

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА.

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до виконання розрахункової практичної роботи
студентами напряму підготовки 6.040106 Екологія, охорона навколишнього
середовища та збалансоване природокористування

Дніпропетровськ
2012

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**



**ГІРНИЧИЙ ІНСТИТУТ
Кафедра екології**

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА.

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до виконання розрахункової практичної роботи
студентами напряму підготовки 6.040106 Екологія, охорона навколишнього
середовища та збалансоване природокористування

Дніпропетровськ
НГУ
2012

Екологічна безпека. Методичні рекомендації до виконання розрахункової практичної роботи студентами напряму підготовки 6.040106 Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування [Текст] / О.О. Борисовська, С.М. Лисицька, О.В. Деменко. – Д.: Національний гірничий університет, 2012. – 35 с.

Автори:

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

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

О.В. Деменко, асист.

Рекомендовано методичною комісією з напряму підготовки 6.040106 Екологія та охорона навколишнього середовища (протокол № 4 від 05.06.2012) за поданням кафедри екології (протокол № 4 від 11.05.2012).

Методичні матеріали мають на меті допомогти студентам у вивченні нормативної дисципліни, зокрема в оволодінні навичками визначення рівня екологічної небезпеки з огляду на можливі негативні зміни параметрів якості природної води, у яку скидаються промислові стічні води. Рекомендації відповідають вимогам освітньо-кваліфікаційного рівня підготовки бакалаврів напряму 6.040106 Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування.

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

1. МЕТА Й ЗАВДАННЯ РОБОТИ

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.

Методичні рекомендації до практичних занять також можуть бути використані для виконання дипломної роботи спеціалістами й магістрами спеціальності 7(8).04010601 Екологія та охорона навколишнього середовища.

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;

– виконання перевірки стічних вод промислового підприємства з огляду на загально-санітарну, органолептичну, санітарно-токсикологічну ознаки шкідливості та ін.;

– аналіз отриманих розрахункових даних з метою запобігання порушенням санітарно-гігієнічних вимог щодо якості води та виникненню небезпечного екологічного стану на водному об'єкті.

2. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Студентам-екологам другого курсу рекомендовано до виконання практичну роботу на тему: *«Розрахунок умов спуску стічних вод у проточну водойму»*.

Методика виконання розрахункової роботи базується на теоретичних положеннях екологічної безпеки гідросфери, на чіткому розумінні принципів нормування якості води, врахуванні гідрологічних і гідродинамічних особливостей водойм, що дозволяє розробити технологічні й санітарно-технічні заходи усунення антропогенного забруднення природної води в кожному конкретному випадку.

2.1. 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 підвищення 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.

Склад та властивості води у поверхневих водоймах повинні відповідати нормативам у контрольному створі*, закладеному на водотоках **на 1 км вище** найближчого за течією пункту водокористування (місця забору води для господарсько-питного водопостачання, купання, організованого відпочинку людей, території населеного пункту тощо), а в непроточних водоймах – у **радіусі 1 км від пункту водокористування** (див. рис. 1).

*Примітка: *контрольний створ* – місце поперечного перерізу водотоку, спеціально призначене для перевірки якості води (див. рис. 1).

