Алгоритм:

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

1. Визначаємо індекси забруднення повітря окремими домішками:

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

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

Q_i – середньорічна концентрація забруднюючої речовини в повітрі.

2. Визначаємо комплексний індекс забруднення атмосфери:

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

Рішення:

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

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

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

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

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

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

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

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

1.2.1 Сумарна допустима концентрація забруднювальних речовин в атмосферному повітрі

Існують три основні типи комбінованої дії хімічних речовин:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Питомий викид на одиницю площі визначаємо:

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

де S - площа, на яку розраховуємо викид.

Аналогічно визначаємо питомий викид на душу населення:

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

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

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

Таблиця 1.2 - ГДК шкідливих речовин в атмосферному повітрі

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

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

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

Таблиця 1.3 - ГДК забруднюючих речовин в атмосферному повітрі для рослин

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

Приклад 2. Необхідно визначити допустиму концентрацію оксиду вуглецю, враховуючи сумарну дію його з оксидом сірки та сірководнем, зробити відповідні висновки. Необхідні дані: концентрація оксиду сірки в повітрі житлової зони становить 0,015; а концентрація сірководню 0,002 $мг/м^3$. $ГДК_{сд}^{реч}$ для SO_2 , H_2S та CO наведено в табл. 1.2.

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

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

Розраховуємо допустиму концентрацію оксиду вуглецю у повітрі житлової зони:

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

Висновок. Отже з урахуванням сумарної дії кількох шкідливих компонентів повітря, концентрація оксиду вуглецю не повинна перевищувати 0,9 $мг/м^3$, що значно нижче за його $ГДК_{сд}$.

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

Таблиця 1.4 – ГДК забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених місць

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

Дано:

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

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

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

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

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

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

$$S = 340 \text{ км}^2$$

$$P = 1113 \text{ тис. чол.}$$

$$L \text{ (т/км}^2\text{)} - ?$$

$$M \text{ (кг/чел)} - ?$$

Алгоритм:

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

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

2. Визначаємо питомий викид на одиницю площі:

$$L = \frac{Q}{S}, \text{ т/км}^2$$

3. Визначаємо питомий викид на душу населення:

$$M = \frac{Q}{P}, \text{ кг/чол}$$

Рішення:

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

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

$$3. M = \frac{109,588 \cdot 10^6}{1113 \cdot 1000} = 98,46 \text{ кг/чол}$$

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

Завдання:

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

Таблиця 1.5 – ГДК забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених місць

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

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

Таблиця 1.6 – ГДК забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених місць

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

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

Деякі групи сумації:

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

№ 3 – Аміак, сірководень

№ 10 – Ацетон, фенол

№ 17 – Бензол, ацетофенон

№ 36 – Діоксид сірки, діоксид азоту

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

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

№ 39 – Діоксид сірки, фенол

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

№ 46 – Оксид вуглецю, пил цементного виробництва

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

Таблиця 1.7 – ГДК забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених місць

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

Література [1-3, 7, 11-19]

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 2

1.3 Визначення максимального значення приземної концентрації шкідливої речовини

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

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

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

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

де $C_{\max}$ - максимальне значення приземної концентрації шкідливої речовини при викиді газоповітряної суміші, мг/м³;

A - коефіцієнт, що залежить від температурної стратифікації атмосфери;

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

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

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

η - безрозмірний коефіцієнт, що враховує вплив рельєфу місцевості, у випадку рівної чи 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/с;

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

Витрата газоповітряної суміші визначається за формулою:

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

де D - діаметр гирла джерела викиду, м;

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

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

Ефективний діаметр гирла (D_e , м):

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

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

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

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

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

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

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

Відзначимо, що:

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

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

$$\frac{M_c}{ГДК} > \Phi,$$

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

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

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

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

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

Значення безрозмірного коефіцієнта F приймається:

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

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

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

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

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

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

Коефіцієнт m визначається в залежності від f по формулам:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

де d - безрозмірний коефіцієнт.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

де аргумент t_y розраховується за формулами:

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

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

$$c_{MX} = s_1' \cdot c_M, \tag{1.28}$$

де s_1' - безрозмірний коефіцієнт.

