

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ДВНЗ «НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»



ГІРНИЧИЙ ІНСТИТУТ
Кафедра екології

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ
“РОЗРАХУНОК РОЗВЕДЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ПІДПРИЄМСТВА
ВОДОЮ ПРОТОЧНОЇ ВОДОЙМИ”

для студентів напряму підготовки 6.040106 Екологія, охорона навколишнього
середовища та збалансоване природокористування

Дніпропетровськ
НГУ
2012

Екологічна безпека. Методичні рекомендації до виконання практичної роботи “Розрахунок розведення стічних вод підприємства водою проточної водойми” для студентів напрямку підготовки 6. 040106 [Текст] – О.О. Борисовська, С.М. Лисицька, О.В. Деменко. – Д.: ДВНЗ «Національний гірничий університет», 2012. – 32 с.

Автори:

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

С.М. Лисицька, канд. с.-г. наук, доц.;

О.В. Деменко, асист.

Затверджено методичною комісією з напрямку підготовки 6.040106 Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування (протокол № 4 від 05.06.2012) за поданням кафедри екології (протокол № 11 від 11.05.2012).

Методичні матеріали призначено для самостійної роботи студентів напрямку 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» під час підготовки до модульних контролів за результатами практичних занять з нормативної дисципліни «Екологічна безпека».

Розглянуто теоретичні питання якості джерел водокористування, основні вимоги до складу та властивостей води поверхневих водних об’єктів у пунктах господарсько-питного та культурно-побутового водокористування. Подано рекомендації до розв’язку типових практичних задач на визначення ступеню розведення стічних вод промислового підприємства водою проточної водойми та визначення допустимої концентрації забруднюючих речовин у стічних водах.

Наведено критерії оцінювання практичної роботи.

Рекомендації орієнтовано на активізацію виконавчого етапу навчальної діяльності студентів.

Відповідальна за випуск завідувач кафедри екології д-р біол. наук, проф. А.І. Горва

ВСТУП

Професійна діяльність бакалавра напряму підготовки 6.04010601 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» безпосередньо пов'язана з питанням захисту водних об'єктів від антропогенного забруднення. Тому до програми спеціаліста введена нормативна дисципліна «Екологічна безпека», що присвячена проблемам захисту атмосфери, гідросфери і літосфери та містить лекційні й практичні заняття.

Практичні роботи виконуються кожним студентом за вихідними даними, представленими за варіантами згідно з порядковим номером у журналі поточного контролю викладача. В практичній роботі наводяться всі формули з розшифруванням прийнятих позначень, їхні значення і результати обчислень.

Вихідні дані для практичної роботи містять 28 варіантів. Після виконання роботи студенти оформлюють результати розрахунків на аркушах формату А₄ і захищають перед викладачем.

Методичні рекомендації до практичних занять також можуть бути використані під час виконання дипломної роботи студентами спеціальності 7(8).070801 «Екологія та охорона навколишнього середовища».

1. МЕТА І ЗАДАЧІ РОБОТИ

Мета роботи: оволодіти методикою розрахунку розведення стічних вод підприємства водою проточної водойми.

Поставлена мета досягається послідовним вирішенням **наступних задач:**

1. Ознайомлення з нормативними вимогами до складу та властивостей води водних об'єктів у пунктах водокористування.
2. Розрахунок ступеню розведення стічних вод водою проточної водойми біля пункту водокористування.
3. Виконання перевірки стічних вод підприємства на загально-санітарну, органолептичну, санітарно-токсикологічну ознаку шкідливості та ін.

2. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Різноманітність видів водокористування породжує різноманітність вимог до якості води. Виходячи з цього, поняття якості води повинно бути пов'язано з її використанням.

Згідно Водного Кодексу України, *якість води* – це характеристика складу та властивостей води, яка визначає її придатність для конкретного виду водокористування. Категорії водокористування представлені на рис. 1.



Рис. 1. Категорії водокористування

Нормативну базу оцінки якості води складають загальні вимоги до складу та властивостей води і значення гранично допустимих концентрацій речовин в воді водних об'єктів.

Загальні вимоги визначають склад і властивості води, що оцінюються найбільш важливими фізичними, бактеріологічними і узагальненими хімічними показниками.

Гранично допустимі концентрації (ГДК) – це встановлений рівень концентрації речовини у воді, вище якого вода вважається непридатною для конкретного виду водокористування.

Всі речовини за характером свого негативного впливу діляться на групи. Кожна група об'єднує речовини однакової ознаки дії, яку називають **ознакою шкідливості**. Одна і та ж речовина при різних концентраціях може проявляти різні ознаки шкідливості. Ознаку шкідливості, яка проявляється при найменшій концентрації речовини, називають лімітуючою ознакою шкідливості (ЛОШ). У

водних об'єктах комунально-побутового і господарчо-питного водокористування розрізняють три ЛОШ:

1. Загальносанітарна.
2. Органолептична.
3. Санітарно-токсикологічна.

Склад та властивості води у поверхневих водних об'єктах повинні відповідати нормативам у створі, закладеному на водотоках на 1 км вище найближчого за течією пункту водокористування, а у непроточних – у радіусі 1 км від пункту водокористування (рис. 2).