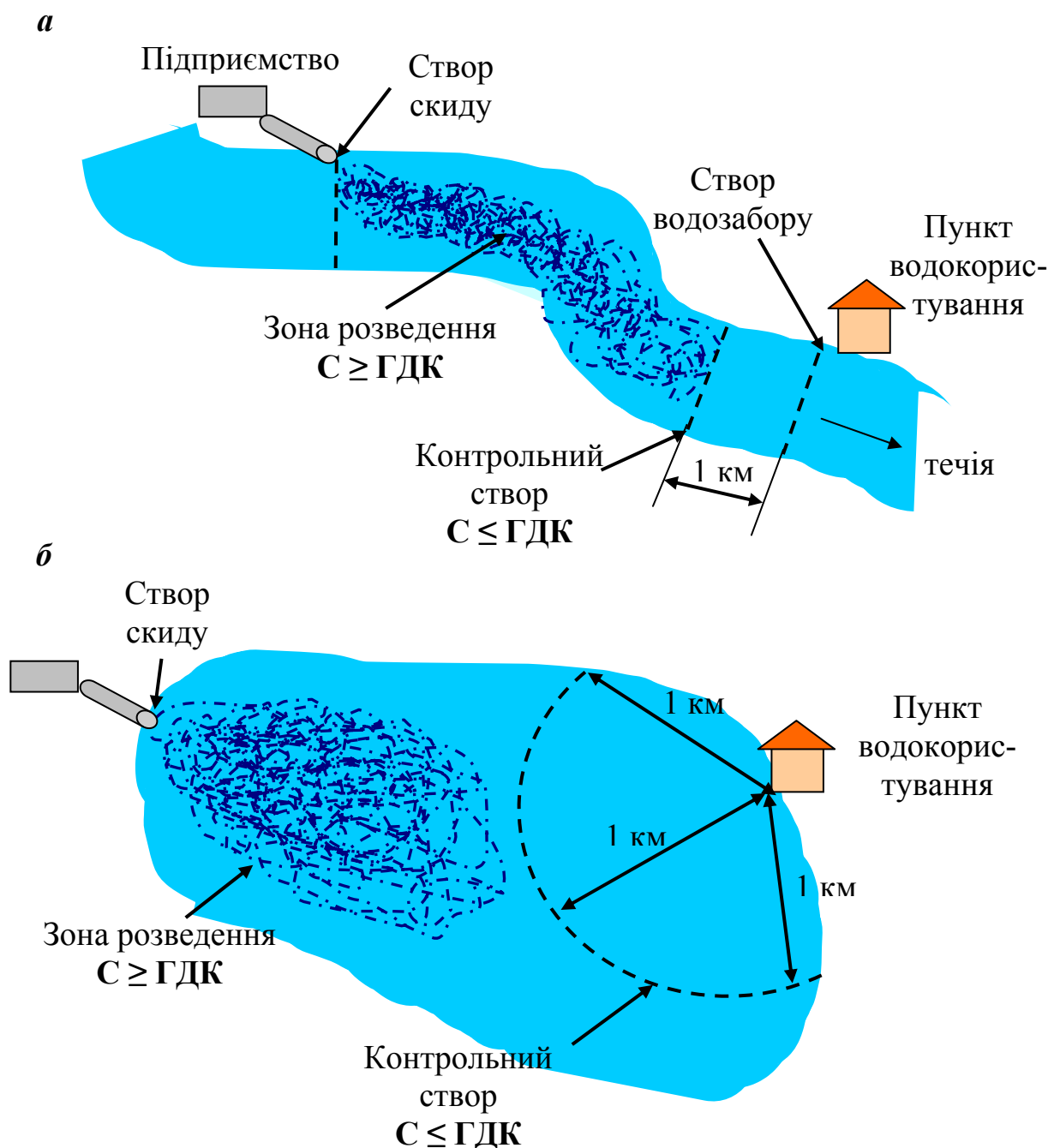


Рис. 1. Схема нормування якості води:
а – у поверхневій проточній водоймі; б – у поверхневій непроточній водоймі

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 **категорію водокористування**.

За напрямом споживання води всі водойми на певній території поділяють на *дві групи*: перші використовуються для ведення рибного господарства і другі – для задоволення потреб населення (рис. 2).



Рис. 2. Класифікація видів водокористування за категоріями

Відповідно до принципів водокористування встановлено *два види нормативів*:

1) **санітарно-гігієнічні нормативи** якості води (для потреб населення) включають науково обґрунтовані величини концентрації в ній забруднювальних речовин і такі її показники (загально-фізичні, біологічні, хімічні, радіаційні), що 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 (загальнофізичні, біологічні, хімічні, радіаційні), що не виявляють шкідливого впливу *на збереження та відтворення промислово цінних видів риб*.

