

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ТИПОВИХ ЗАДАЧ

на тему “Організація спостережень і контролю за забрудненням поверхневих вод”

1. Розрахунок розбавлення стічних вод в ріках

Розрахунки дозволяють оцінити санітарно-екологічну обстановку при скиданні стічних вод у річку, визначити основні напрямки інженерно-технічних заходів, що забезпечують екологічну безпеку району розвитку водогосподарського комплексу.

Для виконання розрахунків треба визначитися з басейном річки і якістю річкової води в рекомендованих межах.

У таблиці якості річкової води необхідно визначити перелік токсичних речовин, що містяться в стічних водах підприємств промвузла з концентрацією близькою до ГДК. Потім виконують оцінку якості річкової води шляхом порівняння визначених показників з нормативними відповідно до діючих класифікацій за завислими речовинами, загальному солемісту, бактеріальному забрудненню, специфічним забрудненням та ін.

Стосовно витрат річки необхідно визначитися з характеристикою русла за коефіцієнтами звивистості, шорсткості, намітити контрольні створи залежно від виду водокористування.

Випуск стічних вод у річку повинен здійснюватися з урахуванням забезпечення найбільш повного змішування і розведення водами річки в місці їх скиду. Самоочищення природних вод відбувається при багаторазовому (1:7-1:10) розведенні чистою водою. величиною, що показує в скільки разів знизилася концентрація забруднюючого речовини в стічних водах на розглянутій ділянці річки, є значення **кратності розведення n** .

Нехай S_e – концентрація забруднюючої речовини в річці до скидання, S_{cm} – концентрація забруднюючої речовини в стічних водах, Q_e – витрата води в річці до скидання, Q_{cm} – витрата стічних вод, забруднююча речовина розчинна, консервативна, перемішується нерівномірно, тоді S_{max} (концентрація забруднюючої речовини в максимально забрудненому струмені):

$$S_{max} = S_e + \frac{S_{cm} - S_e}{n} \quad (1)$$

де n – кратність розведення (для даного струменя, даного створу), рівна:

$$n = \frac{\gamma \cdot Q_e + Q_{cm}}{Q_{cm}} \quad (2)$$

Тут γ – коефіцієнт змішування (частка витрати річки, що бере участь у розведенні стічних вод):

$$\gamma = \frac{1 - \beta}{1 + \beta \frac{Q_e}{Q_{cm}}} \quad (3)$$

де $\beta = e^{-a \sqrt[3]{L}}$

a – коефіцієнт, що враховує гідравлічні умови змішування:

$$a = \zeta \varphi \sqrt[3]{\frac{D}{Q_{cm}}}, \quad (4)$$

L – відстань від скидання до створу по фарватеру (м), ζ – коефіцієнт, що враховує умови скидання (з берега – 1, на стрижні – 1,5), φ – коефіцієнт звивистості річки ($\varphi = L_\varphi / L_{np}$ – відношення відстаней по фарватеру і по прямій), D – коефіцієнт турбулентної дифузії, який розраховується по одному з наведених нижче рівнянь.

$$D = \frac{g H_{cp} V_{cp}}{MC}, \quad (5)$$

де g – прискорення вільного падіння (9,8 м / с), H_{cp} – середня глибина річки на даній ділянці (м), V_{cp} – середня швидкість течії річки на даній ділянці (м/с), C – коефіцієнт Шезі (м^{0.5} / с), M – коефіцієнт, що залежить від C :

при $C \geq 60$ $M = 48$, при $10 < C < 60$ $M = 0,7C + 6$

Розмірність [MC] – м/с².

Для рівнинних річок:

$$D = H_{cp} V_{cp} / 200 \quad (6)$$

Для річок будь-якого характеру:

$$D = H_{cp} V_{cp} / 37 C^2 \quad (7)$$

Коефіцієнт Шезі для гірських річок малої і середньої потужності 15÷35, для передгірних річок - 20÷40, для рівнинних річок - 3÷70. Його можна також розрахувати за формулами, наведеними нижче.

$$C = \frac{V_{cp}}{\sqrt{H_{cp} \cdot J}} \quad (8)$$

де J – вимірний ухил водної поверхні, який може бути знайдений для даної річки в «гідрологічному щорічнику».

