

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



НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
Кафедра екології та технологій захисту навколишнього середовища

О.О. Борисовська, П.К. Ломазов

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА

Методичні рекомендації до виконання практичних робіт
для здобувачів ступеня бакалавра
освітньо-професійних програм «Екологія» та «Технології захисту
навколишнього середовища» зі спеціальностей 101 Екологія та 183 Технології
захисту навколишнього середовища

Дніпро
НТУ «ДП»
2024

Екологічна безпека [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до виконання практичних робіт для здобувачів ступеня бакалавра освітньо-професійних програм «Екологія» та «Технології захисту навколишнього середовища» зі спеціальностей 101 Екологія та 183 Технології захисту навколишнього середовища / уклад.: О.О. Борисовська, П.К. Ломазов ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро : НТУ «ДП», 2024. – 41с.

Укладачі:

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

П.К. Ломазов, ас.

Затверджено науково-методичними комісіями зі спеціальностей 101 Екологія (протокол № 9 від 28.06.2024) та 183 Технології захисту навколишнього середовища (протокол № 9 від 28.06.2024) за поданням кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища (протокол № 12 від 28.06.2024).

Подано теоретичні відомості за відповідною темою лекційного курсу, варіанти практичних завдань з рекомендаціями до їх виконання, контрольні питання, список використаної та рекомендованої літератури.

Орієнтовано на активізацію навчальної діяльності здобувачів ступеня бакалавра спеціальностей «Екологія» та «Технології захисту навколишнього середовища» та закріплення практичних навичок у засвоєнні дисципліни «Екологічна безпека».

Відповідальний за випуск завідувач кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища О. О. Борисовська, канд. техн. наук, доц.

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Методичні рекомендації призначені для закріплення теоретичних знань, набутих студентами в лекційному курсі, а також формування практичних навичок визначення показників рівня антропогенного впливу на якість води природних водойм унаслідок змішування й розведення її промисловими стічними водами.

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

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

- ❖ розрахунку ступеня розведення стічних вод водою проточної водойми біля пункту водокористування;
- ❖ виконання перевірки стічних вод промислового підприємства з огляду на загально-санітарну, органолептичну, санітарно-токсикологічну ознаки шкідливості та ін.;
- ❖ аналізу отриманих розрахункових даних з метою запобігання порушенням санітарно-гігієнічних вимог щодо якості води та виникненню небезпечного екологічного стану на водному об'єкті.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №1

РОЗРАХУНОК КОЕФІЦІЄНТУ ЗМІШУВАННЯ СТІЧНИХ ВОД З ВОДОЮ ПРОТОЧНОЇ ВОДОЙМИ

Мета практичної розрахункової роботи полягає в набутті здобувачами вищої освіти навичок розрахунку ступеня розведення стічних вод водою проточної водойми біля пункту водокористування.

Поставлена мета досягається послідовним вирішенням **таких завдань:**

– ознайомлення з нормативними вимогами до складу й властивостей води водних об'єктів у пунктах водокористування;

– опанування методики розрахунку ступеня розведення стічних вод водою проточної водойми біля пункту водокористування;

В результаті виконання даної практичної роботи будуть сформовані наступні **результати навчання:**

- застосовувати сучасні технології, новітні матеріали, обладнання, інструменти та процеси з урахуванням специфіки спеціалізації;
- використовувати принципи екологічної політики на глобальному, регіональному та локальному рівнях.

1.1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

1.1.1. Загальні принципи нормування якості води

Під **забрудненістю** розуміють такий стан водного об'єкта в офіційно встановленому місці його використання, коли там спостерігається відхилення від норми, пов'язане із збільшенням вмісту тих чи інших компонентів. Критерієм забрудненості води є погіршення її якості внаслідок зміни хімічного складу, органолептичних властивостей і вмісту шкідливих для людей та рослинних і тваринних організмів речовин, а також підвищення температури води, що несприятливо впливає на умови життєдіяльності водних організмів.

Водоохоронними називають заходи, запровадження яких забезпечує дотримання норм якості води у водоймі. Основна нормативна вимога до якості води у водоймі – збереження в ній встановлених гранично допустимих концентрацій (ГДК) забруднювальних речовин.

Як і для забруднювачів атмосферного повітря, для води теж встановлено окреме нормування якості. Але принцип розподілу показників якості тут інший і пов'язаний він з **категорією водокористування**.

До **першої категорії** водокористування належить використання водних об'єктів або їх частин у якості джерела для централізованого або нецентралізованого питного водопостачання, а також для водопостачання підприємств харчової промисловості;

До **другої категорії** водокористування належить використання водних об'єктів або їх частин для господарсько-побутового, водокористування в оздоровчих, рекреаційних, спортивних цілях, а також для водних об'єктів в межах населених пунктів.

Вимоги до якості води, встановлені для другої категорії водокористування, поширюються на всі частини водних об'єктів, розташованих у межах населених пунктів.

До основних **видів водокористування** відноситься:

- рибогосподарське використання природних водних об'єктів (промислове добування риби та інших об'єктів водного промислу, збереження і природного відтворення їх запасів).
- питне і побутове водопостачання населення та харчових виробництв;
- господарсько-побутове використання водних об'єктів для оздоровчих та рекреаційних (купання, заняття спортом і відпочинку тощо) потреб населення (нормативи якості води для цього виду водокористування рекомендується поширювати на водні об'єкти або їх ділянки, які знаходяться в межах населених пунктів) (рис. 1.1).

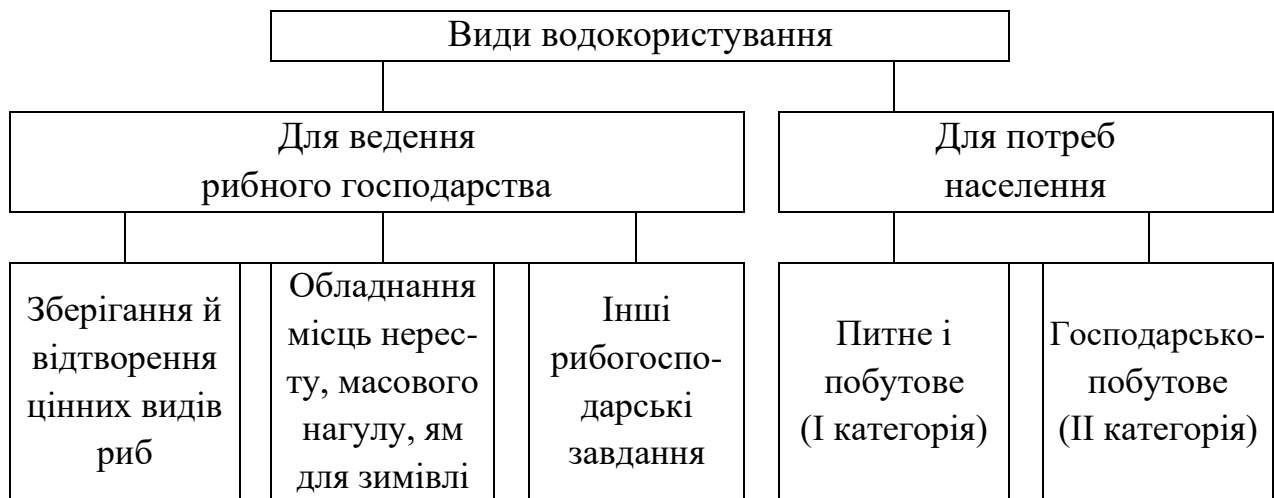


Рис. 1.1. Класифікація видів водокористування за категоріями

Відповідно до принципів водокористування встановлено *два види нормативів*:

1) **господарсько-побутові нормативи** якості води (для потреб населення) включають науково обґрунтовані величини концентрації в ній забруднювальних речовин і такі її показники, які не виявляють прямого або опосередкованого шкідливого впливу на життя та здоров'я населення;

2) **рибогосподарські нормативи** якості води передбачають науково обґрунтовані величини концентрації в ній забруднювальних речовин і такі її показники, що не виявляють шкідливого впливу на збереження та відтворення промислово цінних видів риби.

У нормуванні ключовим виступає поняття **гранично допустимої концентрації** – максимальної концентрації, при якій речовина не має прямого або опосередкованого впливу на стан здоров'я населення (при впливі на організм протягом всього життя) і не погіршує гігієнічні умови водокористування.

Поняття **якості води** (згідно з Водним кодексом України) відображає характеристику її складу й властивостей, яка визначає придатність води для конкретних цілей використання.

На жаль, обмежитись тільки дотриманням гранично допустимих концентрацій шкідливих речовин у воді буває недостатнім для забезпечення її якості. Щоб гарантувати цей важливий показник, для кожного підприємства контролюючі органи встановлюють величину **гранично допустимого скиду (ГДС)** шкідливих речовин.

ГДС – це максимально допустима маса речовини у зворотній воді, що є максимально допустимою для відведення за встановленим режимом даного пункту водного об'єкта за одиницю часу, що дозволяє забезпечити дотримання норм якості води в контрольному створі водного об'єкта.

ГДС встановлюється для *кожного місця випуску* стічних вод у водний об'єкт із врахуванням можливості їх розведення водою водойми.

Норми якості води рекомендується досягати у **створах (пунктах)** водних об'єктів **на певних відстанях від місць скидання** зворотних вод або **до місць водокористування**. При скиданні зворотних вод такі пункти визначаються як *контрольні створи*.

Найближчий до випуску зворотних вод створ, в якому на якість води водного об'єкта не впливає даний випуск, а також відсутні інші випуски зворотних вод на ділянці між ними, визначається як *фоновий створ*.

При скиданні зворотних вод у водні об'єкти, які використовуються для **господарсько-побутових потреб** або **рибогосподарських потреб**, норми якості води або (у випадках природного перевищення цих норм) її природний склад і властивості рекомендується досягати на ділянках водних об'єктів у межах населених пунктів та на рибогосподарських ділянках, починаючи з контрольного створу, розташованого **на відстані не нижче 500 м від місця скидання** зворотних вод, а також **на відстані 1 км вище** від найближчого за течією пункту водокористування (водозабору для питного водопостачання, місця організованого відпочинку, території населеного пункту), а на акваторії водойми – в радіусі 1 км від пункту водокористування (див. рис. 1.2).

*Примітка: *контрольний створ* – місце поперечного перерізу водотоку, спеціально призначене для контролю за якістю води.