У нормуванні ключовим виступає поняття **гранично допустимої концентрації**, тобто встановленого рівня вмісту певної речовини у воді, вище якого вона вважається непридатною для конкретного виду використання. Поняття **якості води** (згідно з Водним кодексом України) відображає характеристику її складу й властивостей, яка визначає придатність води для конкретного виду 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, яка відводиться зі стічними водами в 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.

У багатьох випадках стічні води скидаються у водойми в межах міської забудови. Отже, у цьому випадку територія міста, селища і т. д. являє собою перший за течією пункт водокористування. У зв'язку з цим стічні води слід очищати або розбавляти *перед скиданням* у водойму чи розсіювати одразу *після випускання* для доведення стану води у водоймі до встановлених нормативів ГДК.

2.2. 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 **лімітувальною ознакою шкідливості (ЛОШ)**. У водних об'єктах комунально-побутового і господарчо-питного водокористування розрізняють три типи ЛОШ:

- 1) загально санітарну;
- 2) органолептичну;
- 3) санітарно-токсикологічну.

Розглянемо особливості цих ознак детальніше.

2.2.1. 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 БСК при температурі 20 °С становить:

- для I категорії водокористування (господарсько-питне) – не більше 3 мг O₂ /л;
- для II категорії водокористування (культурно-побутове) – не більше 6 мг O₂ /л.

2.2.2. 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. 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.).

Таблиця 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

Характер та інтенсивність смаку й присмаку води також визначають органолептичним способом і оцінюють за 5-бальною шкалою (табл. 1).

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

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

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

Кольоровість і прозорість води

Прозорість води залежить від ступеня розсіювання в ній сонячного світла 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, а також із 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 под. Крім того, підвищення температури води зумовлює зменшення в ній вмісту розчиненого кисню (див. табл. 2), що може призвести до так званих «заморів» риби, чутливої до цього показника.

Таблиця 2 – Розчинність кисню в 1 л води при тиску 760 мм рт. ст.

<i>T</i> , °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 після спуску стічних вод не повинна підвищуватися більш, ніж на 3 °C порівняно з середньомісячною температурою води найтеплішого місяця протягом останніх 10 років.

2.2.3. Санітарно-токсикологічна ознака шкідливості

Загальні вимоги до складу й властивостей води у поверхневих водоймах передбачають, що біля перших за течією (розрахункових чи контрольних) пунктів господарсько-питного або культурно-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 у водойми стічних вод, що містять речовини, для яких не встановлені ГДК, **заборонено**.

2.2.4. Інші показники складу й властивостей води у водоймах

Окрім загально-санітарної, 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 господарсько-питного водопостачання (І категорія водокористування);
- на 0,75 мг/л для водойм, які використовуються для культурно-побутового водопостачання (ІІ категорія водокористування).

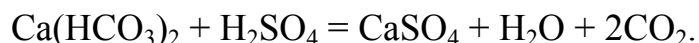
Показник рН

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 іони водню утворюються внаслідок гідролізу 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 й 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 у 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 має бути 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 у воді збудників захворювань досягається шляхом знезараження біологічно очищених побутових стічних вод, доведення колі-індексу до показника не більше 10000 в 1 л, а вмісту залишкового хлору – не менше 1,5 мг/л.

Таким чином, загальні вимоги до складу й властивостей води у водних об'єктах різних категорій використання можна подати у вигляді табл. 3.