$$C = 33 (H_{cp} / d_e)^{1/6} \quad (9)$$

де d – ефективний діаметр частинок донних відкладень (мм).

$$C = \frac{1}{K} \sqrt[6]{H_{cp}} \quad (10)$$

де K – коефіцієнт шорсткості русла (русла чисті, прямі, земляні – 0,025; великі і середні рівнинні річки, в сприятливих умовах стану ложа і течії води – 0,03; рівнинні звивисті ріки з неправильним рельєфом дна – 0,04 ; великі і середні річки, звивисті, засмічені, кам'яністі, з неспокійним плином – 0,05; русла зі слабким перебігом, значно зарослі, з глибокими вимоїнами, валунні, гірські – 0,08; гірничо-водоспадні – 0,1; болотного типу – 0,133).

Коефіцієнт змішування γ практично завжди менше 1. Створ, в якому $\gamma = 1$, називають створом «повного перемішування». Відстань по фарватеру від місця скидання до створу «повного перемішування» (L_{mn}) можна обчислити за формулою:

$$L_{mn} = \left[\frac{2,3}{a} \lg \frac{\gamma Q_e + Q_{cm}}{(1-\gamma) Q_{cm}} \right]^3 \quad (11)$$

але при $\gamma = 1$ в виразі, що стоїть під знаком логарифма, в знаменнику з'являється 0, тобто цей вираз рівний нескінченності, а значить $L_{mn} \rightarrow \infty$, що не

має сенсу. Тому прийнято розглядати створ «достатнього перемішування», де $\gamma = 0,95$ або $0,90$ (рідко $0,8$).

Слід мати на увазі, що останнє рівняння застосовано щодо $0,025 \leq Q_{cm} / Q_e \leq 0,1$. Концентрація забруднюючої речовини в створі «повного перемішування» в річках (каналах), де повний об'єм води:

$$W = (Q_{cm} + \sum_i Q_i), \quad (12)$$

а Q_i – витрата води в основному руслі і притоках, визначається за рівнянням:

$$S_{nn} = \frac{S_{cn} \cdot Q_{cm} + \sum_i S_i Q_i}{Q_{cm} + \sum_i Q_i}, \quad (13)$$

де індекс nn означає створ «повного перемішування». Кратність розведення в створі «повного перемішування» n_{nn} або n_{max} для річок буде визначатися як:

$$n_{max} = \frac{Q_{cm} + \sum_i Q_i}{Q_{cm}} \quad (14)$$

З точки зору концентрації i - тої забруднюючої речовини в річці виділяють три області:

1. Область фонові якості води, в якій $S_i \leq \text{ГДК}$.
2. Область забруднення, де $S_i - \text{ГДК} > 0$.
3. Область впливу, де $\text{ГДК} - S_i > 0$.

Нижче місця скидання стічних вод відповідно розглядаються три зони змішування їх з водами річки:

1. Зона початкового розведення (турбулентний струменевий потік).
2. Зона основного розведення (основний турбулентний потік).
3. Зона зниження концентрації забруднюючої речовини за рахунок самоочищення (за створом «повного перемішування»).

Наведена вище методика розглядає розбавлення стічних вод тільки в області з великими концентраціями забруднюючої речовини (область забруднення).

Знання кратності розведення дозволяє оцінити якість вод в будь-якому створі. Методи розрахунку ГДС для різних створів подані далі. При цьому необхідно врахувати, що нормативні вимоги до води (ГДК) повинні бути досягнуті в створі вище місця водокористування на 1000 м у разі господарсько-харчового та культурно-побутового водокористування або на 500 м у разі рибогосподарського водокористування. При використанні води річки для промислового водопостачання відстань від місця забору води до створу, в якому $S_i = \text{ГДК}$, залежить від виду виробництва, тобто вимог по чистоті до споживаної води.