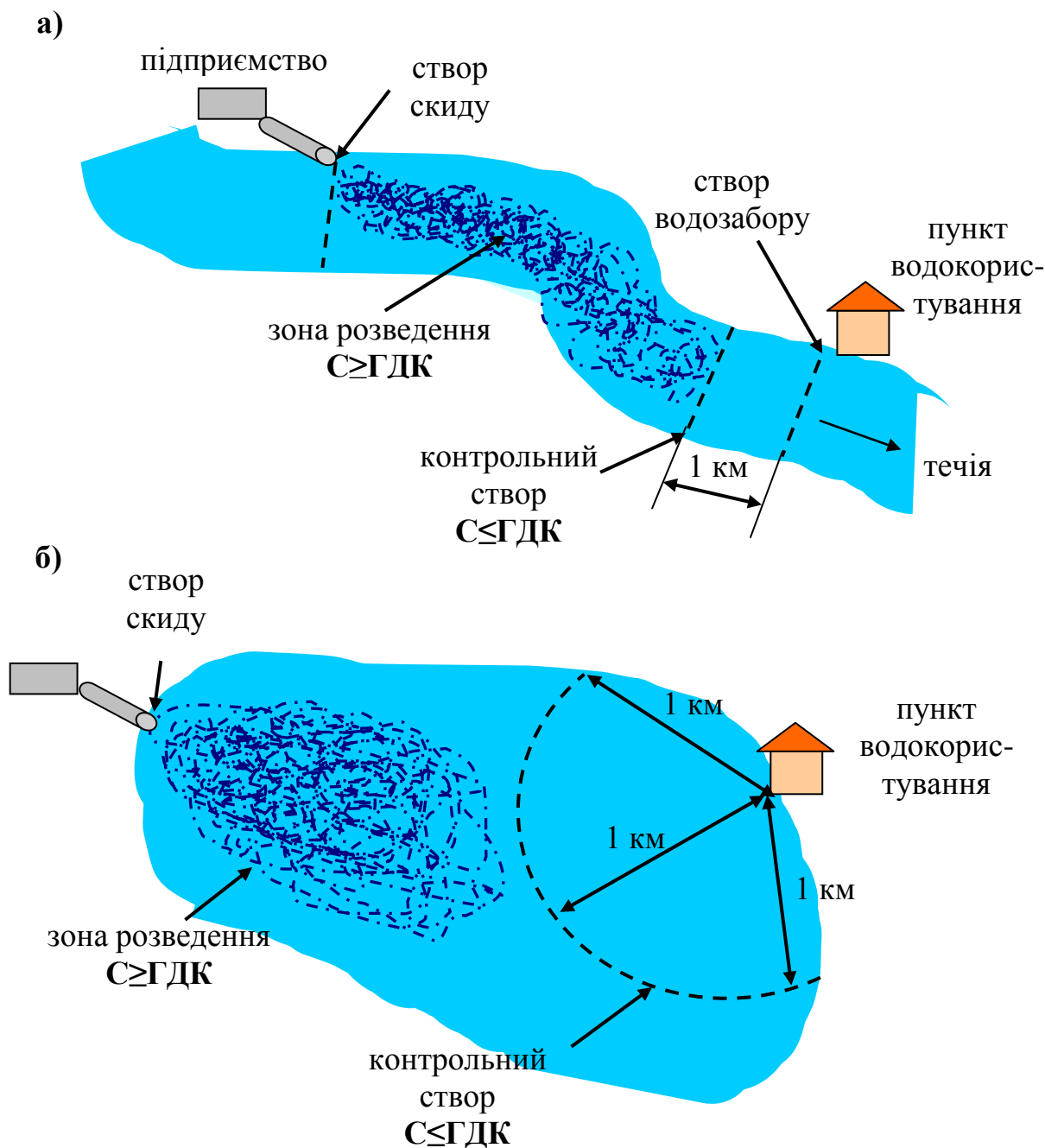


Рис. 2. Нормування якості води:
а) у поверхневій проточній водоймі; б) у поверхневій непроточній водоймі.

Скид стічних вод в водні об'єкти регламентується нормами **гранично допустимих скидів** речовин (ГДС). ГДС – це максимально допустима маса речовини, яка відводиться зі стічними водами в одиницю часу, що дозволяє забезпечити дотримання норм якості води в контрольному створі водного об'єкту. ГДС встановлюється для кожного випуску стічних вод у водний об'єкт із врахуванням можливості розведення стічних вод водою водойми.

2.1. Розведення стічних вод у воді проточної водойми. Методика розрахунку

Ступінь повного розведення стічних вод водою проточної водойми виражається кратністю розведення:

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

де Q – вода водойми, що розбавляє, м³/с;

q – стічна вода, що поступає у водойму та розбавляється, м³/с.

Вказана вище кратність розведення відповідає умові повного змішування стоку з водою проточної водойми. Однак це змішування настає не одразу. Тому реальну кратність розведення в загальному випадку слід визначати за формулою:

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

де γ – коефіцієнт, що вказує на ступінь повноти змішування і розведення стічних вод у водоймі.

Коефіцієнт змішування γ завжди менше одиниці до місця повного перемішування, яке знаходиться на деякій відстані вниз за течією від місця випуску стічних вод. Умови спускання стічних вод у водойму оцінюються в залежності від ступеню їх впливу біля найближчого пункту водокористування, тому кратність розведення необхідно визначати біля цього пункту. Якщо цей пункт водокористування знаходиться за течією нижче місця повного перемішування, коефіцієнт γ в формулі приймається рівним одиниці і розрахунок кратності не створює ускладнень. Інакші умови складаються у випадку, коли розрахунковий пункт розташований на ділянці річки, де ще не виникає повного перемішування. В даному випадку кратність розведення визначається із врахуванням досягнутого на цій ділянці ступеню змішування, тобто значення коефіцієнта γ .

Ступінь розведення досі визначається з відомим ступенем наближення.

І. Д. Родзиллер запропонував зручну та досить просту формулу, яка дозволяє визначити значення коефіцієнта змішування стічних вод з водою проточної водойми:

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

Величина β визначається за формулою:

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

де e – основа натурального логарифму, 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, який залежить від місця випуску стічних вод у річку; при випуску біля берега $\xi = 1$, при випуску в стрижні ріки (місці найбільших швидкостей) $\xi = 1,5$;

φ – коефіцієнт звивистості ріки, що дорівнює:

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

тобто відношенню відстані за фарватером L_ϕ повної довжини русла від випуску стічних вод до створу розрахункового пункту водокористування до відстані між цими двома пунктами по прямій L_{np} ;

D – коефіцієнт турбулентної дифузії.

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

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

де $V_{ср}$ – середня швидкість течії на ділянці змішування, тобто між випуском стічних вод та розрахунковим створом пункту водокористування, м/с;

$H_{ср}$ – середня глибина річки на тій же ділянці, м.