Таблиця 3 – Гігієнічні вимоги до складу й властивостей води у пунктах господарсько-питного та культурно-побутового водокористування

Показники складу й властивостей води у водному об'єкті	Категорії водокористування	
	централізоване або нецентралізоване господарсько-питне	купання, спорт і відпочинок населення, а також водойми в межах населених пунктів
Біохімічне споживання кисню повне	Не повинно перевищувати при температурі 20 °С:	
	3,0 мг O ₂ /дм ³	6,0 мг O ₂ /дм ³
Запахи	Вода не повинна набувати невластивих їй запахів інтенсивністю більше 1 бала, що виявляється:	
	безпосередньо або при наступному хлоруванні та інших способах обробки	безпосередньо
Кольоровість	Не повинна виявлятися у стовпчику висотою:	
	20 см	10 см
Температура	Літня температура води після спуску стічних вод не повинна підвищуватися більш, ніж на 3 °С порівняно з середньомісячною температурою води найтеплішого місяця протягом останніх 10 років	
Хімічні речовини	Не повинні міститися в концентраціях, що перевищують 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 в перерахунку на сухий залишок 1000 мг/л, в тому числі хлоридів 350 мг/л і сульфатів 500 мг/л	
Лактозопозитивні кишкові палички (ЛКП)	Не більше 10000 у дм ³	Не більше 5000 у 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 має бути плаваючих плівок, плям мінеральних масел та скупчень інших домішок	

2.3. 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 вищезазначених 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 учений 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 якого 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 кожну із зон, тобто

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

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.

2.3.1. Методика обчислення загальносанітарної 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:

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

$C_{гр.дон.}^{БСК}$ – 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. 4.

Таблиця 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:

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

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 $C_{\text{ст}}^{\text{БСК}}$, отриманого розрахунковим шляхом, то в біологічному очищенні немає потреби.

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

2.3.2. Дослідження органолептичної ознаки шкідливості води

Виявлення запаху, смаку й 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 такою формулою:

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

де $t_{\text{дон}}$ – 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 $t_{\text{ст}}$ необхідно порівняти з фактичною температурою стоків $t_{\text{факт}}$, призначених для випуску у водойму. При цьому має виконуватися така умова:

$$t_{\text{факт}} \leq t_{\text{ст}} .$$

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} , отриманого 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} .

2.3.3. 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 в 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.

2.3.4. 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:

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

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

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

3. СТРУКТУРА ПРАКТИЧНОЇ РОЗРАХУНКОВОЇ РОБОТИ

Актуальність рекомендованої студентам-екологам практичної роботи полягає у виявленні специфічних змін, які формуються при змішуванні природної води із стічними водами промислового підприємства, що може бути причиною порушення санітарно-гігієнічних нормативних вимог до якості води та виникнення несприятливих екологічних умов.

3.1. Дидактичні цілі практичної роботи

Розрахункове завдання виконується з метою:

- ♦ закріплення, поглиблення та узагальнення набутих у процесі навчання знань із даної дисципліни;
- ♦ визначення ступеня розбавлення стоків 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 ознаки шкідливості та на інші показники якості води.

3.2. Тематика завдань у практичній роботі

У розрахунковій роботі визначають такі величини:

- ступінь змішування стічних вод із водою проточної водойми;
- фактичне значення БСК суміші стічних вод;
- величину БСК стічних вод, які можуть бути скинуті у водойму без порушення санітарних норм;
- максимальна температура стічних вод, які можуть бути скинуті у водойму без порушення санітарних норм;

- 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 у стічних водах, при якій умови спуску їх у водойму відповідатимуть санітарним вимогам.

3.3. Організація виконання розрахункової роботи

Практична робота виконується студентом самостійно (викладач його консулює та контролює процес).

Студент повинен:

- ♦ отримати від викладача завдання;
- ♦ самостійно виконувати практичну роботу з опорою на запропоновані джерела інформації;
- ♦ відвідувати консультації;
- ♦ сприймати зауваження та виконувати методичні рекомендації викладача;
- ♦ своєчасно подати на перевірку виконану практичну роботу на аркушах формату А4 (210x297 мм) через півтора інтервалу;
- ♦ під час підсумкової співбесіди з викладачем відповісти на його контрольні запитання та довести самостійність виконання практичної роботи.