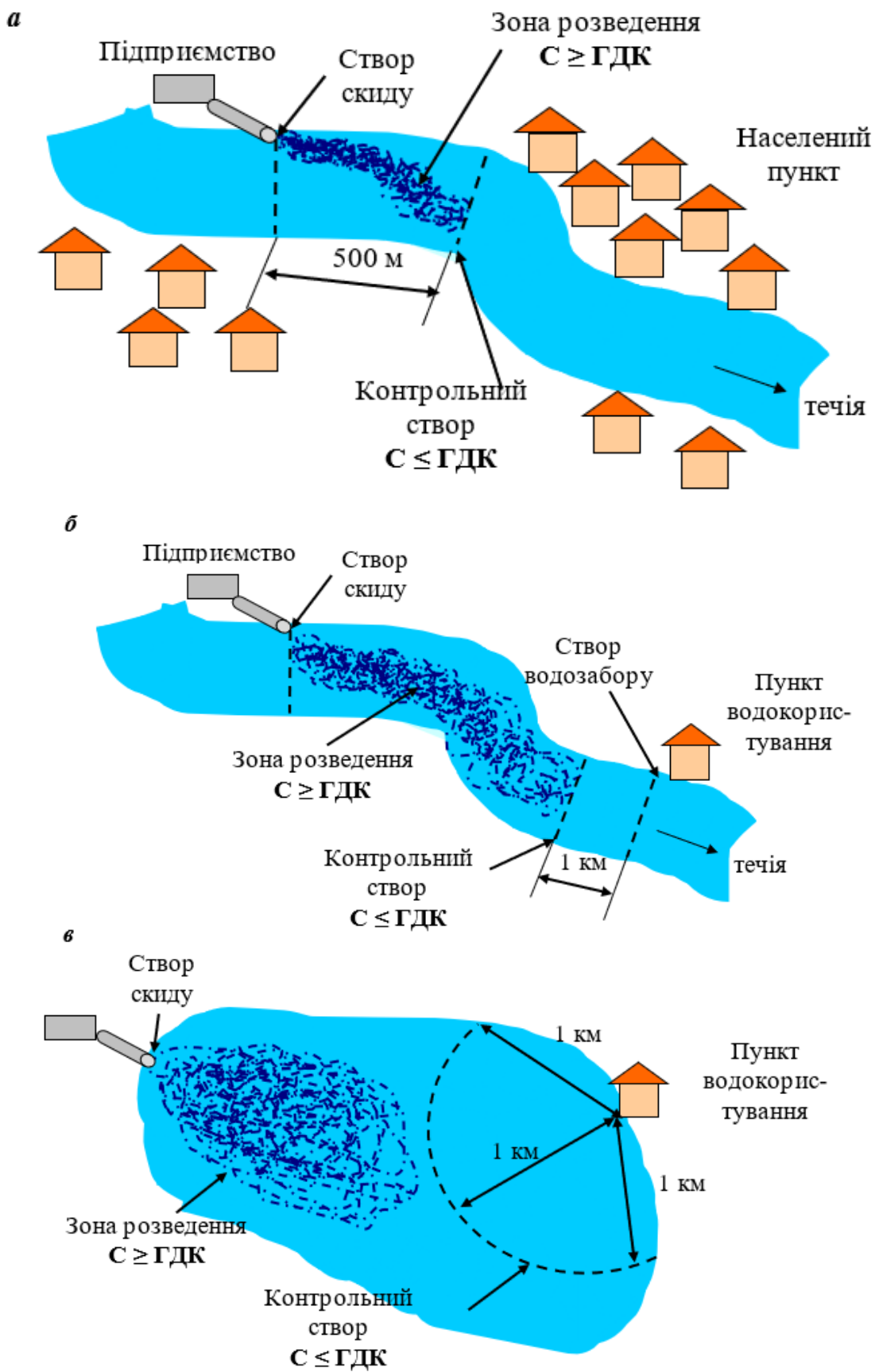


Рис. 1.2. Схема нормування якості води:
 а – у поверхневій проточній водоймі в межах населеного пункту;
 б – у поверхневій проточній водоймі поза межами населеного пункту;
 в - у поверхневій непроточній водоймі

1.1.2. Розрахунок ступеня розведення стічних вод водою проточної водойми з використанням загальноприйнятої методики

На здатність самоочищення природних водойм, куди скидаються промислові стічні води, впливає цілий ряд факторів: об'єм і швидкість водного стоку, форма русла, глибина водойми, швидкість течії, температура води, її хімічний склад тощо. При цьому дуже складно прогнозувати оптимальні санітарно-токсикологічні норми, враховуючи окрему чи сукупну дію всіх вищеназваних чинників.

Ступінь повного розведення промислових стоків водою проточної водойми виражається **кратністю розведення**, яку визначають за такою формулою:

$$n = \frac{Q + q}{q}, \quad (1)$$

де Q – витрата води природної водойми, що йде на розбавлення стоків, м³/с;
 q – витрата стічної вода, що надходить у водойму та розбавляється, м³/с.

За вказаною формулою розраховують *повне* змішування стоку з водою проточної водойми. Однак це змішування настає не одразу. У зв'язку з цим *реальну* величину кратності розведення в загальному випадку слід визначати за такою формулою:

$$n = \frac{\gamma \cdot Q + q}{q}, \quad (2)$$

де γ – коефіцієнт, що вказує на ступінь повноти змішування й розведення стоків у водоймі.

Коефіцієнт змішування γ завжди менший одиниці, коли кратність розведення визначають для ділянки водойми перед місцем повного перемішування, яке знаходиться на деякій відстані вниз за течією від зони випуску стічних вод.

Умови спускання стічних вод у водойму оцінюються з урахуванням ступеня їх впливу на довкілля біля найближчого пункту водокористування, тому кратність розведення необхідно визначати саме в цьому місці. Якщо цей пункт розташовано за течією нижче від місця повного перемішування, то приймають, що у формулі 2 коефіцієнт γ дорівнює одиниці, тому розрахунок кратності не створює жодних труднощів. Тоді ж коли обчислення кратності розведення треба виконати стосовно ділянки водойми, де ще не виникає повного перемішування, його виконують із урахуванням досягнутого на цій ділянці ступеня змішування,

тобто значення коефіцієнта γ . Повноту розведення досі прийнято визначати з відомим ступенем наближення.

Відомий вчений І.Д. Родзиллер запропонував зручну й досить просту формулу, яка дозволяє обчислити значення коефіцієнта змішування стоків із водою проточної водойми, а саме:

$$\gamma = \frac{1 - \beta}{1 + \frac{Q}{q} \cdot \beta}. \quad (3)$$

При цьому величину β визначають за такою формулою:

$$\beta = e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}, \quad (4)$$

де e – основа натурального логарифма, що дорівнює 2,72; α – коефіцієнт, який враховує гідравлічні фактори змішування; L – відстань до створу, що розглядається (за фарватером), м.

Величина α визначається на підставі емпірично встановленої залежності:

$$\alpha = \xi \cdot \varphi \cdot \sqrt[3]{\frac{D}{q}}, \quad (5)$$

де ξ – коефіцієнт, значення залежить від місця випуску стічних вод у річку, наприклад, при випуску біля берега річки $\xi = 1$, на стрижні річки (у місці найвищої швидкості течії) $\xi = 1,5$; φ – коефіцієнт звивистості річки. Для його визначення користуються таким виразом:

$$\varphi = \frac{L_\phi}{L_{np}}. \quad (6)$$

Як бачимо, це відношення двох величин: відстані за фарватером L_ϕ , що відображає повну довжину русла від зони випуску стічних вод до створу розрахункового пункту водокористування, і відстані між цими двома пунктами по прямій L_{np} ; D – коефіцієнт турбулентної дифузії.

Коефіцієнт D для рівнинних річок визначається за формулою М.В. Потапова, а саме:

$$D = \frac{V_{сер} \cdot H_{сер}}{200}, \quad (7)$$

де $V_{сер}$ – середня швидкість течії на ділянці змішування, тобто між місцем випуску стічних вод та розрахунковим створом пункту водокористування, м/с; $H_{сер}$ – середня глибина річки на тій самій ділянці, м.

У тих випадках, коли розрахунковий пункт водокористування розташовано на значній відстані L за фарватером від місця випуску стоків, де наявні ділянки з різною швидкістю течії та глибиною русла, що створює різні гідравлічні умови змішування, рекомендується цей відрізок річки протягом відстані L розбити на зони з більш чи менш однаковими гідравлічними умовами, визначивши для кожної з них такі параметри: довжину (L_1, L_2, \dots, L_n), середню швидкість течії (V_1, V_2, \dots, V_n) та середню глибину (H_1, H_2, \dots, H_n). Загальне значення коефіцієнта турбулентної дифузії для всього відрізка рівнинної річки довжиною L буде дорівнювати сумі коефіцієнтів турбулентної дифузії, що характеризують кожен із зон, тобто:

$$D = \frac{L_1}{L} \frac{V_1 H_1}{200} + \frac{L_2}{L} \frac{V_2 H_2}{200} + \dots + \frac{L_n}{L} \frac{V_n H_n}{200}. \quad (8)$$

Отже, від значення коефіцієнта змішування γ безпосередньо залежить кратність розведення n стоків водою проточної водойми, а значить, і ступінь зниження концентрації шкідливих речовин. Розглянемо детальніше, яким чином цей коефіцієнт враховується при плануванні випуску стічних вод у водойму.

1.2 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

1.2.1. Умови завдання

У місті Крижопіль готується до введення в експлуатацію промислове підприємство. Витрата стічних вод проектного підприємства $q_1 = 0,6 \text{ м}^3/\text{с}$.

Окрім спуску виробничих стічних вод, у зв'язку з функціонуванням міської каналізації здійснюється спуск побутових стічних вод, витрати яких $q_2 = 0,1 \text{ м}^3/\text{с}$.

Згідно з проектом випуск стічних вод відбуватиметься в річку Тікич (див. рис. 1.3).

Нижче за течією Тікича від міста Крижопіль першим пунктом водокористування є село Вапнярка, жителі якого забезпечені колодязною водою, а річку використовують для господарсько-побутових потреб. Відстань від місця випуску стічних вод до села Вапнярка $L^B = 5,5 \text{ км}$, а відстань від цього пункту до розміщеного нижче за течією селища Піщанка – $L^H = 42 \text{ км}$. Для нього річка Тікич є джерелом централізованого питного водопостачання.