В тих випадках, коли розрахунковий пункт водокористування знаходиться на значній відстані L за фарватером від випуску, яка складається із ділянок з різними швидкостями течії та глибинами, що створюють різні гідравлічні умови змішування, рекомендується відрізок ріки на відстані L розбити на ділянки з більш чи менш однаковими гідравлічними умовами, визначивши для кожної ділянки її 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). Загальний коефіцієнт турбулентної дифузії для всього відрізка рівнинної ріки довжиною L буде рівним сумі коефіцієнтів турбулентної дифузії для кожної з ділянок і визначатиметься за формулою:

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

2.2. Загальні вимоги до складу і властивостей води водойм біля пунктів водокористування

2.2.1. Загальносанітарна ознака шкідливості

Ступінь забруднення води органічними речовинами визначають як кількість кисню, необхідну для їх окислення мікроорганізмами в аеробних умовах та позначають БСК – **біохімічне споживання кисню**. Тобто БСК – це кількість кисню, що витрачається на біохімічне окислення органічних речовин, які містяться в одиниці об'єму води за визначений період часу.

Нормативна величина БСК при температурі 20°C:

- для I категорії водокористування – не більше 3 мг О₂ /л;
- для II категорії водокористування – не більше 6 мг О₂ /л.

Рівняння для визначення БСК стічних вод, які можуть бути скинуті в водойму без порушення санітарних норм:

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

де k_1 – константа, що характеризує швидкість споживання кисню органічними речовинами води при даній температурі.

Показник k_1 залежить від температури та від складу органічних речовин в стічних водах (табл.1).

Таблиця 1 – Показник k_1 у залежності 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

t – час переміщення води від міста випуску стічних вод до створу, що розглядається:

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

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

$C_p^{БСК}$ – БСК річкової води, мг/л.

Одержане розрахункове значення $C_{ст}^{БСК}$ необхідно порівняти з фактичним значенням БСК стічних вод. Повинна виконуватися наступна умова:

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

Тобто фактичне значення БСК стічних вод повинне бути менше величини граничнодопустимого скиду.

Якщо фактичне значення БСК стічних вод, що підлягають скиду в водойму менше значення $C_{ст}^{БСК}$, отриманого розрахунковим шляхом, то біологічне очищення не потрібне.

Якщо ж фактичне БСК стічних вод більше отриманої розрахункової величини $C_{ст}^{БСК}$, то біологічне очищення їх перед спуском в водойму обов'язкове, до досягнення розрахункової величини.

2.2.2. Органолептична ознака шкідливості

До органолептичних властивостей води відносяться запах, смак, присмак, кольоровість, прозорість, температура.

Запах, смак і присмак води

Розрізняють дві групи *запахів*: запахи природного та штучного походження. Запахи природного походження обумовлені організмами, які живуть і відмирають у воді, впливом берегів, дна, ґрунтів. Запахи штучного походження виникають при забрудненні води промисловими, комунально-побутовими, сільськогосподарськими стічними водами.

Характер та інтенсивність запаху визначають органолептично. Запах води вимірюється в балах (табл. 2).

Смак і присмак води залежить від мінерального складу води, її температури і розчинених газів. Розрізняють чотири головних смаки: солоний, кислий, солодкий, гіркий. Всі інші смакові відчуття називають присмаками (лужний, металічний, хлорний і т.д.).

Характер та інтенсивність смаку і присмаку води також визначають органолептичним способом і оцінюють за 5-бальною шкалою (табл. 2).

Норматив: інтенсивність запаху, смаку і присмаку води джерела водопостачання не повинна перевищувати 1 балу:

– для I категорії водокористування – безпосередньо або при наступному хлоруванні;

– для II категорії водокористування – безпосередньо.

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

Знаючи кратність розведення, необхідну для усунення несприятливого впливу стічних вод на органолептичні властивості води, та визначивши можливу кратність розведення біля розрахункового пункту водокористування,

можна прийняти рішення щодо необхідності очищення стічних вод.

Таблиця 2 – Шкала оцінки запаху і смаку води

Інтенсивність запаху (смаку)	Характерні прояви запаху (смаку)	Інтенсивність запаху (смаку), бали
Відсутня	Не відчувається	0
Дуже слаба	Не відчувається споживачем, але виявляється при лабораторному дослідженні	1
Слаба	Відчувається споживачем, якщо звернути на це увагу	2
Помітна	Легко відчувається та викликає негативне ставлення до води	3
Відчутна	Привертає до себе увагу та змушує утриматися від вживання води	4
Дуже сильна	Настільки сильний, що робить воду непридатною для вживання	5

Кольоровість і прозорість води

Прозорість води залежить від ступеню розсіювання сонячного світла у воді речовинами органічного і мінерального походження, що знаходяться у воді в завислому і колоїдному стані. Прозорість води обумовлює протікання біохімічних процесів, що вимагають освітленості (первинне продукування, фотосинтез). Прозорість вимірюється в сантиметрах.

Кольоровість води обумовлюється вмістом органічно забарвлених сполук. Речовини, що визначають забарвлення води, поступають у воду внаслідок вивітрювання гірських порід, продукційних процесів в водоймах, з підземних стоків, з антропогенних джерел. Висока кольоровість знижує органолептичні властивості води, зменшує вміст розчиненого кисню. Кольоровість вимірюється в градусах.

Температура води

Температура води у водних об'єктах є результатом 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» води є істотною з погляду санітарного режиму і якості води водоймищ. У водоймищах з підвищеною температурою води частішими і тривалішими виявляються періоди «цвітіння», які супроводжуються погіршенням умов водокористування, труднощами очищення на водопроводах, необхідністю обладнання спеціальними мікроситами, посиленого хлорування і т.д. Крім того, підвищення температури води

обумовлює зменшення в ній вмісту розчиненого кисню (див. табл. 3), що може призвести до так званих «заморів» риби, чутливої до вмісту кисню у воді.

Таблиця 3 – Розчинність кисню в 1 л води при тиску 760 мм рт. ст.

T, °C	1	5	10	15	20	25	30
O ₂ , мг	14,23	12,80	11,33	10,15	9,17	8,38	7,63

Норматив: літня температура води в результаті спуску стічних вод не повинна підвищуватися більш, ніж на 3°C в порівнянні з середньомісячною температурою води найжаркішого місяця року за останні 10 років.

Максимальна температура стічних вод, які можуть бути скинуті у водойму і при цьому температура води підвищиться не більш допустимої, визначається за формулою:

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

де t_{don} – допустиме за санітарними нормами підвищення температури води водойми на 3°C;

t_{max} – максимальна температура води водойми в літній час до місця випуску стічних вод, °C.