Викладач повинен:

- ♦ видати студентові завдання на практичну роботу, визначивши терміни її виконання;
- ♦ скласти графік консультацій (не менше, ніж дві на тиждень);
- ♦ дотримуватися графіка консультацій;
- ♦ оцінити якість виконання практичної роботи за встановленими критеріями.

Завідувач кафедри повинен:

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

3.4. Завдання на практичну роботу

Вихідні умови:

У місті Крижопіль готується до введення в експлуатацію промислове підприємство, у якому передбачено такі параметри виробничих стоків: витрата стічних вод q_1 ; біохімічне споживання кисню C_{cm1}^{BCK} ; зникнення запаху при розбавленні у природній воді 1:10; температура стічних вод t_{cm1} ; вміст фенолу в стічних водах C_{cm1}^{ϕ} ; вміст свинцю C_{cm1}^{ce} ; вміст завислих речовин C_{cm1}^{zp} .

Окрім спуску виробничих стічних вод у зв'язку з функціонуванням міської каналізації має місце скидання побутових стічних вод з такими показниками: витрата q_2 , вміст завислих речовин C_{cm2}^{zp} ; біохімічне споживання кисню C_{cm2}^{BCK} .

Згідно з проектом, спуск стічних вод буде здійснюватись у річку Тікич (рис. 3). Склад річкової води: вміст завислих речовин C_p^{zp} ; кількість розчиненого кисню O_p ; біохімічне споживання кисню $C_p^{БСК}$; вміст свинцю $C_p^{св}$; причому зафіксовано відсутність фенолу; температура води протягом найбільш теплого літнього місяця t_{max} .



Рис. 3. Схема розміщення пунктів водокористування міста і його околиць

Нижче за течією Тікича від міста Крижопіль першим пунктом водокористування є село Вапнярка, жителі якого забезпечені колодязною водою, а річку використовують для культурно-побутових потреб. Місце випуску стічних вод розташоване на відстані L^B від села Вапнярка. Ще нижче за течією на відстані L^H знаходиться селище Піщанка, для якого річка Тікич є джерелом централізованого водопостачання.

У розрахунках також прийнято такі позначення величин: витрата річкової води для потреб пункту Вапнярка – Q^B , пункту Піщанка – Q^H . На ділянці до пункту Вапнярка середня швидкість течії річки V_1 , глибина русла H_1 . Між Вапняркою і Піщанкою знаходиться гирло її притоки Синюхи. На ділянці між пунктом Вапнярка і гирлом Синюхи середня швидкість течії річки V_2 , глибина русла H_2 , відстань від Вапнярки до гирла притоки L^C . Від гирла притоки до селища Піщанка середня швидкість течії річки V_3 , глибина русла H_3 ; звивистість русла на ділянці до пункту Вапнярка ϕ^B , а на ділянці до розрахункового пункту Піщанка ϕ^H . Проектом передбачено, що випуск стічних вод відбуватиметься з берега.

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

Хід роботи

1. Визначити ступінь змішування стічних вод з водою річки в районі першого пункту водокористування, застосувавши формулу (3).

2. Виконати перевірку стічних вод на загальносанітарну ознаку шкідливості в зоні першого пункту водокористування, застосувавши формулу (9).

3. Виконати перевірку стічних вод на органолептичну ознаку шкідливості в районі першого пункту водокористування, застосувавши формулу (11).

4. Виконати перевірку стічних вод на санітарно-токсикологічну ознаку шкідливості в районі першого пункту водокористування, застосувавши формулу (12).

5. Виконати перевірку стічних вод на вміст завислих речовин біля першого пункту водокористування, застосувавши формулу (13).

6. Повторити виконання описаних у пп. 1 – 5 завдань, зробивши обчислення стосовно другого пункту водокористування.

7. Зробити остаточні висновки щодо необхідності очищення стічних вод від забруднень перед випуском у річку.

Значення вихідних даних обираються студентом з табл. 5 відповідно до його номера в списку в журналі академічної групи.