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

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

Швидкість вітру (u_{MX}):

$$u_{MX} = f_I \cdot u_M, \quad (1.30)$$

де f_I - безрозмірний коефіцієнт.

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

при $x/x_M \leq 1$	$f_I = 1,$	
при $1 < x/x_M \leq 8$	$f_I = \frac{0,75 + 0,25\left(x/x_M\right)}{1 + \left(x/9x_M\right)^9},$	(1.31)
при $8 < x/x_M < 80$	$f_I = 0,25,$	
при $x/x_M \geq 80$	$f_I = 1.$	

Завдання

1. Визначити максимальне значення приземної концентрації шкідливих речовин c_M , мг/м^3 під час викидів газоповітряної суміші з одиночного точкового джерела з круглим гирлом при несприятливих метеорологічних умовах і небезпеку забруднення атмосфери.

$$j_i = (C_M + C_\Phi) / \text{ГДК}_i,$$

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

Вихідні дані наведено у таблиці.

Таблиця 1.7 - Вихідні дані

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

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

Література [4-12, 18, 21]

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 3

1.4 Визначення гранично допустимих викидів шкідливих речовин у приземному шарі атмосфери

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

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

де C_m - концентрація в приземному шарі атмосфери забруднювачів від цього джерела (за умови найнесприятливіших для розсіювання), мг/м^3 ;

C_ϕ - фонові концентрації, мг/м^3 .

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

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

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

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

V_1 - об'ємна витрата газів, що викидаються, (повітря) при робочих умовах, $\text{м}^3/\text{с}$;

ΔT - різниця між температурою газоповітряної суміші, що викидається, і температурою навколишнього атмосферного повітря, $^\circ\text{C}$;

A - коефіцієнт, що залежить від температурної стратифікації;

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

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

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

Витрати (об'єм) газоповітряної суміші визначають за формулою

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

де D - діаметр гирла джерела викиду, м;

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$H_{i+1} = H_1 \sqrt{\frac{m_1 n_1}{m_{i-1} n_{i-1}}} \quad (1.37)$$

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

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

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

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

Якщо $v_m' < 2$, то необхідно при знайденому таким чином значенні $N=N_1$ визначить величину $n = n_1$ за формулою (1.12) та послідовним наближенням знайти $N=N_2$ за N_1 і n_1 , ..., $N=N_{i+1}$ за N_i і n_i за допомогою формули:

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

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

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

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

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

Метою інвентаризації є:

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

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

Завдання

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

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

Література [4-7, 17-19, 21]

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 4

1.5 Визначення фонових концентрацій шкідливих речовин розрахунковим шляхом

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

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

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

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

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

1.5.1 Визначення величин фонових концентрацій розрахунковим методом

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

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

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

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

$$C'_f = 0,2C_f, \quad \text{при } C > 2C_f \quad (1.40)$$

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

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

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

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

Розрахунки повинні бути оформлені в звіт за встановленою формою.

1.5.2. Порядок затвердження та видачі величин фонових концентрацій

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

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

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

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

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

Величини фонових концентрацій видаються терміном на три роки.

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

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

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

метеорологічних умов.

1.6 Регулювання викидів за несприятливих метеорологічних умов (НМУ)

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

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

1.6.1. Основні принципи розробки заходів щодо регулювання викидів при НМУ

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

З цією метою використовуються формули:

- для гарячого викиду

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

- для холодного

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

де N - кількість однакових джерел викидів.

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

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

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

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

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

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

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

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

1.6.2 Складення попереджень про підвищення рівня забруднення повітря

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

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

- від окремих джерел;
- по місту в цілому.

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

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

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

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

Для даного випадку до НМУ належать:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

перевищують середньосезонне значення (q_{cc}).

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

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

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

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

- якщо передбачається перевищення другого відносно високого рівня забруднення повітря ($P > 0,5$) і одночасно очікуються концентрації в повітрі одного або декількох контролюючих речовин вище за 3 ГДК;
- якщо після передачі попередження першого ступеня інформація, що надходить, показує, що прийняті заходи не забезпечують необхідної чистоти атмосфери.