Отримане розрахункове значення t_{cm} необхідно порівняти з фактичною температурою стічних вод. Повинна виконуватися наступна умова:

$$t_{факт} \leq t_{cm}.$$

Тобто фактичне значення температури стічних вод повинне бути менше розрахункової величини.

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

Якщо ж фактична температура стічних вод більша величини t_{cm} , то охолодження їх перед спуском у водойму обов'язкове, до досягнення розрахункової величини t_{cm} .

2.2.3. Санітарно-токсикологічна ознака шкідливості

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

Тобто, **норматив**: хімічні речовини не повинні міститися в концентраціях, що перевищують ГДК або ОДР (орієнтовно-допустимий рівень).

Скид у водойми стічних вод, що містять речовини, для яких не встановлені ГДК, **заборонений**.

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

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

де $C_p^{ур}$ – вміст шкідливої речовини у воді річки до місця скиду, мг/л;

$C_{ГДК}$ – гранично допустима концентрація шкідливої речовини, мг/л.

Отримане розрахункове значення необхідно порівняти з фактичною концентрацією шкідливої речовини в стічних водах. Повинна виконуватися наступна умова:

$$C_{факт}^{ур} \leq C_{ст}^{ур}.$$

Тобто, фактична концентрація шкідливої речовини в стічних водах повинна бути меншою величини допустимого скиду $C_{ст}^{ур}$, отриманого розрахунком.

Якщо фактична концентрація шкідливої речовини в стічній воді є меншою значення $C_{ст}^{ур}$, отриманого розрахунковим шляхом, то хімічне очищення стічних вод не потрібне.

Якщо ж фактична концентрація шкідливої речовини в стічних водах більше величини допустимого скиду $C_{ст}^{ур}$, то хімічне очищення їх перед спуском у водойму обов'язкове, до досягнення розрахункової величини.

2.2.4. Інші показники складу і властивостей води водойм

Окрім загальносанітарної, органолептичної і санітарно-токсикологічної ознаки шкідливості, властивості і склад води водойми нормуються за такими показниками, як вміст завислих речовин, реакція рН, мінеральний склад, колі-індекс і колі-титр (бактеріологічні показники).

Завислі речовини

Джерелами завислих речовин можуть служити процеси ерозії ґрунтів і гірських порід, скаламучення донних відкладень, продукти метаболізму і розкладання гідробіонтів, продукти хімічних реакцій, антропогенні джерела. 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 багатьох виробничих стічних водах. У побутових стічних водах вміст завислих речовин коливається залежно від виду водокористування. В

середньому кількість завислих речовин, здатних осідати при відстоюванні, коливається від 35 до 50 г на добу на людину. Завислі речовини побутових стічних вод в основному мають органічне, рослинне і тваринне походження. Вміст завислих речовин у виробничих стічних водах коливається у великих межах: від 6–50 мг/л (сірчанокислотні заводи) до декількох тисяч міліграмів на літр (рудозбагачувальні фабрики).

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

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

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

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

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

$C_p^{зр}$ – концентрація завислих речовин у воді водойми до спуску стічних вод, мг/л.

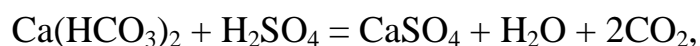
Якщо в результаті проведеного розрахунку максимальна концентрація завислих речовин $C_{ст}^{зр}$ виявиться менше фактичної концентрації завислих речовин в стічних водах, то спуск останніх може бути здійснений тільки після відповідного механічного очищення.

Показник рН

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

Стічні води багатьох галузей промисловості містять значні концентрації кислот і лугів. Це відноситься до підприємств, що не тільки виробляють кислоти і луги, але і використовують їх в технологічних процесах.

Вода природних водоймищ містить деяку кількість розчинених двовуглекислих солей кальцію $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ і магнію $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, солі карбонатної жорсткості і 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:



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. В результаті змінюється активна реакція води водойми.

Норматив: реакція рН води водойми незалежно від виду водокористування не повинна виходити за межі 6,5 – 8,5.

Мінеральний склад

Мінеральний склад води визначається 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 і гідробіонтів несприятливими є як високі, так і надмірно низькі показники мінералізації води.

Мінералізація – це кількість розчинених солей в мг/л. Визначається шляхом випаровування води при температурі 110°C. Вода з сухим залишком до 1000 мг/л називається прісною, більше 1000 мг/л – мінералізованою.

Норматив: мінеральний склад води водоймищ не повинен перевищувати за сухим залишком 1000 мг/л, в 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, в якій може бути виявлена одна кишкова паличка.

Вода не повинна містити збудників захворювань. Стічні води, що містять збудників захворювань, після попереднього очищення повинні бути знезаражені.

Норматив: відсутність вмісту у воді збудників захворювань досягається шляхом знезараження біологічно очищених побутових стічних вод до колі-індексу не більше 10000 в 1 л при залишковому хлорі не менше 1,5 мг/л.

Таким чином, загальні вимоги до складу та властивостей води водних об'єктів різних категорії водокористування можна привести у вигляді таблиці 4.

Таблиця 4 – Гігієнічні вимоги до складу та властивостей води водних

об'єктів у пунктах господарсько-питного та культурно-побутового водокористування

Показники складу та властивостей води водного об'єкту	Категорії водокористування	
	Для централізованого або нецентралізованого господарсько-питного водокористування	Для купання, спорту та відпочинку населення, а також водойми у межах населених пунктів
БСК повне	Не повинно перевищувати при 20°C:	
	3,0 мг O ₂ /дм ³	6,0 мг O ₂ /дм ³
Запахи	Вода не повинна здобувати невластиві їй запахи інтенсивністю більше 1 балу, що виявляється:	
	безпосередньо або при наступному хлоруванні та інших способах обробки	безпосередньо
Кольоровість	Не повинна виявлятися у стовпчику:	
	20 см	10 см
Температура	Літня температура води в результаті спуску стічних вод не повинна підвищуватися більш, ніж на 3°C в порівнянні з середньомісячною температурою води найжаркішого місяця року за останні 10 років	
Хімічні речовини	Не повинні міститися в концентраціях, перевищуючих ГДК або ОДР	
Завислі речовини	Вміст завислих речовин не повинен збільшуватися більш, ніж на:	
	0,25 мг/дм ³	0,75 мг/дм ³
Водневий показник (рН)	Не повинен виходити за межі 6,5 – 8,5	
Мінеральний склад	Не повинен перевищувати за сухим залишком 1000 мг/л, в тому числі хлоридів 350 мг/л і сульфатів 500 мг/л	
Лактозопозитивні кишкові палички (ЛКП)	Не більше 10000 в дм ³ **	Не більше 5000 в дм ³
Життєздатні яйця гельмінтів	Не повинні міститися в 1 дм ³	
Збудники захворювань	Вода не повинна містити збудників захворювань	
Плаваючі домішки (речовини)	На поверхні водойми не повинні знаходитися плаваючі плівки, плями мінеральних олій та скупчення інших домішок	