Рис. 1.3. Схема розміщення пунктів водокористування міста та його околиць

Витрата річкової води біля пункту Вапнярка $Q^B = 30 \text{ м}^3/\text{с}$, біля пункту Піщанка $Q^П = 40 \text{ м}^3/\text{с}$. На ділянці до пункту Вапнярка середня швидкість течії річки $V_1 = 0,6 \text{ м/с}$, глибина русла $H_1 = 1,1 \text{ м}$. Між Вапняркою і Піщанкою знаходиться гирло притоки Тікича Синюхи. На ділянці між пунктом Вапнярка і гирлом притоки середня швидкість течії річки $V_2 = 0,35 \text{ м/с}$, глибина русла $H_2 = 1,3 \text{ м}$, відстань від Вапнярки до гирла притоки $L^C = 11,5 \text{ км}$. Від цього місця до селища Піщанка середня швидкість течії річки $V_3 = 0,25 \text{ м/с}$, глибина русла $H_3 = 1,8 \text{ м}$. Звивистість русла на ділянці до пункту Вапнярка $\phi^B = 1$, на ділянці до розрахункового пункту Піщанка $\phi^П = 1,2$. Згідно з проектом випуск стічних вод відбуватиметься з берега.

Завдання: визначити ступінь змішування стічних вод з водою річки Тікич біля *обох* пунктів водокористування.

1.2.2. Приклад рішення

Розрахунок ступеня змішування стічних вод у зоні першого пункту водокористування – села Вапнярка

Для того, щоб визначити ступінь змішування стічних вод у зоні першого пункту водокористування, визначаємо коефіцієнт турбулентної дифузії за формулою (7), а саме:

$$D_1 = \frac{V_{сер} \cdot H_{сер}}{200} = \frac{V_1 \cdot H_1}{200} = \frac{0,6 \cdot 1,1}{200} = 0,0033 .$$

Коефіцієнт α_1 обчислюємо за формулою (5), тобто:

$$\alpha_1 = \xi_1 \cdot \varphi_1 \cdot \sqrt[3]{\frac{D_1}{q_1 + q_2}} = 1 \cdot 1 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,0033}{0,6 + 0,1}} = 0,168.$$

Під коренем у знаменнику подано сумарну величину витрат виробничих і побутових стічних вод, оскільки в річку надходять стічні води і від промислового підприємства, і від житлових будинків.

Для визначення коефіцієнта β_1 знаходимо показник числа e таким чином:

$$-\alpha \sqrt[3]{L} = -\alpha_1 \sqrt[3]{L^B - 1000} = 0,168 \cdot \sqrt[3]{5500 - 1000} = 2,77.$$

Під коренем подано значення відстані до першого пункту водокористування, зменшене на 1 км відповідно до санітарних норм.

Звідси за формулою (4):

$$\beta_1 = e^{-\alpha \sqrt[3]{L}} = e^{-2,77} = 0,063.$$

Розраховуємо коефіцієнт змішування стічних вод з водою водойми біля першого пункту водокористування за формулою (3), а саме:

$$\gamma_1 = \frac{1 - \beta_1}{1 + \frac{Q^B}{q_1 + q_2} \cdot \beta_1} = \frac{1 - 0,063}{1 + \frac{30 \cdot 0,063}{0,6 + 0,1}} = 0,25.$$

Отже, стічні води розбавляться водою річки Тікич біля пункту Вапнярка на 25 %.

Кратність розведення стоків водою річки біля пункту водокористування Вапнярка визначаємо за формулою (2), тобто:

$$n_1 = \frac{\gamma_1 \cdot Q^B + q_1 + q_2}{q_1 + q_2} = \frac{0,25 \cdot 30 + 0,6 + 0,1}{0,6 + 0,1} = 11,7 \approx 12 \text{ разів.}$$

Отже, біля пункту Вапнярка відбудеться 12-кратне розведення стоків водою річки.

Розрахунок параметрів стічних вод у районі другого пункту водокористування – селища Піщанки

Оскільки другий пункт водокористування – селище Піщанка, розташований на значній відстані від місця випуску стічних вод, то на відрізьку річки, що складається з трьох ділянок, спостерігаються різні швидкості, течії та глибини, а це у свою чергу створює різні гідравлічні умови змішування. З огляду на такі умови коефіцієнт турбулентної дифузії визначаємо за формулою (8), що має такий вигляд:

$$D = \frac{L_1}{L} \frac{V_1 H_1}{200} + \frac{L_2}{L} \frac{V_2 H_2}{200} + \dots + \frac{L_n}{L} \frac{V_n H_n}{200}.$$

У даному випадку загальна відстань до пункту водокористування $L = 42000 - 1000 = 41000$ м.

Довжина першої ділянки L_1 відповідає відстані від м. Крижополя до с. Вапнярка (див. рис. 3) і відповідно до умови завдання $L^B = 5500$ м. Довжина другої ділянки L_2 відповідає відстані від с. Вапнярка до устя притоки Синюха, тобто $L^C = 11500$ м. Довжина третьої ділянки відповідає відстані від устя р. Синюхи до селища Піщанка, зменшеній на 1 км відповідно до санітарних норм, отже,

$$L_3 = L^D - L^B - L^C - 1000 = 42000 - 5500 - 11500 - 1000 = 24000 \text{ м.}$$

Значення швидкості течії та глибини русла на кожній ділянці подано в умовах до нашого завдання, звідси:

$$D_2 = \frac{5500}{41000} \frac{0,6 \cdot 1,1}{200} + \frac{11500}{41000} \frac{0,35 \cdot 1,3}{200} + \frac{24000}{41000} \frac{0,25 \cdot 1,8}{200} = 0,0024.$$

Коефіцієнт α_2 визначаємо за формулою (5), тобто:

$$\alpha_2 = \xi_2 \cdot \varphi_2 \cdot \sqrt[3]{\frac{D_2}{q_1 + q_2}} = 1 \cdot 1,2 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,0024}{0,6 + 0,1}} = 0,181.$$

Для визначення коефіцієнта β_2 знаходимо показник числа e , а саме:

$$-\alpha \sqrt[3]{L} = -\alpha_2 \sqrt[3]{L^D - 1000} = 0,181 \cdot \sqrt[3]{42000 - 1000} = 6,24,$$

Звідси за формулою (4):

$$\beta_2 = e^{-\alpha \sqrt[3]{L}} = e^{-6,24} = 0,00195.$$

Знаходимо коефіцієнт змішування стічних вод з річковою водою в районі другого пункту водокористування за формулою (3) таким чином:

$$\gamma_2 = \frac{1 - \beta_2}{1 + \frac{Q^{\text{П}}}{q_1 + q_2} \cdot \beta_2} = \frac{1 - 0,00195}{1 + \frac{40 \cdot 0,00195}{0,6 + 0,1}} = 0,9.$$

Отже, стічні води розбавляться водою річки біля пункту Піщанка на 90 %.

Кратність розведення стічних вод природною водою в зоні пункту водокористування Піщанка визначаємо за формулою (2), а саме:

$$n_2 = \frac{\gamma_2 \cdot Q'' + q_1 + q_2}{q_1 + q_2} = \frac{0,9 \cdot 40 + 0,6 + 0,1}{0,6 + 0,1} = 52,4 \approx 52 \text{ рази.}$$

Отже, біля пункту Піщанка відбудеться 52-кратне розведення стічних вод річковою водою.

1.2.3. Висновки

Коефіцієнт змішування стічних вод з річковою водою γ_1 в районі першого пункту водокористування – селища Вапнярка, становитиме 0,25, ступінь змішування n_1 – 12 разів. Біля другого пункту водокористування – селища Піщанка коефіцієнт змішування стічних вод з річковою водою γ_2 становитиме 0,9, а ступінь змішування n_2 – 52 рази. Від значення коефіцієнта змішування γ безпосередньо залежить кратність розведення n стоків водою проточної водойми, а значить, і ступінь зниження концентрації шкідливих речовин.

1.2.4. Завдання на практичну роботу

1. Вивчити основні принципи нормування якості води;
 2. Ознайомитись з прикладом розрахунку ступеня змішування стічних вод з річковою водою;
 3. Самостійно розрахувати ступінь змішування стічних вод з водою річки біля *двох пунктів* водокористування.
- Вихідні дані для розрахунку представлені нижче в табл. 2.6 (стор.34-36) .

Контрольні питання

1. Як можна визначити поняття якості води?
2. Які існують категорії водокористування?
3. Які види водокористування виділяють?
4. Розкрийте поняття гранично-допустимої концентрації речовини у воді.
5. Що таке гранично допустимий скид?
6. Сформулюйте основний принцип нормування якості води у поверхневих проточних і непроточних водоймах.
7. Що таке контрольний створ?
8. Від яких гідрологічних чинників залежить коефіцієнт змішування γ стічних вод з водою водойми?

ПРАКТИЧНА РОБОТА 2

ПЕРЕВІРКА СТІЧНИХ ВОД НА ОЗНАКИ ШКІДЛИВОСТІ ТА НА ВМІСТ ЗАВИСЛИХ РЕЧОВИН

Мета практичної розрахункової роботи полягає в набутті студентами-бакалаврами навичок визначення показників рівня антропогенного впливу на якість води природних водойм унаслідок змішування й розведення її промисловими стічними водами. Поставлена мета досягається послідовним вирішенням **таких завдань:**

– ознайомлення з нормативними вимогами до складу й властивостей води водних об'єктів у пунктах водокористування;

– опанування методики розрахунку ступеня розведення стічних вод водою проточної водойми біля пункту водокористування;

В результаті виконання даної практичної роботи будуть сформовані наступні **результати навчання:**

- застосовувати сучасні технології, новітні матеріали, обладнання, інструменти, та процеси з урахуванням специфіки спеціалізації;
- використовувати принципи екологічної політики на глобальному, регіональному та локальному рівнях;
- класифікувати ознаки шкідливості речовин та категорії водокористування.

2.1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

2.1.1. Загальні вимоги до складу й властивостей води у водоймах біля пунктів водокористування

Усі речовини за характером свого негативного впливу на воду поділяються на групи. Кожна група об'єднує речовини зі схожими проявами негативного впливу на воду, які називають **ознакою шкідливості**.

Одна й та сама речовина при різних концентраціях може мати різні ознаки шкідливості. Та з них, що проявляється при найменшій концентрації речовини, називається **лімітуючою ознакою шкідливості (ЛОШ)**. У водних об'єктах комунально-побутового і господарчо-питного водокористування розрізняють три типи ЛОШ:

1. Загальносанітарну;
2. Органолептичну;
3. Санітарно-токсикологічну.

Розглянемо особливості цих ознак детальніше.