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

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

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

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

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

Методика визначення зниження концентрацій домішок, які створюють одиначні джерела

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Щодо оцінки неорганізованих викидів, при проведенні розрахунків C_m необхідно враховувати таке: сумарні неорганізовані викиди (M , г/с) із деякої ділянки промислового майданчика умовно приписується одній розташованій у центрі ділянки точковому джерелу холодних викидів ($\Delta T = 0$) висотою $H = 2$ м, діаметром гирла $D = 0,5$ м, швидкість виходу газоповітряної суміші з гирла джерела $\omega_0 = 1,5$ м/с.

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

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

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

30 м. З середніми 5, 15 і 25 м.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Таблиця 1.9 - Ефективність заходів щодо скорочення викидів

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

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

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

Література [12-21]

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 5

2 Нормативні показники якості води

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

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

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

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

Таблиця 2.1 - Визначення природного запаху води

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

2.1 Нормативи якості води водойм рибогосподарського призначення

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

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

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

Таблиця 2.2 - ГДК шкідливих речовин у воді водойм рибогосподарського призначення

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

Питання для самоконтролю:

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

Література [4-8, 19, 20]

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 6

3 Методи оцінювання якості води

3.1 Метод інтегрального оцінювання якості води

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

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

$$K_i = C_i / ГДК_i; \quad (6.1)$$

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

$$B_i = K_i \cdot H_i, \quad (6.3)$$

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

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

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

N_i - загальна кількість вимірювань i -го інгредієнта.

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

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

За величиною комбінаторного індексу забрудненості встановлюють клас забрудненості води.

3.2 Метод оцінювання сумарного ефекту якості води

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

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

де C_1, C_2, C_n - концентрація шкідливих речовин у воді водойм, мг/дм³;

$ГДК_1, ГДК_2, ГДК_n$ - гранично допустимі концентрації, мг/дм³.

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

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

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

3.3 Комплексне оцінювання рівня забрудненості води за заданою лімітуючою ознакою шкідливості

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

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

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

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

$$\delta_i = C_i / N_i,$$

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

n - кількість показників, що використовуються для розрахунків;

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

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

Якщо $\delta_i < 1$, тобто концентрація менше нормативної, то приймається $\delta_i = 1$. За відповідними формулами розраховують вміст розчиненого кисню і завислих

речовин. Розчинений кисень нормується за нижнім рівнем значення, тобто його вміст має бути меншим за 4 мг/дм^3 , тому при $<4 \text{ мг/дм}^3$ для нього прийнято:

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

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

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

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

Приклад

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

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

Елемент	Санітарно-токсикологічне забруднення, мг/дм	
	Норматив (N_i) не більше	Фактичні дані (C_i)
Алюміній залишковий	0,5	0,1
Берилій	0,0002	0,0005
Молібден	0,25	0,11
Миш'як	0,05	0,1
Нітрати	45	50
Поліакриланід залишковий	2	2,4
Свинець	0,03	0,04
Селен	0,001	0,01
Стронцій	7	2
Фтор	1,5	100

Алгоритм рішення:

Ступінь забруднення води за санітарно-токсикологічним показником визначається за формулами

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

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

n - кількість показників, що використовуються для розрахунків;

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

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

$$\delta_i = C_i / N_i$$

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

Рішення:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

3.4 Екотоксикологічний критерій оцінювання ступеня забруднення води

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

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

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

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

Для оцінки евтрофованості вводиться спеціальний показник евтрофікації

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

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

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

Загальний індекс забруднення води визначають за формулою

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

3.5 Оцінювання стану водних об'єктів з гідрологічних позицій

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

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

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

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

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

Завдання

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

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

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

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

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

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

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 7

4 Оцінювання стану водних об'єктів за гідрохімічними показниками

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

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

Основне розрахункове рівняння виглядає таким чином:

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

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

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

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

Серед показників, що використовують тільки гідрохімічні спостереження, найбільш простим і досить репрезентативним є індекс забруднення вод (ІЗВ), що обчислюють за шести інгредієнтами: киснем, органічними речовинами, обумовленими за біохімічним споживанням кисню за 5 діб ($БСК_5$) і речовинами з найбільшим перевищенням ГДК:

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

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

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

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

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

5. П100 - вище 100 ГДК.