3. РОЗРАХУНОК УМОВ СПУСКУ СТІЧНИХ ВОД У ПРОТОЧНУ ВОДОЙМУ

3.1. Розрахункове завдання

3.1.1. Дидактичні цілі

Розрахункове завдання виконується з метою:

- ♦ закріплення, поглиблення та узагальнення знань з даної дисципліни, одержаних за час навчання;
- ♦ визначення ступеня розбавлення стічних вод підприємства водою проточної водойми та кількості шкідливих речовин, що можуть бути відведені зі стічними водами без порушення санітарно-гігієнічних вимог;
- ♦ формування умінь та навичок виконання перевірки стічних вод промислового підприємства на загально-санітарну, органолептичну, санітарно-токсикологічну ознаку шкідливості та інші показники якості води.

3.1.2. Тематика завдання

Розраховуються наступні величини:

- ступінь змішування стічних вод з водою річки;
- фактичне значення БСК суміші стічних вод;
- БСК стічних вод, які можуть бути скинуті в водойму без порушення санітарних норм;
- максимальна температура стічних вод, які можуть бути скинуті у водойму;
- максимальна кількість шкідливої речовини в стічних водах, яка може бути скинута у водойму без перевищення ГДК біля пункту водокористування;
- фактична концентрація завислих речовин у суміші стічних вод;
- максимальна концентрація завислих речовин в стічних водах, при якій умови спуску їх у водойму відповідатимуть санітарним вимогам.

3.1.3. Організація виконання завдання

Практична робота виконується студентом самостійно (викладач консультує і контролює).

Студент повинен:

- ♦ отримати завдання;
- ♦ самостійно виконувати практичну роботу з опорою на запропоновані джерела інформації;
- ♦ відвідувати консультації;
- ♦ сприймати зауваження та виконувати методичні вказівки викладача;
- ♦ своєчасно подати виконану практичну роботу на перевірку;
- ♦ при підсумковій співбесіді з викладачем відповісти на контрольні запитання та довести самостійність виконання практичної роботи.

Викладач повинен:

- ♦ видати практичну роботу з визначеними термінами виконання;
- ♦ скласти графік консультацій (не менше ніж дві на тиждень);
- ♦ дотримуватися графіка консультацій;
- ♦ оцінити якість виконання практичної роботи за визначеними критеріями.

Завідувач кафедри повинен:

- ♦ організувати методичне та інформаційне забезпечення виконання практичних робіт;
- ♦ контролювати виконання графіка консультацій викладачів кафедри;
- ♦ вирішувати суперечливі питання, що виникають між викладачем та студентом.

3.2. Завдання на практичну роботу

Вихідні умови: у місті Крижопіль готується до пуску в експлуатацію промислове підприємство, яке планує скидати нагріті стічні води, що містять органічні речовини, фенол, свинець, завислі речовини і ін., у річку Тікич (рис.3).

Окрім скиду виробничих стічних вод у зв'язку з каналізацією міста Крижопіль здійснюється спуск побутових стічних вод.

Нижче міста Крижопіль першим за течією пунктом водокористування є село Вапнярка, населення якого забезпечене колодязним водопостачанням і використовує річку для культурно-побутових цілей. Ще нижче за течією знаходиться селище Піщанка, для якої річка Тікич є джерелом централізованого водопостачання. Між Вапняркою і Піщанкою знаходиться гирло притоки Синюха.

Завдання: визначити, яким вимогам щодо складу та властивостей мають відповідати стічні води проєктованого підприємства, щоб вода річки Тікич відповідала санітарним нормам біля обох пунктів водокористування.

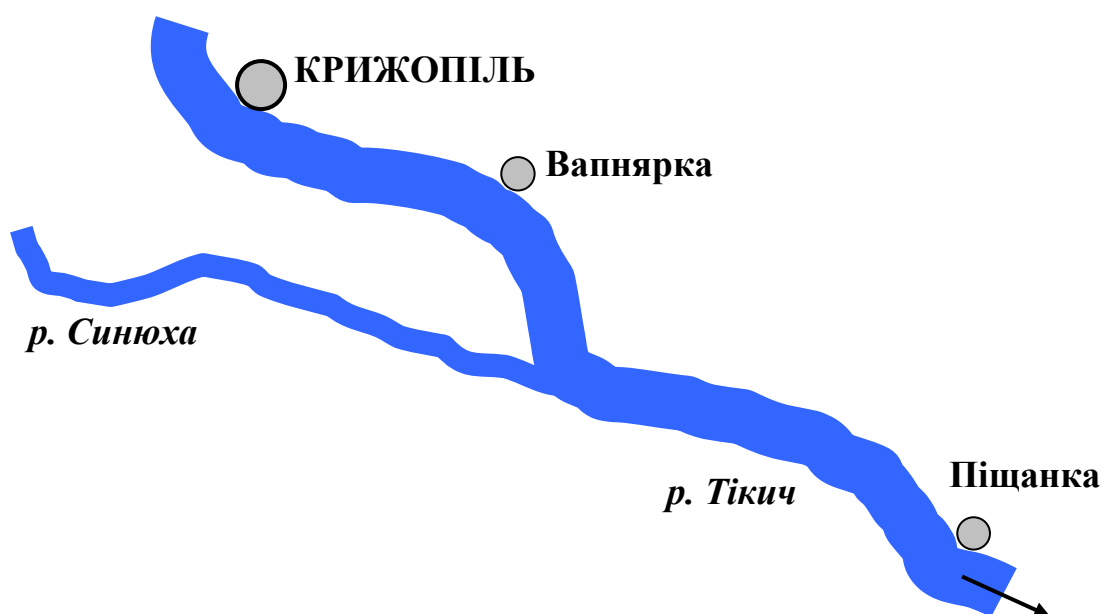


Рис. 3. Схема розміщення пунктів водокористування

Хід роботи:

