

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до виконання розрахунково-графічної роботи
з навчальної дисципліни

«ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ»

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
всіх форм навчання за спеціальністю 194 – Гідротехнічне будівництво,
водна інженерія та водні технології)*



Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2021

Методичні рекомендації до виконання розрахунково-графічної роботи з навчальної дисципліни «Теоретичні основи технології очищення води» (для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм навчання за спеціальністю 194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. К. Б. Сорокіна. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 17 с.

Укладач канд. техн. наук, доц. К. Б. Сорокіна

Рецензент

В. О. Ткачов, кандидат технічних наук, доцент кафедри водопостачання, водовідведення та очищення вод (ХНУМГ ім. О. М. Бекетова)

Рекомендовано кафедрою водопостачання, водовідведення та очищення вод, протокол № 1 від 01.09.2021.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Структура і оформлення розрахунково-графічної роботи.....	5
2 Рекомендації до виконання основних розділів розрахунково- графічної роботи.....	6
Список джерел.....	13
Додатки.....	14

ВСТУП

Склад природних вод постійно змінюється внаслідок процесів оксидування і відновлення, які протікають в них, седиментації диспергованих та колоїдних домішок, солей, як наслідок зміни тиску і температури; іонообміну між водою й донними відкладеннями; збагачення вод мікроелементами внаслідок біохімічних процесів; змішення вод різного живлення.

У поверхневих водотоках спостерігається самоочищення води за рахунок фізичних, хімічних і біологічних процесів, чому сприяє аерація, перемішування, декантація суспензій, розбавлення забруднень у великій масі води. Під дією простих водних організмів, мікробів-антагоністів, бактеріофагів і антибіотиків біологічного походження, під впливом біохімічних й окисних процесів гинуть патогенні бактерії та віруси.

Самоочищення води, як правило, не забезпечує необхідної її якості для виробничих і господарсько-питних потреб. Тому практично завжди поверхнева вода потребує кондиціювання її властивостей з доведенням їх до вимог споживача.

Господарська діяльність людини істотно впливає на стан вододжерел як в якісному, так і в кількісному відношенні. Одним з її чинників є змив з сільськогосподарських угідь хімічних добрив та скидання у водоймища недостатньо очищених стічних вод, вод теплових і атомних електростанцій. Внаслідок цього інтенсивно розвиваються планктон й макрофіти, які викликають заростання водоймищ, підвищення кольоровості води, виникнення присмаків і запахів, що погіршує санітарний стан вододжерел.

Таким чином, при виборі технології водопідготовки необхідно визначити якість води джерела, тобто склад і концентрацію домішок, що містяться в ній, а потім зіставити з вимогами, що пред'являються.

Важливу роль в охороні водойм від забруднення шкідливими домішками відіграють різні способи очищення стічних вод, які дають можливість видаляти з води забруднювальні речовини і солі, утилізувати цінні компоненти як вторинну сировину та повертати їх у виробництво. Хімічне оброблення дає змогу також вирішити проблему використання очищених стічних вод для технічного водопостачання з організацією на цій основі замкнених циклів, що сприяє ефективному вирішенню проблеми раціонального використання водних ресурсів.

1 СТРУКТУРА І ОФОРМЛЕННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

Метою виконання розрахунково-графічної роботи (далі – РГР) є вивчення особливостей методів, застосовуваних для видалення з води диспергованих та розчинених домішок; аналіз фізико-хімічних показників якості води за результатами хіміко-аналітичного контролю, розрахункове визначення показників якості води.

Структура РГР повинна бути такою:

1) *титульний аркуш* – виконують за відповідною формою, прийнятою для оформлення розрахунково-пояснювальних записок. На титульному аркуші повинні бути позначені назва (тема) РГР, прізвища студента й викладача дисципліни (дод. А);

2) *вихідні дані*;

3) *зміст*. До змісту входять:

– послідовно перераховані найменування усіх розділів, підрозділів, пунктів і підпунктів;

– висновки;

– список джерел;

– додатки (при необхідності).

Допускається найменування пунктів і підпунктів у зміст не включати;

4) *елементи основної частини РГР*. Склад, зміст і обсяг розділів основної частини РГР визначаються одержаним завданням на його виконання;

5) *висновки*. Коротко формулюють результати виконаної роботи;

6) *список джерел*. Перелік джерел, на які зроблені посилання у відповідних місцях тексту, складають в тому порядку, в якому вони вперше згадуються в тексті. Окрім літературних джерел, в список включають перелік використовуваної нормативної документації (ДБН, СНіП, ДСТУ, ТУ та ін.);

7) *додатки*. У додатках розміщують матеріал, який є необхідним, але не може бути розміщений в основній частині РГР через великий об'єм або з інших міркувань. Додатки розташовують у порядку появи посилань в тексті основної частини РГР. Кожен додаток починають з нової сторінки.