3.5. Приклад виконання роботи

Вихідні дані: У місті Крижопіль готується до введення в експлуатацію промислове підприємство. Витрата стічних вод проєктованого 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 $t_{cm1} = 35\text{--}40 \text{ }^\circ\text{C}$; 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 $C_{cm1}^{зп} = 200 \text{ мг/л}$.

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

Згідно з проєктом спуск стічних вод відбуватиметься в річку Тікич (див. рис. 3). Визначено такий склад річкової води: вміст завислих речовин $C_p^{зп} = 9 \text{ мг/л}$, розчиненого кисню $O_p = 6,3 \text{ мг/л}$, біохімічне споживання кисню $C_p^{БСК} = 2,5 \text{ мг/л}$, вміст свинцю $C_p^{Св} = 0,01 \text{ мг/л}$, фенол відсутній, температура води протягом найбільш теплого літнього місяця $t_{max} = 15^\circ\text{C}$.

Таблиця 5 – Вихідні дані для виконання обчислень у практичній роботі

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. 5

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}^{zp}	мг/л	160	170	180	190	200	210	220	230	240
C_{cm1}^{BCK}	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}^{BCK}	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}^{zp}	мг/л	255	238	256	247	267	253	268	274	283
C_{cm2}^{BCK}	мг/л	205	260	265	270	275	280	285	290	285
C_p^{zp}	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^{BCK}	мг/л	2,1	2,2	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9	1,8	1,7
C_p^{ce}	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

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

Нижче за 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 $L^P = 42$ км. Для нього річка Тікич є джерелом централізованого водопостачання.

Витрата річкової води біля пункту Вапнярка $Q^B = 30$ м³/с, біля пункту Піщанка $Q^P = 40$ 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 $\phi^P = 1,2$. Згідно з проектом випуск стічних вод відбуватиметься з берега.

Розрахунок параметрів стічних вод у зоні першого пункту водокористування – села Вапнярки

1. Визначаємо **ступінь змішування** n стічних вод з водою річки.

Для цього обчислюємо коефіцієнт турбулентної дифузії за формулою (7), а саме:

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

Коефіцієнт α розраховуємо 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 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.

2. Виконуємо перевірку стічних вод на **загальносанітарну ознаку шкідливості**, здійснивши описані нижче розрахунки.

Обчислюємо 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:

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

За даними табл. 4 знаходимо значення показника k_1 , який при температурі води у водоймі 15°С 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 $C_{зр.дон.}^{БПК}$ 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:

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

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

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

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.

3. Виконуємо перевірку стічних вод на **органолептичну ознаку шкідливості**, здійснивши описані нижче спостереження й розрахунки.

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, 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 має підвищитися не більш, ніж на 3 °С, отже

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

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

Як бачимо, спостерігається виконання такої умови: $t_{\text{факт}} \leq t_{\text{см}}$, 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.

4. Виконуємо перевірку стічних вод на **санітарно-токсикологічну** ознаку шкідливості за описаним нижче алгоритмом.

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

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

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

Таким чином, встановлено потребу в ретельному очищенні стічних вод від фенолу, тому що не виконується необхідна умова, адже фактичний його вміст у 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 його концентрація в річковій воді незалежно від виду водокористування становить 0,03 мг/л, тоді

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

Результат розрахунку дорівнює фактичній концентрації свинцю в стічних водах ($C_{\text{см1}}^{\text{св}} = 0,3$ мг/л), отже, немає необхідності вживати спеціальні заходи для очищення стічних вод від цього металу.

5. Виконуємо перевірку стічних вод на **вміст завислих речовин**, здійснивши наведені нижче розрахунки.

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

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

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

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

У даному випадку $C_{дон}^{зр} = 0,75$ мг/л, 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: $C_{факт}^{зр} \leq C_{ст}^{зр}$, виникає потреба в їхньому механічному очищенні аж до моменту досягнення розрахункової концентрації.

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

1. Визначаємо **ступінь змішування** n стічних вод з водою річки, виконавши описані нижче розрахунки.