1. Визначити ступінь змішування стічних вод з водою річки за формулою 3 для першого пункту водокористування.
 2. Виконати перевірку стічних вод на загальносанітарну ознаку шкідливості за формулою 9 для першого пункту водокористування..
 3. Виконати перевірку стічних вод на органолептичну ознаку шкідливості за формулою 11 для першого пункту водокористування..
 4. Виконати перевірку стічних вод на санітарно-токсикологічну ознаку шкідливості за формулою 12 для першого пункту водокористування..
 5. Виконати перевірку стічних вод на вміст завислих речовин за формулою 13 для першого пункту водокористування.
 6. Повторити пункти роботи 1 – 5 для другого пункту водокористування.
 7. Зробити остаточні висновки щодо необхідності чи відсутності необхідності очищення стічних вод від забруднень перед скидом.
- Варіанти індивідуального завдання вибираються студентом з таблиці 6 відповідно до його номеру за списком.

3.3. Приклад виконання роботи

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

Окрім спуску виробничих стічних вод у зв'язку з каналізацією міста Крижопіль здійснюється спуск побутових стічних вод з витратою $q_2=0,1 \text{ м}^3/\text{с}$, вмістом завислих речовин $C_{cm2}^{zp}=250 \text{ мг/л}$, і біохімічним споживанням кисню $C_{cm2}^{BCK}=200 \text{ мг/л}$. Спуск стічних вод проєктується в річку Тікич (рис.3). Склад річкової води: вміст завислих речовин $C_p^{zp}=9 \text{ мг/л}$, розчинений кисень $O_p=6,3 \text{ мг/л}$, біохімічне споживання кисню $C_p^{BCK}=2,5 \text{ мг/л}$, вміст свинцю $C_p^{ce}=0,01 \text{ мг/л}$, фенол відсутній, температура води найбільш теплого літнього місяця $t_{max}=15^\circ\text{C}$.

Нижче за місто Крижопіль першим за течією пунктом водокористування є село Вапнярка, населення якого забезпечене колодязним водопостачанням і використовує річку для культурно-побутових цілей. Відстань від місця випуску стічних вод до села Вапнярка складає $L^B=5,5 \text{ км}$. Ще нижче за течією на відстані $L^{\Pi}=42 \text{ км}$ знаходиться селище Піщанка, для якого річка Тікич є джерелом централізованого водопостачання.

Витрата річки для пункту Вапнярка складає $Q^B=30 \text{ м}^3/\text{с}$, для пункту Піщанка $Q^{\Pi}=40 \text{ м}^3/\text{с}$. 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 припливу Синюха. На ділянці між пунктом Вапнярка і гирлом припливу Синюха середня швидкість течії річки $V_2=0,35$ м/с, глибина русла $H_2=1,3$ м, відстань від Вапнярки до гирла припливу $L^C=11,5$ км. Від гирла припливу 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 $\varphi^B=1$, на ділянці до розрахункового пункту Піщанка $\varphi^П=1,2$. Випуск стічних вод проектується з берега.

Для першого пункту водокористування – Вапнярка:

1. Визначаємо ступінь змішування стічних вод з водою річки. Для цього визначаємо коефіцієнт турбулентної дифузії за формулою 7:

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

Коефіцієнт α визначаємо за формулою 5:

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

Під коренем у знаменнику – сума витрат виробничих і побутових стічних вод, тому що в ріку надходять стічні води і від промислового підприємства, і від житлових будинків.

Для визначення коефіцієнта β знаходимо показник числа e :

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

Під коренем – відстань до першого пункту водокористування, зменшена на 1 км відповідно до санітарних норм.

Звідси за формулою 4:

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

Знаходимо коефіцієнт змішування стічних вод з водою водойми біля першого пункту водокористування за формулою 3:

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

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

Кратність розведення стічних вод водою водойми біля пункту водокористування Вапнярка визначаємо за формулою 2:

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

Отже, біля пункту Вапнярка відбудеться 12-кратне розведення стічних вод водою ріки.

2. Виконуємо перевірку стічних вод на **загальносанітарну ознаку шкідливості**:

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

$$C_{ст_факт}^{БСК} = \frac{q_1 \cdot C_{ст1}^{БСК} + q_2 \cdot C_{ст2}^{БСК}}{q_1 + q_2} = \frac{0,6 \cdot 68 + 0,1 \cdot 200}{0,6 + 0,1} = 87 \text{ мг / л.}$$

За формулою 9 знаходимо розрахункове БСК суміші стічних вод у першого пункту водокористування:

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

За таблицею 2 визначаємо показник k_1 , який при температурі води водойми 15°C дорівнює 0,08.

Час переміщення стічних вод до першого пункту водокористування визначаємо за формулою 10:

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

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

Гранично допустиме значення $C_{гр.дон.}^{БПК}$ у даному випадку дорівнює 6 мг/л, тому що за умовами Вапнярка відноситься до пунктів водокористування другої категорії.

$$\begin{aligned} C_{ст}^{БСК} &= \frac{\gamma_1 \cdot Q^B}{(q_1 + q_2) \cdot 10^{-k_1 \cdot t_1}} (C_{гр.дон.}^{БСК} - C_p^{БСК} \cdot 10^{-k_1 \cdot t_1}) + \frac{C_{гр.дон.}^{БСК}}{10^{-k_1 \cdot t_1}} = \\ &= \frac{0,25 \cdot 30}{(0,6 + 0,1) \cdot 0,99} (6 - 2,5 \cdot 0,99) + \frac{6}{0,99} = 44 \text{ мг / л} \end{aligned}$$

Відповідно до санітарних норм, повинна виконуватися умова:

$$C_{ст_факт}^{БПК} \leq C_{ст}^{БПК}$$

Таким чином, розрахунковим шляхом встановлено, що БСК стічних вод, що скидаються в ріку, не повинне перевищувати 44 мг/л, у той час як планується скидання стічних вод з фактичною концентрацією органічних речовин у показниках БСК, що дорівнює 87 мг/л. Отже, стічні води мають потребу в ретельному очищенні від органічних речовин до досягнення розрахункової величини БСК.