1) Загальносанітарна ознака шкідливості

Ступінь забруднення води органічними речовинами визначають як кількість кисню, необхідну для їх окиснення мікроорганізмами в аеробних умовах і

позначають аббревіатурою **БСК (біохімічне споживання кисню)**. Іншими словами, БСК – це кількість кисню, що витрачається протягом певного часу на біохімічне окиснення органічних речовин, які містяться в одиниці об’єму води.

Нормативна величина БСК₂₀ при температурі 20 °С становить:

– для I категорії водокористування (питне) – не більше 3 мг О₂ /л;

– для II категорії водокористування (господарсько-побутове) – не більше 6 мг О₂ /л.

2) Органолептична ознака шкідливості

До органолептичних відносяться такі властивості води: запах, смак, присмак, кольоровість, прозорість, температура.

Запах, смак і присмак води

Розрізняють дві групи запахів: запахи природного й штучного походження. Запахи природного походження зумовлені присутністю організмів, які живуть і відмирають у воді, впливом складу ґрунтів, з яких сформовані береги та дно водойми. Запахи штучного походження виникають при забрудненні води промисловими, комунально-побутовими, сільськогосподарськими стічними водами.

Характер та інтенсивність запаху визначають органолептично. Запах води вимірюється в балах (див. табл. 2.1).

Смак і присмак води залежить від її мінерального складу, температури й розчинених у ній газів. Розрізняють чотири головних смаки: солоний, кислий, солодкий, гіркий. Решту смакових відчуттів називають присмаками (лужний, металевий, хлорний і т. д.).

Характер та інтенсивність смаку й присмаку води також визначають органолептичним способом і оцінюють за 5-бальною шкалою (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Шкала оцінювання запаху й смаку води

Інтенсивність запаху (смаку)	Характерні прояви запаху (смаку)	Інтенсивність запаху (смаку), бали
відсутній	не відчувається	0
дуже слабкий	не відчувається споживачем, але виявляється при лабораторному дослідженні	1
слабкий	відчувається споживачем, якщо звернути на це увагу	2
помітний	легко відчувається та викликає негативне ставлення до води	3
відчутний	привертає до себе увагу та змушує утриматися від вживання води	4
дуже сильний	настільки сильний, що робить воду непридатною для вживання	5

Нормативні вимоги за органолептичними ознаками: інтенсивність запаху, смаку і присмаку води джерела водопостачання не повинна перевищувати 1 бала:

– для I категорії водокористування (питне) – безпосередньо або після хлорування;

– для II категорії водокористування (господарсько-побутове) – безпосередньо.

Кольоровість і прозорість води

Прозорість води залежить від ступеня розсіювання сонячного світла у воді речовинами органічного й мінерального походження, які там перебувають в завислому та колоїдному стані. Прозорість води є необхідною умовою перебігу біохімічних процесів, що вимагають освітленості (наприклад, первинного продукування, фотосинтезу). Цей показник вимірюється в сантиметрах.

Кольоровість води зумовлена вмістом органічно забарвлених сполук. Речовини, які визначають забарвлення води, надходять у неї внаслідок вивітрювання гірських порід, продукційних процесів, які відбуваються у водоймах, з підземних стоків, з антропогенних джерел. Високий показник кольоровості знижує органолептичні властивості води, зменшує вміст у ній розчиненого кисню. Кольоровість вимірюють у градусах.

Температура води

Температура води у водних об'єктах являє собою результат одночасної дії сонячної радіації, теплообміну з атмосферою, перенесення тепла течіями, перемішування водних мас і надходження підігрітих вод із зовнішніх джерел. Температура впливає практично на всі процеси, від яких залежить склад і властивості води.

Проблема «потепління» є істотною з погляду санітарного режиму та якості води у водоймах. Якщо там спостерігається підвищена температура, то частішими й тривалішими виявляються періоди «цвітіння» води, що супроводжується погіршенням умов водокористування, труднощами очищення на водогонах, необхідністю їх оснащення спеціальними мікроситами, посиленого хлорування і т.д. Крім того, підвищення температури води зумовлює зменшення в ній вмісту розчиненого кисню (див. табл. 2.2), що може призвести до так званих «заморів» риби, чутливої до цього показника.

Таблиця 2.2 – Розчинність кисню в 1 л води при тиску 760 мм рт. ст.

<i>T, °C</i>	1	5	10	15	20	25	30
<i>O₂, мг</i>	14,23	12,80	11,33	10,15	9,17	8,38	7,63

Норматив: літня температура води після спуску стічних вод не повинна підвищуватися більш, ніж на 3 °С в порівняно з середньомісячною температурою води найтеплішого місяця протягом останніх 10 років.

3) Санітарно-токсикологічна ознака шкідливості

Загальні вимоги до складу й властивостей води у поверхневих водоймах передбачають, що біля перших за течією (розрахункових чи контрольних) пунктів питного або господарсько-побутового водокористування шкідливі (токсичні) речовини не повинні міститися в концентраціях, які можуть прямо або опосередковано завдати шкоди здоров'ю людини. Цій вимозі відповідає умова, що ці речовини містяться в концентраціях, які не перевищують **гранично допустимі**, оскільки при гігієнічному нормуванні обов'язково враховується санітарно-токсикологічна ознака шкідливості.

Іншими словами, **нормативні вимоги** передбачають, що хімічні речовини не повинні міститися в концентраціях, які перевищують ГДК або ОДР (орієнтовно-допустимий рівень).

Скид будь-яких речовин, пов'язаних з діяльністю водокористувачів, що не вказані у затверджених ГДС, **заборонений**.

4) Інші показники складу й властивостей води у водоймах

Окрім загальносанітарної, органолептичної та санітарно-токсикологічної ознак шкідливості, властивості й склад води у водоймах нормуються за такими показниками, як вміст завислих речовин, реакція рН, мінеральний склад, колі-індекс і колі-титр (бактеріологічні характеристики). Розглянемо кожен з них детальніше.

Завислі у воді речовини

Джерелами потрапляння у воду завислих речовин можуть служити процеси ерозії ґрунтів і гірських порід, скаламучення донних відкладень, продукти метаболізму й розкладання гідробіонтів, продукти хімічних реакцій, продукти антропогенного походження. Завислі речовини впливають на глибину проникнення сонячного світла, погіршують умови життєдіяльності гідробіонтів, призводять до замулювання водних об'єктів, викликаючи їх екологічне старіння (евтрофікацію).

Завислі речовини як грубодисперсні, так і у вигляді суспензії, містяться в побутових і в багатьох виробничих стічних водах. У побутових стічних водах вміст завислих речовин коливається залежно від виду водокористування. У середньому кількість тих з них, що здатні осідати при відстоюванні, коливається від 35 до 50 г на добу з однієї людини. Завислі речовини в побутових стічних водах найчастіше мають органічне, рослинне й тваринне походження. Вміст

таких речовин у виробничих стічних водах коливається у великих межах: від 6–50 мг/л (сірчанокислотні заводи) до кількох тисяч міліграмів на літр (рудозбагачувальні фабрики).

Нормативні вимоги: при спуску стічних вод вміст завислих речовин не повинен збільшуватися більш, ніж:

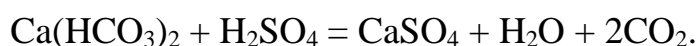
- на 0,25 мг/л у водоймах, які використовуються для питного водопостачання (І категорія водокористування);
- на 0,75 мг/л для водойм, які використовуються для господарсько-побутового водопостачання (ІІ категорія водокористування).

Показник рН

У природних водах концентрація іонів водню залежить, головним чином, від співвідношення вмісту вугільної кислоти та її іонів. Джерелами вмісту іонів водню у воді є гумінові кислоти, наявні в кислих ґрунтах, а особливо, у болотних водах, а також гідроліз солей важких металів. Від рН залежить розвиток водних рослин, характер перебігу продукційних процесів та ін.

Стічні води, характерні для багатьох галузей промисловості, містять значні концентрації кислот і лугів. Це стосується підприємств, що не тільки виробляють кислоти й луги, але і тих, що використовують їх у технологічних процесах.

Вода природних водойм містить деяку кількість розчинених двовуглекислих солей кальцію $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ і магнію $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, солі карбонатної жорсткості та вугільну кислоту у вигляді розчиненого вугільного ангідриду CO_2 (вільна вугільна кислота). При спуску у водойму кислих стічних вод кислота, що міститься в них, взаємодіє з бікарбонатами води, а саме:



При цьому кислота нейтралізується і витісняється вуглекислота.

При спуску у водойму лужних стічних вод луг нейтралізується за рахунок вільної вугільної кислоти, що приводить до зменшення її вмісту у воді. Унаслідок цього активна реакція води в даній водоймі змінюється.

Нормативний показник рН води у водоймі незалежно від виду водокористування не повинен виходити за межі 6,5 – 8,5.

Мінеральний склад

Даний параметр води визначають за сумарним вмістом семи головних іонів: K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- . Основними джерелами підвищення мінералізації є ґрунтові та стічні води. З погляду дії на людину та на гідробіонтів несприятливими є як високі, так і занадто низькі показники мінералізації води.

Мінералізація – це кількість розчинених у воді солей, зазвичай її вимірюють в мг/л, а визначають шляхом випаровування води при температурі 110 °С. Вода

з сухим залишком до 1000 мг/л називається прісною, понад 1000 мг/л – мінералізованою.

Нормативні вимоги: мінеральний склад води у поверхневих водоймах не повинен перевищувати за сухим залишком 1000 мг/л, у тому числі хлоридів 350 мг/л і сульфатів 500 мг/л.

Бактеріологічні показники

Бактеріологічні показники характеризують забрудненість води патогенними мікроорганізмами. До найважливіших бактеріологічних показників відносять: колі-індекс – кількість кишкових паличок в одному літрі води і колі-титр – кількість води в мілілітрах, у якій може бути виявлена одна кишкова паличка.

Вода не повинна містити збудників захворювань. Стічні води, у яких вони виявлені, після попереднього очищення повинні бути знезаражені.

Нормативні вимоги: відсутність вмісту у воді збудників захворювань досягається шляхом знезараження біологічно очищених побутових стічних вод, доведення колі-титру до показника:

- не більше 10000/дм³ у водоймах, які використовуються для питного водопостачання (І категорія водокористування);
- не більше 5000/дм³ для водойм, які використовуються для господарсько-побутового водопостачання (ІІ категорія водокористування).