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

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

4.1 Оцінювання стану водних об'єктів за гідробіологічними показниками

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

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

- 1 - по організмах-індикаторах, характерним для ділянок водойм із різним ступенем забруднення;
- 2 - за результатами порівняння видової розмаїтості, чисельності і біомаси населення забруднених і чистих ділянок водойм.

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

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

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

Виділяють такі зони:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4.2 Визначення рівнів токсичного забруднення

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

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

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

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

де K_H - коефіцієнт нагромадження;

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

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

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

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

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

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

Основні напрямки в області біотестування розвиваються на основі двох концепцій.

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

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

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

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

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

4.3 Класифікація якості поверхневих вод за мікробіологічними показниками

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

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

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

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

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

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

Таблиця 4.4 - Класифікація якості вод суші за мікробіологічними показниками

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

Приклад 1

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

Вихідні дані:

- вихідна концентрація завислих речовин у стічній воді—180 мг/л ;
- витрати води водойми – 12м³/с;
- витрати стічних вод – 0,5 м³/с;
- коефіцієнт змішування – 0,3;
- фонові концентрації завислих речовин –15,95 мг/л;
- категорія водойми - 1-ша рибогоподарська.

Розв'язок

1. Концентрація граничнодопустимого скиду завислих речовин визначається за формулою:

$$C_{\text{зодс}} = C_{\text{lim}} \left(\frac{aQ}{q} + 1 \right) + C_{\text{ф}} , \quad (1)$$

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

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

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

$$C_{\text{зодс}} = 0,25 \left(\frac{0,3 \cdot 12}{0,5} + 1 \right) + 15,95 = 18,82 \text{ мг/л} .$$

2. Визначимо ступінь очищення стічних вод за формулою 2:

$$D = \frac{C_{\text{поч}} - C_{\text{зодс}}}{C_{\text{поч}}} \cdot 100 , \quad (2)$$

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

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

Приклад 2

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

Вихідні дані:

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

Розв'язок

Концентрація граничнодопустимого скиду органічних речовин за БСК визначається за формулою:

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

Визначимо концентрацію граничнодопустимого скиду

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

Визначимо ступінь очищення стічних вод за формулою 4:

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

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

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

Приклад 3

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

Розв'язок

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

$$C_{NO_3} = \frac{Q_p C_p + \sum_{i=1}^N C_{dp_i} \cdot Q_{dp_i} \cdot F_i + \sum_{i=1}^M C_{пов_i} \cdot Q_{пов_i}}{Q_p + \sum_{i=1}^N Q_{dp_i} \cdot F_i + \sum_{i=1}^M Q_{пов_i} \cdot F_i} \quad (5)$$

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

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

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

F_i – зрошувана (дренована) площа, га;

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

N – кількість ділянок дренажного стоку;

M – кількість ділянок поверхневого стоку.

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

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

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

Приклад 4

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

Дано:

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

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

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

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

$$q = 0,340 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$n = 2,65$$

$$l = 800 \text{ м}$$

$$w = 0,2 \text{ м/с}$$

$$k = 0,110 \text{ доба}^{-1}$$

ПДС - ?

Алгоритм:

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

$$t = \frac{l}{w}, \text{ с}$$

2. Переводимо секунди в добу:

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

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

$$C_{\text{ПДС}} = n((C_{\text{ПДК}} - C_{\text{нр}})e^{kt} - C_{\text{фон}} + C_{\text{нр}}) + C_{\text{фон}}, \text{ мг/дм}^3$$

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

5. Розраховуємо гранично допустимий скид нітратів зі стічними водами підприємства в річку рибогосподарського користування:

$$\text{ПДС} = C_{\text{ПДС}} \cdot q, \text{ г/с (г/год)}$$

Рішення:

$$1. t = \frac{800}{0,2} = 4000 \text{ с}$$

$$2. t = \frac{4000}{3600 \cdot 24} = 0,046 \text{ доб}$$

$$3. C_{\text{ПДС}} = 2,65((40,0 - 10,0)2,72^{0,110,046} - 15,0 + 10,0) + 15,0 = 56,5 \text{ мг/дм}^3$$