2. Нормування викидів в ріки за однією забруднюючою речовиною

2.1. Створ «повного (достатнього) перемішування»

У створі «повного перемішування» рівняння матеріального балансу для забруднюючої речовини буде мати вигляд:

$$S_{nn} \cdot (Q_e + Q_{cm}) = S_{cm} Q_{cm} + S_e Q_e \quad (15)$$

Якщо підприємство забирає воду для технологічних цілей з цієї ж річки вище скиду, і «забір» приблизно дорівнює «скиданню», то

$$S_{nn} \cdot Q_e = S_{cm} Q_{cm} + S_e (Q_e - Q_{cm}) \quad (16)$$

При $Q_e \gg Q_{cm}$:

$$S_{nn} \cdot Q_e = S_{cm} Q_{cm} + S_e Q_e \quad (17)$$

Гранично допустимий (ГД) стан якості води за забруднюючою речовиною в створі $nn - zd$ визначається ГДК:

$$S_{nn} \approx S_{zd} = \text{ГДК} \quad (18)$$

Якщо M_{zd} – гранично допустимий скид забруднюючої речовини (г/с або кг/с), то

$$M_{zd} = (S_{cm} Q_{cm})_{zd} \quad (19)$$

а із (17) і (18):

$$M_{zd} = (\text{ГДК} - S_e) Q_e \quad (20)$$

При $S_e \approx \text{ГДК}$ скидання забруднюючої речовини з $S_e > \text{ГДК}$ неприпустиме. Коли Q_e і Q_{cm} співмірні, використовуються рівняння (15) і (16).

В обох випадках при проектуванні Q_{cm} або S_{cm} задається, а друга величина обчислюється з (19).

Якщо вода для технологічних цілей забирається з іншого джерела, то з (15) і (18):

$$M_{zd} - ГДК \cdot Q_{cm} = (ГДК - S_e) Q_e \quad (21)$$

звідки

$$M_{zd} = ГДК \cdot Q_e \left(\frac{Q_{cm}}{Q_e} + 1 - \frac{S_e}{ГДК} \right) \quad (22)$$

При заборі води з тієї ж річки вище скиду з (16):

$$M_{zd} - S_e Q_{cm} = (ГДК - S_e) Q_e \quad (23)$$

або

$$M_{zd} = ГДК \cdot Q_e \left[\frac{S_e / ГДК}{Q_{cm} / Q_e} + 1 - \frac{S_e}{ГДК} \right] \quad (24)$$

За (22) і (24) при заданих значеннях Q_{cm} або S_{cm} виконується кілька варіантів розрахунку; остаточне рішення приймається на основі врахування технологічних можливостей і економічної доцільності. Якщо $S_{cm} < ГДК$, то попередні обчислення ведуть по (20). На їх основі можуть бути прийняті і варіанти значень Q_{cm} і S_{cm} .

Таким чином, при розрахунку ГДС для вибору розрахункових рівнянь слід враховувати співвідношення витрати води в річці і скиданні, місця забору води для технологічних цілей.

2.2. Створ "недостатнього перемішування"

У створі «недостатнього перемішування» має виконуватися наступна умова:

$$\frac{S_{max}}{ГДК} \leq 1 \quad (25)$$

звідки кратність розведення визначається наступним рівнянням:

$$n = \frac{S_{cm} - S_e}{S_{max} - S_e} \quad (26)$$

Для ГД стану якості води з (25)

$$S_{max} = ГДК \quad (27)$$

а з (19), (26) і (27):

$$M_{20} = [n_{ГД}(ГДК - S_e) + S_e] \cdot Q_{cm} \quad (28)$$

Q_{cm} і n_{20} взаємозалежні, тому, як і в попередньому розділі, повинні задаватися Q_{cm} або S_{cm} . Тоді n_{20} обчислюється у відповідності з розділом 1 або за рівнянням (26). Вибір варіантів виконання ГДС робиться з урахуванням технологічних та економічних можливостей.

3. Нормування викидів в ріки за кількома забруднюючими речовинами

3.1. Створ “повного (достатнього) перемішування”

Нормування скидів, що містять кілька забруднюючих речовин, можливо лише в тому випадку, коли всі вони характеризуються одним лімітуючим показником шкідливості (ЛПШ). ЛПШ може бути загальносанітарним, санітарно-токсикологічним, органолептичним або рибогосподарським.

У цьому випадку в створі «дп» значення концентрацій забруднюючих речовин позначимо S_{ni} , суму концентрацій m речовин, що враховуються – S_n .