Таким чином, загальні вимоги до складу й властивостей води у водних об'єктах різних категорій використання можна подати у вигляді табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Характеристика вод водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення

Показники складу й властивостей води у водному об'єкті	Категорії водокористування	
	для централізованого або нецентралізованого питного водопостачання, а також для водопостачання харчових підприємств	для господарсько-побутового, водокористування в оздоровчих, рекреаційних, спортивних цілях, а також для водних об'єктів в межах населених пунктів
БСК ₅ (Біохімічне споживання кисню за 5 діб)	Не застосовується	3 мг О ₂ /дм ³
БСК ₂₀ (біохімічне споживання кисню повне)	Не повинно перевищувати при 20° С:	
	3 мг О ₂ /дм ³	6 мг О ₂ /дм ³
Хімічне споживання кисню (ХСК)	Не повинно перевищувати:	
	15 мг О ₂ /дм ³	30 мг О ₂ /дм ³
Розчинений кисень	Не повинен бути менше 4 мг/дм ³ в будь-який період року в пробі, відібраній до 12-ї години дня.	Розчинений кисень
Запахи	Вода не повинна набувати невластивих їй запахів інтенсивністю більше 1 балу, які виявляються:	
	безпосередньо або при наступному хлоруванні, або інших засобах обробки	безпосередньо
Забарвлення	Не повинно виявлятися у стовпчику:	
	20 см	10 см
Температура	Літня температура води в результаті спуску стічних вод не повинна підвищуватись вище, ніж на 3° С у порівнянні з середньомісячною температурою самого жаркого місяця року за останні 10 років.	
Хімічні речовини	Не повинні міститися в концентраціях, що перевищують ГДК або ОДР.	
Завислі речовини	Вміст завислих речовин не повинен збільшуватись більш ніж на:	
	0,25 мг/дм ³	0,75 мг/дм ³
	Для водних об'єктів, які містять у межах понад 30 мг/дм ³ природних мінеральних речовин, допускається збільшення завислих речовин у воді в межах 5 %. Відведення у водні об'єкти із зворотними водами суспензій із швидкістю випадіння зависів понад 0,4 мм/с для проточних водойм та понад 0,2 мм/с для водосховищ або непроточних водойм забороняється.	
Водневий показник (рН)	Не повинен виходити за межі 6,5 - 8,5.	

Показники складу й властивостей води у водному об'єкті	Категорії водокористування	
	для централізованого або нецентралізованого питного водопостачання, а також для водопостачання харчових підприємств	для господарсько-побутового, водокористування в оздоровчих, рекреаційних, спортивних цілях, а також для водних об'єктів в межах населених пунктів
Мінеральний склад	Не повинен перевищувати за сухим залишком 1000 мг/дм ³ , у тому числі хлоридів - 350 мг/дм ³ , сульфатів - 500 мг/дм ³ .	
Збудники захворювань	Вода не повинна містити збудників захворювань.	
Лактозопозитивні кишкові палички (ЛКП)	Не більше 10000/дм ³ *	Не більше 5000/дм ³
Коліфаги (у бляшко-утворюючих одиницях)	Не більше 100/дм ³ *	Не більше 100/дм ³
Життєздатні яйця гельмінтів (аскарид, волосоголовців, токсокар, фасціол), онкосфери тенід та життєздатні цисти патогенних кишкових найпростіших	Не повинні міститися в 1 дм ³	
Плаваючі домішки (речовини)	На поверхні водних об'єктів не повинні виявлятися плаваючі плівки, плями мінеральних масел та скупчення інших домішок.	

* не поширюються на джерела нецентралізованого питного водопостачання.

2.1.2. Методика обчислення загально-санітарної ознаки шкідливості води

Для визначення показника біологічного споживання кисню (БСК) стічних вод, які можуть бути скинуті у водойму без порушення санітарних норм, користуються таким рівнянням:

$$C_{ст}^{БСК} = \frac{\gamma \cdot Q}{q \cdot 10^{-k_1 \cdot t}} (C_{гр.дон.}^{БСК} - C_p^{БСК} \cdot 10^{-k_1 \cdot t}) + \frac{C^{БСК}_{гр.дон.}}{10^{-k_1 \cdot t}}, \text{ мг/л} \quad (9)$$

де k_1 – константа, що характеризує швидкість споживання кисню органічними речовинами води при даній температурі; t – час переміщення води від місця випуску стоків до створу пункту водокористування, визначений із такого відношення:

$$t = \frac{L}{V_{cp}}, \text{ діб}; \quad (10)$$

$C_{гр.дон.}^{БСК}$ – нормативне значення БСК залежно від виду водокористування (3 мг/л чи 6 мг/л), мг/л; $C_p^{БСК}$ – значення БСК річкової води, мг/л.

Показник k_1 залежить від температури та від складу органічних речовин, які містяться в стічних водах. Дані про його величину наведено в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Залежність показника k_1 від температури води

$T, ^\circ\text{C}$	k_1	$T, ^\circ\text{C}$	k_1
0	0,04	20	0,1
5	0,05	22	0,11
9	0,06	24	0,12
12	0,07	26	0,13
15	0,08	28	0,14
18	0,09	29	0,15

Одержане розрахункове значення $C_{ст}^{БСК}$ необхідно порівняти з фактичним значенням $C_{факт}^{БСК}$ стічних вод, які передбачають випустити у водойму. При цьому має виконуватись така умова:

$$C_{факт}^{БСК} \leq C_{ст}^{БСК} .$$

Таким чином, фактичне значення БСК стічних вод має бути меншим від величини гранично-допустимого скиду.

Якщо фактичне значення БСК стічних вод, що підлягають випуску у

водойму менше від значення $C_{cm}^{БСК}$, отриманого розрахунковим шляхом, то в біологічному очищенні немає потреби.

Тоді ж, коли фактичне значення БСК стічних вод більше від отриманої розрахункової величини $C_{cm}^{БСК}$, то біологічне очищення їх перед спуском у водойму обов'язкове, і його проводять до моменту досягнення розрахункової величини.

2.1.3. Дослідження органолептичної ознаки шкідливості води

Виявлення запаху, смаку і присмаку води

При дослідженні виробничих стічних вод передбачається визначення того ступеня розведення стічних вод, при якому досягається зникнення запаху й смаку.

Знаючи кратність розведення, необхідну для усунення несприятливого впливу стічних вод на органолептичні властивості води та визначивши можливу величину цього параметра n біля розрахункового пункту водокористування, можна прийняти рішення відносно необхідності очищення стічних вод.

Інакше кажучи, якщо, наприклад, запах стічних вод зникає при розведенні їх чистою водою у кратності 1:5, а біля розрахункового пункту водокористування очікується розведення водою водойми на рівні 1:10, то вочевидь, немає необхідності в усуненні запаху й смаку стічної води перед скиданням, бо за таких умов у водоймі достатньо чистої води.

Визначення температури води

Максимальна температура скинутих у водойму стоків, за якої температура води підвищиться не більше допустимої, визначається за формулою:

$$t_{cm} = t_{дон} \left(\frac{\gamma \cdot Q}{q} + 1 \right) + t_{max}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (11)$$

де $t_{дон}$ – допустиме за санітарними нормами підвищення температури води у водоймі на $3 \text{ } ^\circ\text{C}$; t_{max} – максимальна температура води у водоймі літньої пори в зоні перед місцем випуску стічних вод, $^\circ\text{C}$.

Отримане розрахункове значення t_{cm} необхідно порівняти з фактичною температурою стоків $t_{факт}$, призначених для випуску у водойму. При цьому має виконуватися така умова:

$$t_{факт} \leq t_{cm} .$$

Як бачимо, фактичне значення температури стічних вод повинне бути меншим від розрахункової величини.

Якщо фактична температура стічних вод, що підлягають спуску у водойму, менша від значення t_{cm} , отримане розрахунковим шляхом, то охолодження стоків перед скиданням не потрібне.

Коли ж фактична температура стічних вод більша від значення t_{cm} , то охолодження їх перед спуском у водойму обов'язкове, і його виконують до моменту досягнення розрахункової величини t_{cm} .

2.1.4. Вивчення санітарно-токсикологічної ознаки шкідливості

Максимальна кількість шкідливої речовини в стічних водах, яка може бути скинута у водойму без перевищення ГДК біля пункту водокористування, визначається за такою формулою:

$$C_{cm}^{шр} = \frac{\gamma \cdot Q}{q} (C_{ГДК} - C_p^{шр}) + C_{ГДК}, \text{ мг/л}, \quad (12)$$

де $C_p^{шр}$ – концентрація шкідливої речовини у воді річки, визначена у зоні перед місцем випуску стоків, мг/л; $C_{ГДК}$ – гранично допустима концентрація шкідливої речовини, мг/л.

Отримане розрахункове значення величини $C_{cm}^{шр}$ необхідно порівняти з фактичною концентрацією шкідливої речовини в стічних водах $C_{факт}^{шр}$, які мають бути скинуті у водойму. До того ж має виконуватися така умова:

$$C_{факт}^{шр} \leq C_{cm}^{шр}.$$

Інакше кажучи, фактична концентрація шкідливої речовини в стічних водах повинна бути меншою від величини допустимого скиду $C_{cm}^{шр}$, отриманої розрахунковим шляхом.

Якщо фактична концентрація шкідливої речовини в стічній воді менша від значення $C_{cm}^{шр}$, отриманого розрахунковим шляхом, то хімічне очищення стічних вод не потрібне.

Тоді ж, коли фактична концентрація шкідливої речовини в стічних водах вища від величини допустимого скиду $C_{cm}^{шр}$, то хімічне очищення їх перед спуском у водойму обов'язкове, і його проводять до моменту досягнення розрахункової величини.

2.1.5. Дослідження інших показників складу й властивостей води у водоймі

Методика розрахунку кількості завислих речовин

Максимальна концентрація завислих речовин у стічних водах, при якій умови спуску їх у водойму відповідатимуть санітарним вимогам, визначається за такою формулою:

$$C_{cm}^{zp} = C_{дон}^{zp} \left(\frac{\gamma \cdot Q}{q} + 1 \right) + C_p^{zp}, \text{ мг/л} \quad (13)$$

де $C_{дон}^{zp}$ – допустиме за нормативами збільшення вмісту завислих речовин у воді водойми після спуску стоків (0,25 або 0,75 мг/л) залежно від виду водокористування, мг/л;

C_p^{zp} – концентрація завислих речовин у воді водойми до спуску стоків, мг/л.

Якщо внаслідок проведеного розрахунку максимальна концентрація завислих речовин у стічних водах C_{cm}^{zp} виявиться нижчою від фактичної, то спуск останніх може бути здійснений тільки після відповідного механічного очищення.