4. Оскільки $C_{\text{факт}} < C_{\text{ПДС}}$ ($56,1 < 56,5$), то в якості допустимої до скиду приймаємо фактичну $C_{\text{факт}} = 56,1 \text{ мг/дм}^3$.

$$5. \text{ПДС} = 56,1 \cdot 0,280 = 15,708 \text{ г/с} = 56548,8 \text{ г/год}$$

Відповідь: гранично допустимий скид нітратів зі стічними водами підприємства в річку рибогосподарського користування становить 15,708 г/с або 56548,8 г/год

Завдання:

1. У результаті скиду завислих речовин здійснюється забруднення водойми. Визначити: необхідну ефективність очищення стічних вод за завислими речовинами та БСК і граничнодопустимий скид речовин у водойму. Вихідні дані щодо розрахунку параметрів наведені у табл. 4.5.

Умовні позначення у табл. 4.5:

Q – витрати води водойми, $\text{м}^3/\text{с}$;

q – витрати стічних вод, $\text{м}^3/\text{с}$;

a – коефіцієнт змішування ;

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

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

t – період добігання стічних вод до розрахункового створу, діб;

$K_{\text{ст}}$ – швидкість поглинання кисню стічною водою, $1/\text{доб.}$;

$K_{\text{р}}$ – швидкість поглинання кисню річковою водою, $1/\text{доб.}$;

$L_{\text{р}}$ – БСК річкової води до місця скиду стоків, мг/л ;

$L_{\text{гд}}$ – граничнодопустиме БСК суміші річкової води і стічної води в розрахунковому створі, мг/л .

Для всіх варіантів брати:

- вихідна концентрація завислих речовин у стічній воді – 100 мг/л ;
- вихідна БСК у стічній воді – 200 мг/л.

Таблиця 4.5 – Вихідні дані щодо розрахунку параметрів

Варіант	Q, м ³ /с	q, м ³ /с	a, б/р	C _{lim} , мг/л	C _ф , г/м ³	K _{ст} , 1/доб	K _р , 1/доб	t, доб	L _{гд} , мг/л	L _р , мг/л
1	15	0.5	0.1	0.25	15	0.1	0.06	0.4	3.0	2.0
2	20	0.6				0.15	0.09	0.5	3.0	
3	25	0.8				0.09	0.08	0.6	3.0	
4	28	1				0.1	0.07	1	3.0	
5	30	1.2				0.15	0.063	1.2	6.0	
6	35	0.4	0.2	0.75	17	0.2	0.06	0.3	3.0	2.3
7	12	0.65				0.15	0.07	0.4	3.0	
8	16	0.7				0.13	0.03	0.5	3.0	
9	20	0.85				0.1	0.02	0.6	3.0	
0	26	1.1				0.12	0.04	1	3.0	

2. Розрахувати забруднення водного об'єкту нітратами від сільськогосподарського підприємства, якщо воно має масив зрошення загальною площею F, який розділений на 2 однакові ділянки.

Дренажний модуль масиву зрошення - $Q_{др}$, (м³/добу га), модуль поверхневого стоку $Q_{пов}$, (м³/добу га). Концентрація нітратів у дренажному стоці для всіх варіантів складає:

- на першій ділянці - 25 мг/л;
- на другій ділянці - 20 мг/л.

У поверхневому стоці концентрація нітратів дорівнює відповідно по ділянках $C_{пов1}$ й $C_{пов2}$ (згідно з варіантом). Фонова концентрація нітратів у річці (на ділянці до меліоративного покращення земель) C_p дорівнює 3 мг/л, витрата води в річці в розрахунковий період – Q_p , м³/с. Визначити середню концентрацію нітратів у річці на ділянці виносу з масиву зрошення. Кількість ділянок дренажного стоку складає - 2. Кількість ділянок поверхневого стоку -2.