Шкідливість стічних вод (або вод річки) буде характеризуватися узагальненим показником шкідливості R .

Тоді в створі «дп» повинна виконуватися умова:

$$\left(\frac{\sum_{i=1}^m S_{ni}}{ГДК_i} \right)_{ГД} = 1 \quad (29)$$

$$а \quad S_n = \sum_{i=1}^m S_{ni} \quad (30)$$

Узагальнений показник шкідливості для стоку

$$R_{cm} = \left(\frac{1}{S_{cm}} \right) \cdot \left(\frac{\sum_{i=1}^m S_{cm}}{ГДК_i} \right) \quad (31)$$

$$або \quad \sum_{i=1}^m \frac{S_{cmi}}{ГДК_i} = S_n R_{cm} \quad (32)$$

Для граничного стану води (ГД) із (29):

$$(S_n)_{z\partial} = I/R_{cm} \quad (33)$$

Якщо фон за речовинами, що враховуються дорівнює нулю, то ГДС:

$$M_{m z\partial} = (S_{cm}Q_{cm})_{z\partial} = (S_n)_{z\partial} \cdot Q_e, \quad (34)$$

звідки $M_{m z\partial} = Q_e/R_{cm}$ (35)

де $M_m = \sum_i m_i$.

Якщо фоном знехтувати не можна, методика розрахунку ГДС істотно ускладнюється.

У цьому випадку слід розглядати узагальнений показник шкідливості за складом стоку (R_{cm}) і за складом води річки вище скиду (R_e):

$$\begin{cases} R_{cm} = \left(\frac{1}{\overline{\Gamma ДК}_m} \right) \left(\sum_1^m \frac{a_{cmi}}{\xi_i} \right) \\ R_e = \left(\frac{1}{\overline{\Gamma ДК}_m} \right) \left(\sum_1^m \frac{a_{cmi}}{\xi_i} \right) \end{cases} \quad (36)$$

$$\begin{cases} \overline{\Gamma ДК}_m = \sum_1^m \Gamma ДК_i \\ a_{cmi} = \frac{S_{cmi}}{S_{cm}}, S_{cm} = \sum_1^m S_{cmi} \\ \xi_i = \Gamma ДК_i / \overline{\Gamma ДК}_m \end{cases} \quad (37)$$

Із (15):

$$(Q_e + Q_{cm}) \sum_1^m \frac{S_{ni}}{\Gamma ДК_i} = Q_{cm} \sum_1^m \frac{S_{cmi}}{\Gamma ДК_i} + Q_e \sum_1^m \frac{S_{ei}}{\Gamma ДК_i} \quad (38)$$

А із (26), (37):

$$\sum_1^m \frac{S_{cmi}}{\Gamma ДК_i} = \frac{S_{cm}}{\overline{\Gamma ДК}_m} \cdot \sum_1^m \frac{a_{cmi}}{\xi_i} = R_{cm} S_{cm} \quad (39)$$

а $\sum_1^m \frac{S_{ei}}{\Gamma ДК_i} = S_e R_e$ (40)

Із (38)-(40):

$$\sum_1^m \frac{S_{ni}}{\Gamma ДК_i} = \frac{S_{cm} Q_{cm} R_{cm}}{Q_e + Q_{cm}} + \frac{S_e Q_e R_e}{Q_e + Q_{cm}} \quad (41)$$

В умовах ГД із (29) і (41):

$$M_{m \text{ гд}} = \frac{Q_e \left(\frac{Q_{cm}}{Q_e} + 1 - S_e R_e \right)}{R_{cm}} \quad (42)$$

Далі: задається S_{cm} , а Q_{cm} розраховується, або навпаки, задається Q_{cm} , а $(S_{cm})_{гд}$ розраховується. Кінцевий варіант характеристики скиду вибирають виходячи із технологічної і економічної доцільності.

Якщо $Q_e \gg Q_{cm}$, то (42) можна спростити:

$$M_{m \text{ гд}} = \frac{Q_e (1 - S_e R_e)}{R_{cm}} \quad (43)$$

3.2. Створ «недостатнього перемішування»

В створі «недостатнього перемішування» ГДС за декількома забруднюючими речовинами піддається розрахунку тільки при фоні за ним, рівним нулю.