3. Виконуємо перевірку стічних вод на **органолептичну ознаку шкідливості**:

Запах стічних вод, відповідно до умов, зникає при розведенні 1:10, а біля першого розрахункового пункту водокористування можна очікувати, відповідно до вище проведеного розрахунку, 12-кратного розведення стічних вод водою водойми. Отже, необхідності в додатковому очищенні від запаху немає.

За формулою 11 визначаємо температуру стічних вод, з якою вони можуть бути скинуті в ріку без порушення санітарних норм, тобто температура води підвищиться не більш, ніж на 3°C:

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

У знаменнику – тільки витрата промислових стічних вод, тому що за умовою комунальні стічні води не нагріті.

Умова $t_{факт} \leq t_{cm}$ виконується, тому що фактична температура стічних вод (за умовою) складає 35–40°C, а максимально можлива температура, з якою стічні води можуть бути скинуті в ріку без порушення санітарних норм складає 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.

4. Виконуємо перевірку стічних вод на **санітарно-токсикологічну** ознаку шкідливості:

Максимальний вміст фенолу в стічних водах визначаємо за формулою 12. Гранично допустима концентрація фенолу у воді водойм незалежно від виду водокористування складає 0,001 мг/л.

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

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

Таким чином, необхідне ретельне очищення стічних вод від фенолу, тому що не виконується необхідна умова: фактичний вміст фенолу в стоках – 2,8 мг/л, що в 200 разів перевищує розрахункове значення.

Вміст свинцю в стічних водах також визначаємо за формулою 12. Гранично допустима концентрація свинцю у воді водойм незалежно від виду водокористування складає 0,03 мг/л.

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

Отримана концентрація дорівнює фактичній концентрації свинцю в стічних водах ($C_{cm}^{св} = 0,3$ мг/л), отже, у спеціальних заходах для очищення стічних вод від свинцю необхідності немає.

5. Виконуємо перевірку стічних вод на **вміст завислих речовин**.

Визначимо фактичний вміст завислих речовин суміші промислових і комунальних стічних вод:

$$C_{ст_факт}^{зр} = \frac{q_1 \cdot C_{см1}^{зр} + q_2 \cdot C_{см2}^{зр}}{q_1 + q_2} = \frac{0,6 \cdot 200 + 0,1 \cdot 250}{0,6 + 0,1} = 207 \text{ мг/л.}$$

За формулою 13 визначаємо максимальну концентрацію завислих речовин у стічних водах, при якій умови спуску їх у водойму будуть відповідати санітарним вимогам:

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

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

Оскільки фактична концентрація завислих речовин у суміші стічних вод значно більше розрахункової, тобто не виконується умова $C_{ст_факт}^{зр} \leq C_{ст}^{зр}$, потрібно їхнє механічне очищення до досягнення концентрації, отриманої розрахунком.

Для другого пункту водокористування – Піщанка:

1. Визначаємо **ступінь змішування** стічних вод з водою ріки.

Оскільки другий пункт водокористування – селище Піщанка, розташований на значній відстані від місця випуску стічних вод, яка складається з ділянок з різними швидкостями течії і глибинами, що створюють різні гідравлічні умови змішування, коефіцієнт турбулентної дифузії визначаємо за формулою 8. У загальному вигляді:

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

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

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

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

Швидкість течії і глибина русла на кожній ділянці наведені в умовах. 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 визначаємо за формулою 5:

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

Для визначення коефіцієнта β знаходимо показник числа e :

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

Звідси за формулою 4:

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

Знаходимо коефіцієнт змішування стічних вод з водою водойми біля другого пункту водокористування за формулою 3:

$$\gamma_1 = \frac{1 - \beta_2}{1 + \frac{Q''}{q_1 + q_2} \cdot \beta_2} = \frac{1 - 0,00195}{1 + \frac{40 \cdot 0,00195}{0,6 + 0,1}} = 0,9.$$

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

Кратність розведення стічних вод водою водойми біля пункту водокористування Піщанка визначаємо за формулою 2:

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

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

2. Виконуємо перевірку стічних вод на загальносанітарну ознаку шкідливості:

За формулою 9 знаходимо розрахункове БСК суміші стічних вод біля другого пункту водокористування:

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

У даному випадку показник k_1 також дорівнює 0,08, тому що температура річкової води водойми складає 15°C.

Час переміщення стічних вод до другого пункту водокористування визначаємо за формулою 10:

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

У знаменнику – середня швидкість течії води водойми, що відповідає середньому арифметичному швидкостей течії на трьох ділянках русла.

$$10^{-k_1 \cdot t_1} = 10^{-0,08 \cdot 1,2} = 0,8.$$

Гранично допустиме значення $C_{гр.дон.}^{БСК}$ у даному випадку дорівнює 3 мг/л, тому що за умовою Піщанка відноситься до пунктів водокористування першої

категорії.

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

$$= \frac{0,9 \cdot 40}{(0,6 + 0,1) \cdot 0,8} (3 - 2,5 \cdot 0,8) + \frac{3}{0,8} = 68 \text{ мг/л}$$

Розрахунковим шляхом встановлено, що БСК стічних вод, які скидаються в ріку, для другого пункту водокористування не повинне перевищувати 68 мг/л, у той час як планується скидання стічних вод з фактичною концентрацією органічних речовин у показниках БСК 87 мг/л. Отже, стічні води мають потребу в ретельному очищенні від органічних речовин до досягнення розрахункової величини БСК.

3. Виконуємо перевірку стічних вод на **органолептичну ознаку шкідливості**:

Для другого пункту водокористування немає необхідності робити розрахунок за запахом і температурою, тому що ці показники цілком задовольняли санітарним вимогам до властивостей води біля першого пункту водокористування.

4. Виконуємо перевірку стічних вод на **санітарно-токсикологічну ознаку шкідливості**:

Визначаємо максимальний вміст у стічних водах фенолу:

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

У даному випадку також необхідне очищення стічних вод від фенолу, тому що не виконується умова $C_{ст_факт}^{\phi} \leq C_{ст}^{\phi}$, фактичний вміст фенолу перевищує розрахункове значення.