Умовні позначення у таблиці 4.6:

Q_p - витрата води у водоприймачі в розрахунковий період, м³/с;

$C_{пові}$ - концентрація нітратів відповідно в дренажному і поверхневому стоці з сільськогосподарських угідь, мг/л;

F - зрошувана (дренована) площа, га;

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

Таблиця 4.6 – Вихідні дані щодо розрахунку концентрації нітратів

Варіант	Площа, ґ, га	С _{пов1} , мг/л	С _{пов 2} мг/л	Витрата води у річці Q _р , м³/с	Q _{др} , м³/доб·га	Q _{пов} , м³/доб·га
1	600	2	3	5	2.5	12.1
2	400	3	4	7	2.7	12.5
3	680	5	6	8	2.4	11.6
4	650	7	8	9	2.3	11.4
5	500	9	10	10	2.5	11.1
6	700	1	2	12	3.1	13.5
7	800	3	4	11	2.75	13
8	300	2	3.5	8	2.55	12.2
9	550	2.5	3.1	15	2.6	12.4
0	630	3.2	5	20	2.4	12.7

3. Розрахуйте гранично допустимий скид нітратів із стічними водами підприємства у річку рибогосподарського використання, якщо фонові і природна фонові концентрації нітратів у воді водного об'єкту складають відповідно 15,0 мг/дм³ і 10,0 мг/дм³, гранично допустима концентрація нітратів дорівнює 40,0 мг/дм³, фактична концентрація нітратів у скиді – 48,1 мг/дм³. Витрата стічної води – 0,280 м³/с. Кратність загального розбавлення стічної води у контрольному створі дорівнює 2,65. Відстань від місця випуску стічних вод до контрольного створу – 500 м. Середня швидкість течії річки 0,1 м/с. Коефіцієнт неконсервативності для нітратів дорівнює 0,110 доба⁻¹.

Література [17, 20]

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) тяжелых металлов и мышьяка в почвах (дополнение К 1 к перечню ПДК и ОДК № 6229-91). Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.020-94. – М., 1995. – 56 с.
2. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними і біологічними речовинами (ДСП-201-97) [Електронний ресурс] : офіц. вид. № 201, затвердж. МОЗ України від 09.07.97 р. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0201282-97#Text>. – Назва з екрана.
3. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів (ДСП-173-96). – К., 1994. – 33 с.
4. Інструкція про зміст та порядок складання звіту проведення інвентаризації викидів забруднюючих речовин на підприємстві [Електронний ресурс] : зареєстровано Мін-вом юстиції України 15.03.95 за № 61/597 / Мінекології України. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0061-95#Text>. – Назва з екрана.
5. Про затвердження Інструкції про загальні вимоги до оформлення документів, у яких обґрунтуються обсяги викидів, для отримання дозволу на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами для підприємств, установ, організацій та громадян-підприємців [Електронний ресурс] : затвердж. наказом Мінприроди України від 9.03.2006 р. за № 108. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0341-06#Text>. – Назва з екрана.
6. Про затвердження Інструкції про порядок та критерії взяття на державний облік об'єктів, які справляють або можуть справляти шкідливий вплив на здоров'я людей і стан атмосферного повітря, видів та обсягів забруднюючих речовин, що пливають на атмосферне повітря [Електронний ресурс] : затвердж. наказом Мінприроди України від 10.05.2002 р. за № 177. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0445-02#Text>. – Назва з екрана.
7. Інструкція щодо заповнення форм державних статистичних спостережень про охорону атмосферного повітря № 2-ТП(повітря) «Звіт про охорону атмосферного повітря»(річна) та № 2-ТП(повітря) «Звіт про охорону атмосферного повітря (квартальна) [Електронний ресурс] : затвердж. наказом Державного комітету статистики України від 20.10.2008 р. № 396. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0098-05#Text>. – Назва з екрана.
8. Беспаятов, Г.П. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде / Г.П. Беспаятов, Ю.А. Кротов. – Л. : Химия, 2013. – 528 с.
9. Білявський, Г.О. Основи екології : Теорія та практикум : навч. посіб. / Г. О. Білявський Л.І. Бутченко. – К. : Лібра, 2006. – 368 с.
10. Впровадження нового механізму регулювання викидів забруднюючих

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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