2.2 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

2.2.1. Умови завдання

У місті Крижопіль готується до введення в експлуатацію промислове підприємство. Витрата стічних вод проектного підприємства $q_1 = 0,6 \text{ м}^3/\text{с}$; біохімічне споживання кисню $C_{cm1}^{БСК} = 68 \text{ мг/л}$; запах стоків зникає при їх розбавленні 1:10; температура стічних вод $t_{cm1} = 35\text{--}40^\circ\text{C}$; вміст фенолу в стічних водах $C_{cm1}^\phi = 2,8 \text{ мг/л}$; вміст свинцю $C_{cm1}^{св} = 0,3 \text{ мг/л}$; вміст завислих речовин $C_{cm1}^{zp} = 200 \text{ мг/л}$.

Окрім спуску виробничих стічних вод, у зв'язку з функціонуванням міської каналізації здійснюється спуск побутових стічних вод, витрати яких $q_2 = 0,1 \text{ м}^3/\text{с}$; вміст завислих речовин $C_{cm2}^{zp} = 250 \text{ мг/л}$; біохімічне споживання кисню $C_{cm2}^{БСК} = 200 \text{ мг/л}$.

Згідно з проектом спуск стічних вод відбуватиметься в річку Тікич (див. рис. 1.3). Визначено такий склад річкової води: вміст завислих речовин $C_p^{zp} = 9 \text{ мг/л}$, розчиненого кисню $O_p = 6,3 \text{ мг/л}$, біохімічне споживання кисню

$C_p^{БСК} = 2,5$ мг/л, вміст свинцю $C_p^{св} = 0,01$ мг/л, фенол відсутній, температура води протягом найбільш теплого літнього місяця $t_{max} = 15^\circ\text{C}$.

Нижче течією Тікича від міста Крижопіль першим пунктом водокористування є село Вапнярка, жителі якого забезпечені колодязною водою, а річку використовують для культурно-побутових потреб. Відстань від місця випуску стічних вод до села Вапнярка $L^B = 5,5$ км, а відстань від цього пункту до розміщеного нижче за течією селища Піщанка $L^П = 42$ км. Для нього річка Тікич є джерелом централізованого водопостачання.

Витрата річкової води біля пункту Вапнярка $Q^B = 30$ м³/с, біля пункту Піщанка $Q^П = 40$ м³/с. На ділянці до пункту Вапнярка середня швидкість течії річки $V_1 = 0,6$ м/с, глибина русла $H_1 = 1,1$ м. Між Вапняркою і Піщанкою знаходиться гирло притоки Тікича Синюхи. На ділянці між пунктом Вапнярка і гирлом притоки середня швидкість течії річки $V_2 = 0,35$ м/с, глибина русла $H_2 = 1,3$ м, відстань від Вапнярки до гирла притоки $L^C = 11,5$ км. Від цього місця до селища Піщанка середня швидкість течії річки $V_3 = 0,25$ м/с, глибина русла $H_3 = 1,8$ м. Звивистість русла на ділянці до пункту Вапнярка $\phi^B = 1$, на ділянці до розрахункового пункту Піщанка $\phi^П = 1,2$. Згідно з проектом випуск стічних вод відбуватиметься з берега.

Завдання: визначити, яким вимогам щодо складу й властивостей мають відповідати стічні води проектового підприємства, аби вода річки Тікич відповідала санітарним нормам біля *обох пунктів* водокористування.

2.2.2. Приклад рішення

Виконуємо перевірку стічних вод у зоні першого пункту водокористування – села Вапнярка

1) Перевірка стічних вод на загальносанітарну ознаку шкідливості

Визначаємо фактичне значення БСК суміші стічних вод (побутових і виробничих) таким чином:

$$C_{ст_факт}^{БСК} = \frac{q_1 \cdot C_{см1}^{БСК} + q_2 \cdot C_{см2}^{БСК}}{q_1 + q_2} = \frac{0,6 \cdot 68 + 0,1 \cdot 200}{0,6 + 0,1} = 87 \text{ мг/л.}$$

За формулою (9) знаходимо розрахункове значення БСК суміші стічних вод в районі першого пункту водокористування, а саме:

$$C_{ст}^{БСК} = \frac{\gamma_1 \cdot Q^B}{(q_1 + q_2) \cdot 10^{-k_1 \cdot t_1}} (C_{зр.дон.}^{БСК} - C_p^{БСК} \cdot 10^{-k_1 \cdot t_1}) + \frac{C_{зр.дон.}^{БСК}}{10^{-k_1 \cdot t_1}}$$

За даними табл. 2.4 знаходимо значення показника k_1 , який при температурі води у водоймі 15°C дорівнює 0,08.

Час переміщення стічних вод до першого пункту водокористування визначаємо за формулою (10), тобто:

$$t_1 = \frac{L^B - 1000}{V_1} = \frac{5500 - 1000}{0,6} = 7500 \text{ с} \approx 2 \text{ год.} \approx 0,08 \text{ доби.}$$

Звідси: $10^{-k_1 \cdot t_1} = 10^{-0,08 \cdot 0,08} = 0,99$.

Гранично допустиме значення $C_{\text{гр.доп.}}^{\text{БСК}}$ у даному випадку дорівнює 6 мг/л, оскільки за умовами нашого завдання вапнярка відноситься до пунктів водокористування другої категорії.

Користуючись цією величиною, обчислюємо значення БСК стоків, скидання яких не порушують санітарних норм, а саме:

$$C_{\text{ст}}^{\text{БСК}} = \frac{\gamma_1 \cdot Q^B}{(q_1 + q_2) \cdot 10^{-k_1 \cdot t_1}} (C_{\text{гр.доп.}}^{\text{БСК}} - C_p^{\text{БСК}} \cdot 10^{-k_1 \cdot t_1}) + \frac{C_{\text{гр.доп.}}^{\text{БСК}}}{10^{-k_1 \cdot t_1}} =$$

$$= \frac{0,25 \cdot 30}{(0,6 + 0,1) \cdot 0,99} (6 - 2,5 \cdot 0,99) + \frac{6}{0,99} = 44 \text{ мг/л.}$$

Нагадуємо, що відповідно до санітарних норм має виконуватися така умова: $C_{\text{факт.}}^{\text{БСК}} \leq C_{\text{ст.}}^{\text{БСК}}$.

Таким чином, розрахунковим шляхом встановлено, що значення БСК стічних вод, які скидаються в річку, не повинне перевищувати 44 мг/л, у той час як планується, що стічні води матимуть фактичну концентрацією органічних речовин у показниках БСК, що дорівнює 87 мг/л. Отже, стоки потребують ретельного очищення від органічних речовин аж до моменту досягнення розрахункової величини БСК.

2) Виконуємо перевірку стічних вод на органолептичну ознаку шкідливості

Запах стічних вод, відповідно до умов завдання, зникає при розведенні 1:10, а в зоні першого розрахункового пункту водокористування можна очікувати, відповідно до проведеного нами розрахунку, у першій практичній роботі, 12-кратного розведення стоків річковою водою. Отже, необхідності в додатковому очищенні стічної води від запаху немає.

За формулою (11) визначаємо максимальну температуру стічних вод, з якою вони можуть бути скинуті в річку без порушення санітарних норм, тобто температура природної води після скиду підвищиться не більш, ніж на 3 °С:

$$t_{cm} = t_{дон} \left(\frac{\gamma_1 \cdot Q^B}{q_1} + 1 \right) + t_{max} = 3 \left(\frac{0,25 \cdot 30}{0,6} + 1 \right) + 15 = 55^\circ \text{C}.$$

У знаменнику подано тільки значення витрати промислових стічних вод, оскільки температура комунальних стічних вод не підвищена.

Як бачимо, спостерігається виконання такої умови: $t_{факт} \leq t_{cm}$, оскільки фактична температура стічних вод (за умовою завдання) дорівнює 35-40°C, а максимально можлива, з якою стічні води можуть бути скинуті в річку без порушення санітарних норм, становить 55°C.

Таким чином, у водойму можуть бути скинуті більш нагріті стічні води, ніж це передбачено проектом, тому спеціальних заходів для охолодження стоків вживати не потрібно.

3) Виконуємо перевірку стічних вод на санітарно-токсикологічну ознаку шкідливості

Максимальний вміст фенолу в стічних водах визначаємо за формулою (12), з урахуванням того, що гранично допустима концентрація фенолу в природній воді незалежно від виду водокористування становить 0,001 мг/л, тоді:

$$C_{cm}^{\phi} = \frac{\gamma_1 \cdot Q^B}{q_1} (C_{ГДК} - C_p^{\phi}) + C_{ГДК} = \frac{0,25 \cdot 30}{0,6} (0,001 - 0) + 0,001 = 0,014 \text{ мг/л}.$$

У знаменнику подано тільки значення витрати промислових стічних вод, оскільки виходячи з умови завдання, у комунальних стічних водах фенолу немає. У складі річкової води фенол також не виявлений, тому $C_p^{\phi} = 0$ мг/л.

Таким чином, виявлено необхідність ретельного очищення стічних вод від фенолу, тому що не виконується необхідна умова, адже фактичний вміст фенолу в стоках становить 2,8 мг/л, що в 200 разів перевищує розрахункове значення.

Вміст свинцю в стічних водах також визначаємо за формулою (12), з огляду на те, що гранично допустима концентрація свинцю у річковій воді незалежно від виду водокористування становить 0,03 мг/л, тоді:

$$C_{cm}^{св} = \frac{\gamma_1 \cdot Q^B}{q_1} (C_{ГДК} - C_p^{св}) + C_{ГДК} = \frac{0,25 \cdot 30}{0,6} (0,03 - 0,01) + 0,03 = 0,3 \text{ мг/л}.$$

Результат розрахунку дорівнює фактичній концентрації свинцю в стічних

водах ($C_{cm1}^{CG} = 0,3$ мг/л), отже, немає необхідності вживати спеціальні заходи для очищення стічних вод від свинцю.

4) Виконуємо перевірку стічних вод на вміст завислих речовин

Визначаємо фактичний вміст завислих речовин у суміші промислових і комунальних стічних вод таким чином:

$$C_{cm_факт}^{зр} = \frac{q_1 \cdot C_{cm1}^{зр} + q_2 \cdot C_{cm2}^{зр}}{q_1 + q_2} = \frac{0,6 \cdot 200 + 0,1 \cdot 250}{0,6 + 0,1} = 207 \text{ мг/л.}$$

За формулою (13) обчислюємо максимальну концентрацію завислих речовин у стічних водах, за якої вони будуть відповідати санітарним нормам, а саме:

$$C_{cm}^{зр} = C_{дон}^{зр} \left(\frac{\gamma_1 \cdot Q^B}{q_1 + q_2} + 1 \right) + C_p^{зр} = 0,75 \left(\frac{0,25 \cdot 30}{0,6 + 0,1} + 1 \right) + 9 = 17,8 \text{ мг/л.}$$

У даному випадку $C_{дон}^{зр} = 0,75$ мг/л, оскільки було визначено, що Вапнярка відноситься до другої категорії водокористування.