В цьому випадку із (42) і (2):

$$M_{m \text{ гд}} = \frac{(n_{\text{заг}} Q_{cm})_{\text{гд}}}{R_{cm}} \quad (44)$$

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Клименко М. О. Моніторинг довкілля: підручник / Клименко М. О., Прищепя А. М., Вознюк Н. М. – К.: Академія, 2006. – 360 с.
2. Моніторинг довкілля: підручник / [Боголюбов В. М., Клименко М. О., Мокін В. Б. та ін.]; під ред. В. М. Боголюбова. [2-е вид., перероб. і доп.]. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 232 с.
3. Моніторинг і методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: навч. посібник / В.М. Ісаєнко, Г.В. Лисиченко, Т.В. Дудар [та ін.]. – К.: Вид-во Нац. авіа. ун-ту ”НАУ-друк”, 2009. – 312 с.
4. Лялюк О. Г. Моніторинг довкілля: навчальний посібник / Лялюк О.Г., Ратушняк Г. С. – Вінниця: ВНТУ, 2004. – 140 с.
5. Кубланов С. Х. Моніторинг довкілля: навчально-методичний посібник / Кубланов С. Х., Шпаківський Р. В. – К., 1998. – 92 с.

6. Мониторинг и методы контроля окружающей среды: Учеб. пособие в двух частях: Ч. 2. Специальная / Ю. А. Афанасьев, С. А. Фомин, В. В. Меншиков и др. – М.: Изд-во МЮПУ, 2001. – 337 с.
7. Израэль Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды / Ю. А. Израэль – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 534 с.
8. Израэль Ю. А. Проблемы мониторинга и охраны окружающей среды / Ю. А. Израэль – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 398 с.
9. Крайнюков О. М. Моніторинг довкілля: підручник / О. М. Крайнюков. – Харків: ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2009. – 176 с.
10. Моделирование и прогнозирование stanu довкілля: підручник / [В. І. Лаврик, В. М. Боголюбов, Л. М. Полетаєва, С. М. Юрасов, В. Г. Ільїна]; під. ред. В. І. Лаврика. – К.: ВЦ Академія, 2010. – 400 с.
11. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25 червня 1991 року № 1264-ХІІ із змінами і доповненнями.
12. Кіотський протокол до Рамкової конвенції Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату – ратифіковано Законом України № 1430-ІУ від 04.02.2004 р.
13. Адаменко О. М. Екологічна геологія / О. М. Адаменко Г. І. Рудько. – К.: Манускрипт, 1998. – 350 с.
14. Безуглая Э. Ю. Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах. Результаты экспериментальных исследований / Безуглая Э. Ю. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 200 с.
15. Беккер А. А. Охрана и контроль загрязнения природной среды / Беккер А. А., Агаев Т. Б. – Л.: Гидрометеиздат, 1989.
16. Белогуров В. П. Концепция системы экологического мониторинга Украины / В. П. Белогуров. – Харьков, 1996.
17. Керівні нормативні документи (КНД 211.0.1.101-02) «Положення про порядок інформаційної взаємодії органів Мінекоресурсів України та інших суб'єктів системи моніторингу довкілля при здійсненні режимних

- спостережень за станом довкілля» / Варламов Є. М., Єрмоленко Ю. В., Юрченко Л. Л., Шпаківський Р. В – К.: Мінекоресурсів, 2002. – 11 с.
18. Керівні нормативні документи (КНД 211.0.6.102-02) «Номенклатура та позначення структурних елементів Державної системи моніторингу довкілля» / Варламов Є. М., Єрмоленко Ю. В., Юрченко Л. Л., Шпаківський Р. В. – К.: Мінекоресурсів, 2002. – 14 с.
19. Керівні нормативні документи (КНД 211.1.1.106-2003) «Організація та здійснення спостережень за забрудненням поверхневих вод (в системі Мінекоресурсів)» / Білогуров В. П., Бакланова В. Ю., Діяконова С. О. – К.: Мінекоресурсів, 2003. – 70 с.
20. Керівні нормативні документи «Якість вимірювань складу та властивостей об'єктів забруднення» / За ред. В. Ф. Осики, М. С. Кравченка. – К.: Мінекобезпека України, 1997. – 662 с.