Оскільки другий пункт водокористування – селище Піщанка, розташований на значній відстані від місця випуску стічних вод, то на відрізок річки, що складається з трьох ділянок, спостерігаються різні показники 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 згідно з умовою 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,

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

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 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 знаходимо показник числа e , а саме:

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

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:

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

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:

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

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

2. Виконуємо перевірку стічних вод на **загальносанітарну ознаку шкідливості**, користуючись наведеним нижче алгоритмом.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Розрахунковим шляхом встановлено, що 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 потреба в ретельному очищенні стоків від органічних речовин аж до моменту досягнення розрахункової величини БСК.

3. Виконуємо перевірку стічних вод на **органолептичну ознаку шкідливості**, причому маємо на увазі, що немає необхідності досліджувати стоки біля другого пункту водокористування на запах і температуру, оскільки ці показники цілком задовольняли санітарні норми на властивості води в зоні першого пункту водокористування.

4. Виконуємо перевірку стічних вод на **санітарно-токсикологічну ознаку шкідливості** в описаному нижче порядку.

Визначаємо максимальний вміст у стічних водах фенолу, а саме:

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

У даному випадку 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:

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

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

5. 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

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

У даному випадку $C_{дон}^{зр} = 0,25$ мг/л, 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: $C_{факт}^{зр} \leq C_{ст}^{зр}$, то існує потреба в їхньому механічному очищенні.

6. Результати проведених розрахунків, що характеризують обидва пункти водокористування, зводимо в підсумкову табл. 6, після чого приймаємо остаточне рішення про те, чи необхідно очищувати стічні води від забруднень.

Таблиця 6 – **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 ознака шкідливості на вміст:				
а) фенолу, мг/л	2,8	0,014	0,061	Потрібне зниження концентрації до 0,014 мг/л
б) свинцю, мг/л	0,3	0,3	1,23	Зміни не потрібні
4. Вміст завислих речовин, мг/л	207	17,8	23,5	Потрібне механічне очищення від завислих речовин до концентрації 17,8 мг/л

Контрольні питання

1. Як можна визначити поняття якості води?
2. Які існують категорії водокористування?
3. Розкрийте поняття гранично-допустимої концентрації речовин у природних середовищах.
4. Сформулюйте основний принцип нормування якості води у поверхневих проточних і непроточних водоймах.
5. Розкрийте поняття лімітувальної ознаки шкідливості.
6. Розкрийте поняття гранично-допустимого скиду в природні водойми.
7. Визначте та поясніть поняття біохімічного споживання кисню.
8. Назвіть нормативну величину БСК для об'єктів першої та другої категорій водокористування.
9. Назвіть нормативну величину інтенсивності запаху, смаку й присмаку води у поверхневій водоймі.
10. Яке підвищення температури води допускається у водоймі внаслідок спуску стічних вод?
11. Назвіть допустиму величину підвищення вмісту завислих речовин у водоймі внаслідок спуску стічних вод.
12. Яка нормативна величина рН води у водоймі?
13. Назвіть нормативну величину мінералізації води у поверхневих водоймах.
14. Яким чином розраховується коефіцієнт γ для характеристики змішування й розведення стоків?
15. Яким чином розраховується допустиме значення БСК стічних вод C_{cm}^{BCK} ?
16. Яким чином розраховується допустима температура стічних вод t_{cm} ?
17. Яка методика розрахунку допустимого вмісту шкідливих речовин у стічних водах $C_{cm}^{шп}$?
18. Яким чином розраховується допустимий вміст завислих речовин у стічних водах $C_{cm}^{зп}$?

Критерії оцінювання практичної роботи

Об'єктивна оцінка результатів розрахунків можлива (як і будь-яке інше вимірювання) лише при їх зіставленні з еталонами, тобто зразками правильного та повного виконання цієї роботи.