У зв'язку з тим, що фактична концентрація завислих речовин у суміші стічних вод значно перевищує розрахункову, тобто не виконується умова: $C_{факт}^{зр} \leq C_{cm}^{зр}$, виникає потреба в їхньому механічному очищенні аж до моменту досягнення розрахункової концентрації.

Виконуємо перевірку стічних вод у зоні другого пункту водокористування – селища Піщанка

1) Перевірка стічних вод на загальносанітарну ознаку шкідливості

За формулою (9) знаходимо розрахункове значення БСК суміші стічних вод у зоні другого пункту водокористування, тобто:

$$C_{cm}^{БСК} = \frac{\gamma_2 \cdot Q^П}{(q_1 + q_2) \cdot 10^{-k_1 t_2}} (C_{зр.дон.}^{БСК} - C_p^{БСК} \cdot 10^{-k_1 t_2}) + \frac{C_{зр.дон.}^{БСК}}{10^{-k_1 t_2}}$$

У даному випадку показник k_1 також дорівнює 0,08, бо температура річкової води водойми складає 15 °С.

Час переміщення стічних вод до другого пункту водокористування визначаємо за формулою (10) таким чином:

$$t_2 = \frac{L^{\text{II}} - 1000}{V_{cp}} = \frac{42000 - 1000}{(0,6 + 0,35 + 0,25) : 3} = 102500 \text{ с} \approx 28,5 \text{ год.} \approx 1,2 \text{ доби.}$$

У знаменнику подано середню швидкість течії води у водоймі, що відповідає середньому арифметичному значенню швидкості течії на кожній з трьох ділянок русла.

$$\text{Таким чином, } 10^{-k_1 \cdot t_1} = 10^{-0,081,2} = 0,8.$$

Гранично допустиме значення $C_{cp.дон.}^{БСК}$ у даному випадку дорівнює 3 мг/л, оскільки за умовами нашого завдання Піщанка відноситься до пунктів водокористування першої категорії. З огляду на це:

$$\begin{aligned} C_{ст}^{БСК} &= \frac{\gamma_2 \cdot Q^{\text{II}}}{(q_1 + q_2) \cdot 10^{-k_1 \cdot t_2}} (C_{cp.дон.}^{БСК} - C_p^{БСК} \cdot 10^{-k_1 \cdot t_2}) + \frac{C_{cp.дон.}^{БСК}}{10^{-k_1 \cdot t_2}} = \\ &= \frac{0,9 \cdot 40}{(0,6 + 0,1) \cdot 0,8} (3 - 2,5 \cdot 0,8) + \frac{3}{0,8} = 68 \text{ мг/л.} \end{aligned}$$

Розрахунковим шляхом встановлено, що значення БСК стічних вод, які скидаються в річку в районі другого пункту водокористування не повинне перевищувати 68 мг/л, у той час як згідно з проектом підприємства фактична концентрація органічних речовин у показниках БСК становить 87 мг/л. Отже, існує в ретельному очищенні стоків від органічних речовин, аж до моменту досягнення розрахункової величини БСК.

2) Перевірку стічних вод на органолептичну ознаку шкідливості проводити немає потреби, оскільки такі показники як запах і температура води цілком задовольняли санітарні норми до властивостей води в зоні першого пункту водокористування.

3) Виконуємо перевірку стічних вод на санітарно-токсикологічну ознаку шкідливості

Визначаємо максимальний вміст у стічних водах фенолу, а саме:

$$C_{ст}^{\phi} = \frac{\gamma_2 \cdot Q^{\text{II}}}{q_1} (C_{ГДК} - C_p^{\phi}) + C_{ГДК} = \frac{0,9 \cdot 40}{0,6} (0,001 - 0) + 0,001 = 0,061 \text{ мг/л.}$$

У даному випадку теж виникає необхідність очищення стоків від фенолу, оскільки не виконується така умова $C_{факт}^{\phi} \leq C_{ст}^{\phi}$, тобто фактичний вміст фенолу перевищує розрахункове значення.

Визначаємо максимальний вміст у стічних водах свинцю таким чином:

$$C_{ст}^{св} = \frac{\gamma_2 \cdot Q^П}{q_1} (C_{ГДК} - C_p^{св}) + C_{ГДК} = \frac{0,9 \cdot 40}{0,6} (0,03 - 0,01) + 0,03 = 1,23 \text{ мг/л.}$$

Розрахункове значення концентрації свинцю в стічних водах значно вище від фактичного, тому вживати спеціальних заходів для очищення стічних вод від цього елемента не потрібно.

4) Виконуємо перевірку стічних вод на вміст завислих речовин

З цією метою визначаємо максимальну концентрацію завислих речовин у стічних водах, за якою вони будуть відповідати санітарним вимогам, тобто:

$$C_{ст}^{зр} = C_{дон}^{зр} \left(\frac{\gamma_2 \cdot Q^П}{q_1 + q_2} + 1 \right) + C_p^{зр} = 0,25 \left(\frac{0,9 \cdot 40}{0,6 + 0,1} + 1 \right) + 9 = 23,5 \text{ мг/л.}$$

У даному випадку $C_{дон}^{зр} = 0,25$ мг/л, оскільки Піщанка відноситься до першої категорії водокористування.

З огляду на те, що фактична концентрація завислих речовин у суміші стічних вод значно перевищує розрахункову, тобто не виконується умова:

$$C_{факт}^{зр} \leq C_{ст}^{зр}, \text{ то існує потреба в їхньому механічному очищенні.}$$

2.2.3. Висновки

Результати проведених розрахунків, що характеризують обидва пункти водокористування, зводимо в підсумкову таблицю 2.5, після чого приймаємо остаточне рішення про те, чи необхідно очищувати стічні води від забруднень.

Таблиця 2.5 – Результати проведених розрахунків умов спуску стічних вод

Показник забруднення	Значення			Запровадження необхідних змін у склад стічних вод
	фактичне	1-й пункт	2-й пункт	
1. Загальносанітарна ознака шкідливості за показником БСК, мг О ₂ /л	87	44	68	Потрібне біологічне очищення до 44 мг/л
2. Органолептична ознака шкідливості:				
а) запах, зникає при розведенні	1:10	1:12	–	Зміни не потрібні
б) температура, °С	40	56	–	Зміни не потрібні
3. Санітарно-токсикологічна				

Показник забруднення	Значення			Запровадження необхідних змін у склад стічних вод
	фактичне	1-й пункт	2-й пункт	
ознака шкідливості на вміст: а) фенолу, мг/л	2,8	0,014	0,061	Потрібне зниження концентрації до 0,014 мг/л Зміни не потрібні
б) свинцю, мг/л	0,3	0,3	1,23	
4. Вміст завислих речовин, мг/л	207	17,8	23,5	Потрібне механічне очищення від завислих речовин до концентрації 17,8 мг/л

2.2.4. Завдання на практичну роботу

1. Розглянути загальні вимоги до складу й властивостей води у водоймах біля пунктів водокористування;
2. Ознайомитись з прикладом перевірки стічних вод на ознаки шкідливості та на вміст завислих речовин;
3. Самостійно виконати перевірку стічних вод на ознаки шкідливості та на вміст завислих речовин біля *двох пунктів* водокористування;
4. Проаналізувати отримані розрахункові дані з метою запобігання порушенням санітарно-гігієнічних вимог щодо якості води. Вихідні дані для розрахунку представлені нижче в табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Вихідні дані виконання практичних робіт №1 та №2

Показник	Од. вим.	Варіант								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
q_1	м ³ /с	0,6	0,7	0,8	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,6
$C_{cm1}^{зр}$	мг/л	150	170	190	210	230	250	130	140	150
$C_{cm1}^{БСК}$	мг/л	50	55	65	70	75	80	85	80	75
C_{cm1}^{ϕ}	мг/л	2,2	1,9	1,7	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0
$C_{cm2}^{БСК}$	мг/л	0,3	0,2	0,1	0,3	0,1	0,6	0,9	1,2	1,3
t_{cm1}	°С	51	49	47	45	43	41	35	45	38
q_2	м ³ /с	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
$C_{cm2}^{зр}$	мг/л	250	230	225	270	280	285	175	220	222
$C_{cm2}^{БСК}$	мг/л	205	210	215	220	225	230	235	240	245
$C_p^{зр}$	мг/л	5,5	5,4	5,7	5,6	5,8	5,9	6,0	6,2	6,3
O_p	мг/л	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2
$C_p^{БСК}$	мг/л	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
$C_p^{св}$	мг/л	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
t_{max}	°С	12	15	18	18	12	12	15	18	18
L^B	км	2,3	2,8	3,5	3,8	3,9	4,6	4,8	4,9	5,9
$L^П$	км	25	29	38	15	14	28	40	38	29
L^C	км	11	13	17	6	5	11	17	17	12
Q^B	м ³ /с	20	21	22	23	24	30	26	27	28
$Q^П$	м ³ /с	30	31	32	33	34	40	36	37	38
V_1	м/с	0,55	0,45	0,55	0,45	0,55	0,6	0,55	0,45	0,55
H_1	м	1,3	1,2	1,0	1,3	1,2	1,1	1,3	1,2	1,0
V_2	м/с	0,45	0,35	0,45	0,35	0,45	0,35	0,45	0,35	0,45
H_2	м	1,4	1,5	1,6	1,4	1,5	1,3	1,4	1,5	1,6
V_3	м/с	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
H_3	м	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	1,8	1,8	2,0	2,1
ϕ^B		1,1	1,2	1,2	1,1	1,0	1	1,2	1,1	1,2
$\phi^П$		1,0	1,1	1	1,2	1,2	1,2	1,1	1	1,1