Визначаємо максимальний вміст у стічних водах свинцю:

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

Розрахункова концентрація свинцю в стічних водах значно більше, ніж фактична, тому спеціальних заходів для очищення стічних вод від свинцю не потрібно.

5. Виконуємо перевірку стічних вод на **вміст завислих речовин**.

Визначаємо максимальну концентрацію завислих речовин у стічних водах, при якій умови спуску їх у водойму будуть відповідати санітарним вимогам:

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

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

Оскільки фактична концентрація завислих речовин у суміші стічних вод значно більше розрахункової, тобто не виконується умова $C_{ст_факт}^{зр} \leq C_{ст}^{зр}$, потрібно їхнє механічне очищення.

6. Результати проведених розрахунків зводимо в підсумкову таблицю (табл. 5), після чого приймаємо остаточне рішення про необхідність чи відсутність необхідності очищення стічних вод від забруднень.

Таблиця 5 – Результати проведених розрахунків

	Показник забруднення	Значення			Необхідні зміни складу стічних вод
		фактичне	для 1-го пункту	для 2-го пункту	
1	Загальносанітарна ознака шкідливості БСК, мг O 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 ознака шкідливості: а) фенол, мг/л	2,8	0,014	0,061	Потрібно зниження концентрації до 0,014 мг/л
	б) свинець, мг/л	0,3	0,3	1,23	Зміни не потрібні
4	Вміст завислих речовин, мг/л	207	17,8	23,5	Потрібно механічне очищення від завислих речовин до концентрації 17,8 мг/л

Таблиця 6 – Вихідні дані для самостійної роботи

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 таблиці 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^{Π}	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^{Π}	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
ϕ^{Π}		1,2	1	1,1	1,2	1,2	1,1	1	1,2	1

Закінчення таблиці 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. Що таке якість води?
2. Які існують категорії водокористування?
3. Розкрийте поняття «гранично допустима концентрація».
4. Сформулюйте основний принцип нормування якості води у поверхневих проточних та непроточних водоймах
5. Розкрийте поняття «лімітуюча ознака шкідливості».
6. Розкрийте поняття «граничнодопустимий скид».
7. Розкрийте поняття «біохімічне споживання кисню».
8. Назвіть нормативну величину БСК.
9. Назвіть нормативну величину інтенсивності запаху, смаку і присмаку води поверхневої водойми.
10. Назвіть допустиме підвищення температури води водойми в результаті спуску стічних вод.
11. Назвіть допустиме підвищення вмісту завислих речовин у водоймі в результаті спуску стічних вод.
12. Назвіть нормативну величину рН води водойми.
13. Назвіть нормативну величину мінералізації води поверхневих водоймищ.
14. Яким чином розраховується коефіцієнт γ ?
15. Яким чином розраховується допустиме БСК стічних вод $C_{cm}^{БСК}$?
16. Яким чином розраховується допустима температура стічних вод t_{cm} ?
17. Яким чином розраховується допустимий вміст шкідливих речовин у стічних водах $C_{cm}^{шп}$?
18. Яким чином розраховується допустимий вміст зважених речовин у стічних водах $C_{cm}^{зр}$?

Оцінювання практичної роботи

Об'єктивна оцінка результатів розрахунків можлива (як і будь-яке інше вимірювання) лише при їх зіставленні з еталонами – зразками правильних та повних рішень.

Оцінювання результатів практичної роботи здійснюється за 100 бальною шкалою наступним чином:

1-е питання (щодо нормативних вимог до складу та властивостей води) – 30 балів;

2-е питання (щодо теоретичних положень методики розрахунку) – 30 балів;

3-є питання (безпосередньо з розрахунків) – 40 балів.

Критеріями визначення оцінок приймається:

«Відмінно» – більше 90;

«Добре» – 75 – 90 балів;

«Задовільно» – 60 – 74 балів;

«Незадовільно» – до 60 балів

При остаточній оцінці результатів виконання завдання необхідно враховувати здатність студента:

- диференціювати, інтегрувати та уніфікувати знання;
- застосовувати правила, методи, принципи, закони у конкретних ситуаціях;
- аналізувати та оцінювати факти, події та прогнозувати очікувані результати від прийнятих рішень;
- викладати матеріал на папері логічно, послідовно, з дотриманням вимог чинних стандартів.

Перелік рекомендованої літератури

1. Черкинский, С.Н. Санитарные условия спуска сточных вод в водоемы [Текст] С.Н. Черкинский.– М.: Стройиздат; 1971, Издание 4-е, перераб. и доп., 208 с.
2. СанПіН 4630-88. Санітарні правила і норми охорони поверхневих вод від забруднення [Текст].
3. ДСТУ 4808:2007. Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання [Текст].

ЗМІСТ

1. МЕТА І ЗАДАЧІ РОБОТИ	4
2. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	4
2.2. Загальні вимоги до складу і властивостей води водойм біля пунктів водокористування.....	8
2.2.1. Загальносанітарна ознака шкідливості	8
2.2.2. Органолептична ознака шкідливості.....	9
2.2.3. Санітарно-токсикологічна ознака шкідливості.....	11
2.2.4. Інші показники складу і властивостей води водойм	12
3. РОЗРАХУНОК УМОВ СПУСКУ СТІЧНИХ ВОД У ПРОТОЧНУ ВОДОЙМУ	16
3.1. Розрахункове завдання	16
3.1.1. Дидактичні цілі.....	16
3.1.2. Тематика завдання.....	16
3.1.3. Організація виконання завдання.....	16
3.2. Завдання на практичну роботу.....	17
3.3. Приклад виконання роботи	18
Вихідні дані для самостійної роботи.....	26
Контрольні питання	29
Оцінювання практичної роботи	29
Перелік рекомендованої літератури	30

Борисовська Олена Олександрівна
Лисицька Світлана Майорівна
Деменко Ольга Володимирівна

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до виконання практичної роботи

“Розрахунок розведення стічних вод підприємства водою проточної водойми”

для студентів напряму підготовки 6.040106 Екологія, охорона навколишнього
середовища та збалансоване природокористування

Редактор Ю.В. Рачковська

Підписано до друку . .2012. Формат 30 x 42/4.
Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 2,2.
Обл.-вид. арк. 2,2. Тираж 100 пр. Зам. №

ДВНЗ «Національний гірничий університет»
49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19.