Оцінювання результатів практичної роботи здійснюється за 100-бальною шкалою таким чином:

I питання (характеристика нормативних вимог до складу й властивостей води) – 30 балів;

II питання (з'ясування теоретичних положень методики розрахунку) – 30 балів;

III питання (виконання конкретних розрахунків) – 40 балів.

Визначено такі критерії оцінювання роботи:

- «відмінно» – понад 90 балів;
- «добре» – 75 – 90 балів;
- «задовільно» – 60 – 74 бали;
- «незадовільно» – до 60 балів.

У формуванні остаточної оцінки результатів виконання завдань необхідно враховувати здатність студента:

- диференціювати, інтегрувати й уніфікувати засвоєні знання;
- застосовувати правила, методи, принципи, закони в конкретних ситуаціях;
- аналізувати й 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. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат. –1971. – 208 с.
2. СанПиН 4630-88. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения [Текст]. – Введ. 01.01.89.– М.: Изд-во стандартов, 1989. – 50 с.
3. ДСТУ 4808:2007. Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання [Текст]. – Введ. 2009 - 01 - 01. – К.: Держспоживстандарт, 2009. – 42 с.
4. Зеркалов, Д.В. Екологічна безпека: управління, моніторинг, контроль [Текст]: посібник / Д.В. Зеркалов. – К.: КНТ, Дакар, Основа, 2007. – 412 с.
5. Долгова, Т. И. Словарь-справочник по экологической безопасности [Текст] / Т. И. Долгова. –Д.: Национальный горный университет, 2011. – 252 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.
7. Гусев, Т.В. Гидрохимические показатели состояния природной среды: справочные материалы [Текст] / Т.В. Гусев. – М.: ФОРУМ ИНФА-М, 2010. – 192 с.
8. Новиков, Ю.И. Методы исследования качества воды водоемов [Текст] / Ю.И. Новиков, К.О. Ласточкина, З.Н. Болдина. – М.: Медицина, 1990. – 376 с.
9. Израэль, Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды [Текст] / Ю.А. Израэль. – М.: Гидрометеиздат, 1984. – 560 с.

ЗМІСТ

1. МЕТА Й ЗАВДАННЯ РОБОТИ	3
2. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	3
2.1. Принципи нормування якості води	3
2.2. Загальні вимоги до складу й властивостей води у водоймах біля пунктів водокористування.....	6
2.2.1. Загальносанітарна ознака шкідливості	6
2.2.2. Органолептична ознака шкідливості.....	6
2.2.3. Санітарно-токсикологічна ознака шкідливості.....	8
2.2.4. Інші показники складу й властивостей води у водоймах	9
2.3. Розрахунок ступеня розведення стоків водою проточної водойми з використанням загальноприйнятої методики.....	12
2.3.1. Методика обчислення загальносанітарної ознаки шкідливості води.....	14
2.3.2. Дослідження органолептичної ознаки шкідливості води	15
2.3.3. Вивчення санітарно-токсикологічної ознаки шкідливості води	16
2.3.4. Дослідження інших показників складу й властивостей води у водоймі...	17
3. СТРУКТУРА ПРАКТИЧНОЇ РОЗРАХУНКОВОЇ РОБОТИ.....	17
3.1. Дидактичні цілі практичної роботи.....	17
3.2. Тематика завдань у практичній роботі.....	17
3.3. Організація виконання розрахункової роботи	18
3.4. Завдання на практичну роботу.....	18
3.5. Приклад виконання роботи	20
Контрольні питання	32
Критерії оцінювання практичної роботи	32
Перелік рекомендованої літератури	33

Борисовська Олена Олександрівна
Лисицька Світлана Майорівна
Деменко Ольга Володимирівна

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА.

Методичні рекомендації
до виконання розрахункової практичної роботи
студентами напряму підготовки 6.040106 Екологія, охорона
навколишнього середовища та збалансоване природокористування

Редактор О.Н. Ільченко

Підписано до друку 16.07.2012. Формат 30 x 42/4.
Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 2,0.
Обл.-вид. арк. 2,6. Тираж 100 пр. Зам. №

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