Продовження табл. 2.6

Показник	Од. вим.	Варіант								
		10	11	12	13	14	15	16	17	18
q_1	м ³ /с	0,7	0,8	0,9	1,1	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
$C_{cm1}^{зр}$	мг/л	160	170	180	190	200	210	220	230	240
$C_{cm1}^{БСК}$	мг/л	70	65	60	55	50	53	54	56	58
C_{cm1}^{ϕ}	мг/л	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
$C_{cm2}^{БСК}$	мг/л	1,1	1,0	0,5	0,4	1,1	1,2	1,4	1,6	1,5
t_{cm1}	°С	44	46	48	49	55	58	42	47	39
q_2	м ³ /с	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
$C_{cm2}^{зр}$	мг/л	255	238	256	247	267	253	268	274	283
$C_{cm2}^{БСК}$	мг/л	205	260	265	270	275	280	285	290	285
$C_p^{зр}$	мг/л	6,4	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	7,0	7,1	7,2
O_p	мг/л	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2
$C_p^{БСК}$	мг/л	2,1	2,2	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9	1,8	1,7
$C_p^{св}$	мг/л	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
t_{max}	°С	18	12	12	12	9	12	15	18	20
L^B	км	5,7	3,7	2,9	4,1	5,2	3,9	4,2	4,1	2,8
$L^П$	км	30	32	19	18	25	28	35	36	19
L^C	км	12	14	8	7	10	12	16	16	8
Q^B	м ³ /с	32	33	34	35	36	37	38	37	36
$Q^П$	м ³ /с	42	43	44	45	46	47	48	47	46
V_1	м/с	0,45	0,55	0,45	0,55	0,45	0,55	0,45	0,55	0,45
H_1	м	1,3	1,2	1,0	1,3	1,2	1,0	1,3	1,2	1,0
V_2	м/с	0,35	0,45	0,35	0,45	0,35	0,45	0,35	0,45	0,35
H_2	м	1,4	1,5	1,6	1,4	1,5	1,6	1,4	1,5	1,6
V_3	м/с	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
H_3	м	2,2	2,3	2,1	2,0	1,9	1,8	1,7	2,0	2,1
ϕ^B		1,0	1,1	1,2	1,1	1,0	1,0	1,2	1,1	1,1
$\phi^П$		1,2	1	1,1	1,2	1,2	1,1	1	1,2	1

Закінчення табл. 2.6.

Показ- ник	Од. вим.	Варіант									
		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
q_1	м ³ /с	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,5	0,6	0,6
$C_{cm1}^{зр}$	мг/л	250	150	160	170	180	190	250	260	250	150
$C_{cm1}^{БСК}$	мг/л	62	64	66	68	72	74	76	78	79	50
C_{cm1}^{ϕ}	мг/л	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	2,2
$C_{cm2}^{БСК}$	мг/л	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,2	0,4	0,6	0,8	0,3
t_{cm1}	°С	38	59	54	51	50	40	38	51	52	51
q_2	м ³ /с	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
$C_{cm2}^{зр}$	мг/л	268	208	214	231	226	251	283	279	286	250
$C_{cm2}^{БСК}$	мг/л	280	275	270	265	260	255	250	245	240	205
$C_p^{зр}$	мг/л	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	7,9	8,0	8,1	5,5
O_p	мг/л	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2
$C_p^{БСК}$	мг/л	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	2,1	2,3	2,4	1,2
$C_p^{св}$	мг/л	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
t_{max}	°С	18	12	9	12	20	12	18	12	20	12
L^B	км	5,0	5,2	4,7	3,2	3,7	5,8	4,9	4,0	3,0	2,3
$L^П$	км	24	17	33	35	28	31	27	19	26	25
L^C	км	10	6	14	16	12	13	11	8	12	11
Q^B	м ³ /с	35	34	32	28	27	26	25	24	23	20
$Q^П$	м ³ /с	45	44	42	38	37	36	35	34	33	30
V_1	м/с	0,55	0,45	0,55	0,45	0,55	0,45	0,55	0,45	0,55	0,55
H_1	м	1,3	1,2	1,0	1,3	1,2	1,0	1,3	1,2	1,0	1,3
V_2	м/с	0,45	0,35	0,45	0,35	0,45	0,35	0,45	0,35	0,45	0,45
H_2	м	1,4	1,5	1,6	1,4	1,5	1,6	1,4	1,5	1,6	1,4
V_3	м/с	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
H_3	м	2,3	2,4	2,0	1,9	1,7	1,6	1,8	2,0	2,5	1,9
ϕ^B		1,1	1,1	1,0	1,0	1,2	1,0	1,1	1,2	1,2	1,1
$\phi^П$		1	1,2	1,2	1,1	1	1,2	1	1,1	1,1	1,0

Контрольні питання

1. Розкрийте поняття лімітуючої ознаки шкідливості.
2. Визначте та поясніть поняття біохімічного споживання кисню.
3. Назвіть нормативну величину БСК для першої та другої категорії водокористування.
4. Назвіть нормативну величину інтенсивності запаху, смаку і присмаку води у поверхневій водоймі.
5. Яке підвищення температури води допускається у водоймі внаслідок спуску стічних вод?
6. Назвіть допустиму величину підвищення вмісту завислих речовин у водоймі внаслідок спуску стічних вод.
7. Яка нормативна величина рН води у водоймі?
8. Назвіть нормативну величину мінералізації води у поверхневих водоймах.
9. Яким чином розраховується коефіцієнт γ для характеристики змішування й розведення стоків?
10. Яким чином розраховується допустиме значення БСК стічних вод $C_{cm}^{БСК}$?
11. Яким чином розраховується допустима температура стічних вод t_{cm} ?
12. Яка методика розрахунку допустимого вмісту шкідливих речовин у стічних водах $C_{cm}^{щр}$?
13. Яким чином розраховується допустимий вміст завислих речовин у стічних водах $C_{cm}^{зр}$?

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

Навчальні досягнення здобувачів вищої освіти за результатами вивчення курсу оцінюватимуться за шкалою, що наведена нижче:

Рейтингова шкала	Інституційна шкала
90–100	відмінно
74–89	добре
60–73	задовільно
0–59	незадовільно

Здобувачі вищої освіти можуть отримати підсумкову оцінку з навчальної дисципліни на підставі поточного оцінювання знань за умови, якщо набрана кількість балів складатиме не менше як 60 балів.

Максимальне оцінювання:

Теоретична частина	Практична частина		Разом
	При своєчасному складанні	При несвоєчасному складанні	
60	40	30	100

Практичні роботи приймаються за контрольними запитаннями до кожної з роботи.

Критерії оцінювання практичної роботи

За кожну практичну роботу здобувач вищої освіти може отримати наступну кількість балів:

5 балів: отримано правильну відповідь (згідно з еталоном), використано формулу з поясненням змісту окремих її складових, зазначено одиниці виміру.

4 бали: отримано правильну відповідь з незначними неточностями згідно з еталоном, відсутня формула та/або пояснення змісту окремих складових, або не зазначено одиниці виміру.

3 бали: отримано неправильну відповідь, проте використано формулу з поясненням змісту окремих її складових, зазначено одиниці виміру.

2 бали: отримано неправильну відповідь, проте використано формулу без пояснень змісту окремих її складових та не зазначено одиниці виміру.

1 бал: наведено неправильну відповідь, до якої не надано жодних пояснень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Водний кодекс України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/213/95-%D0%B2%D1%80#n403>. Загол. з екрана.
2. Наказ Міністерства охорони здоров'я України № 721 від 02.05.2022 «Про затвердження Гігієнічних нормативів якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення» URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0524-22#Text>. Загол. з екрана.
3. Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України № 173 від 05.03.2021 Про затвердження Методичних рекомендацій з розроблення нормативів гранично допустимого скидання забруднюючих речовин у водні об'єкти із зворотними водами. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0173926-21#Text>. Загол. з екрана.
4. Черкинський, С.М. Санітарні умови спуску стічних вод у водойми [Текст] / С.М. Черкинський. - 4-е изд., перераб. і доп. - М.: Будвидавництво. - 1971. - 208 с.
5. Зеркалов, Д.В. Екологічна безпека: управління, моніторинг, контроль [Текст]: посібник / Д.В. Зеркалов. – К.: КНТ, Дакар, Основа, 2007. – 412 с.
6. Запольський, А.К. Основи екології. Розд. 7. Екологічна безпека гідросфери [Текст]: Підручн. / А.К. Запольський, А.І. Салюк / За ред. К.М. Ситника. – 2-ге вид. – К.: Вища шк., 2004.– 382 с.

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	3
ПРАКТИЧНА РОБОТА №1	4
РОЗРАХУНОК КОЕФІЦІЄНТУ ЗМІШУВАННЯ СТІЧНИХ ВОД З ВОДОЮ ПРОТОЧНОЇ ВОДОЙМИ	4
1.1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА.....	4
1.1.1. Загальні принципи нормування якості води.....	4
1.1.2. Розрахунок ступеня розведення стічних вод водою проточної водойми з використанням загальноприйнятої методики	8
1.2 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА	10
1.2.1. Умови завдання	10
1.2.2. Приклад рішення	11
1.2.3. Висновки	14
1.2.4. Завдання на практичну роботу.....	14
Контрольні питання	14
ПРАКТИЧНА РОБОТА 2	15
ПЕРЕВІРКА СТІЧНИХ ВОД НА ОЗНАКИ ШКІДЛИВОСТІ ТА НА ВМІСТ ЗАВИСЛИХ РЕЧОВИН.....	15
2.1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА.....	15
2.1.1. Загальні вимоги до складу й властивостей води у водоймах біля пунктів водокористування.....	15
1) Загальносанітарна ознака шкідливості	15
2) Органолептична ознака шкідливості.....	16
3) Санітарно-токсикологічна ознака шкідливості.....	18
4) Інші показники складу й властивостей води у водоймах	18
2.1.2. Методика обчислення загально-санітарної ознаки шкідливості води.....	23
2.1.3. Дослідження органолептичної ознаки шкідливості води	24
2.1.4. Вивчення санітарно-токсикологічної ознаки шкідливості	25
2.1.5. Дослідження інших показників складу й властивостей води у водоймі ..	26
2.2 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА	26
2.2.1. Умови завдання	26
2.2.2. Приклад рішення	27
2.2.3. Висновки	32
2.2.4. Завдання на практичну роботу.....	33
Контрольні питання	37
КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ	37
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	39

Навчальне видання

Борисовська Олена Олександрівна
Ломазов Павло Костянтинович

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА

Методичні рекомендації до виконання практичних робіт
для здобувачів ступеня бакалавра
освітньо-професійних програм «Екологія» та «Технології захисту
навколишнього середовища» зі спеціальностей 101 Екологія та 183 Технології
захисту навколишнього середовища

Видано в авторській редакції.

Електронний ресурс.
Підписано до видання 16.07.2024. Авт. арк. 3,1.

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