Оформлення РГР проводять відповідно до вимог оформлення розрахунково-пояснювальних записок, тобто:

– РГР виконують на аркушах формату А4 без рамки з полями: верхнє і нижнє – 20, лівє – не менше 25, правє – не менше 10 мм;

– текст РГР може бути рукописний або виконаний шрифтом 14 пт. (Times New Roman Arial, Arial Narrow, GOST type A, B) з полуторним міжрядковим інтервалом; заголовки можуть бути виділені шрифтом 16 пт. Абзаци в тексті відступають від тексту на 1–1,27 см;

– сторінки РГР нумерують у правому верхньому кутку арабськими цифрами без крапки. Нумерація сторінок – наскрізна, включає ілюстрації (рисунок) і таблиці, розташовані на окремих сторінках, а також додатки. Структурні елементи РГР – ВИСНОВКИ, СПИСОК ДЖЕРЕЛ – не нумерують;

– всі розділи РГР починають з нової сторінки;

– заголовки структурних елементів і розділів РГР пишуть прописними (заголовними) буквами без крапки в кінці, не підкреслюючи. Заголовки підрозділів, пунктів і підпунктів пишуть малими буквами починаючи з заголовної, розташовуючи номер підрозділу (пункту, підпункту) з абзацного відступу, без крапки в кінці.

2 РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ ОСНОВНИХ РОЗДІЛІВ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

Виконання РГЗ проводять за *вихідними даними*, які студент отримує від викладача або за *додатком Б* (за вказівкою викладача).

Зміст роботи:

1 Теоретична частина.

2 Розрахункова частина.

2.1 Перевірка правильності аналізу води.

2.2 Складання діаграми передбачуваного складу солей.

2.3 Графічне визначення кількості вапна, необхідного для зм'якшення води.

2.4 Перевірка придатності води для питних цілей.

2.5 Оцінка стабільності води.

У першому розділі роботи (**теоретична частина**) необхідно провести дослідження методів видалення домішок з природних та стічних вод згідно отриманого завдання. Слід вивчити матеріал, який менше озвучений на лекції або в конспекті. Це можуть бути які-небудь сучасні теоретичні або практичні дослідження, пропонувані технічні рішення, аналіз проблем і можливі шляхи їх вирішення. Обсяг розділу не повинен перевищувати 3-5 стор.

Розрахункова частина безпосередньо присвячена дослідженню якості води природного джерела з конкретними якісними показниками води, отриманими у вихідних даних.

Перевірка правильності аналізу води.

Хімічний аналіз є найпоказовішим і важливим аналізом, він покаже які домішки у воді присутні в допустимих кількостях, а які перевищують норму і є шкідливими.

Основною перевіркою правильності аналізу є зіставлення сум концентрацій (у мг-екв/дм³) катіонів і аніонів. Вода електронейтральна, тому суми концентрацій катіонів ΣK і аніонів ΣA мають бути однакові:

$$\Sigma K = \Sigma A, \quad (2.1)$$

$$[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}] + [Na^+] + [Fe^{2+}] = [HCO_3^-] + [SO_4^{2-}] + [Cl^-] + [SiO_3^{2-}].$$

Для перерахування концентрацій іонів, виражених у мг/дм³, у мг-екв/дм³, концентрацію треба розділити на еквівалентну масу даної речовини:

$$\frac{Ca^{2+}}{20,04} + \frac{Mg^{2+}}{12,16} + \frac{Na^+}{23} + \frac{Fe^{3+}}{27} = \frac{HCO_3^-}{61,02} + \frac{SO_4^{2-}}{48,03} + \frac{Cl^-}{35,48} + \frac{SiO_3^{2-}}{38}.$$

Похибку аналізу обчислюють за формулою

$$\Delta = \frac{\Sigma K - \Sigma A}{\Sigma K + \Sigma A} \cdot 100\%. \quad (2.2)$$

Припустима похибка аналізу залежить від мінералізації води. За наявності у воді іонів більше 15 мг-екв/дм³ погрішність не повинна перевищувати 2 %, від 5 до 15 мг-екв/дм³ – 2–5 %, від 3 до 5 мг-екв/дм³ – 5–10 %, тобто із зменшенням мінералізації води припускається збільшення похибки.

Сумарна концентрація катіонів Ca^{2+} і Mg^{2+} визначає загальну твердість води

$$T_z = \frac{Ca^{2+}}{20,04} + \frac{Mg^{2+}}{12,16}, \text{ ммоль/дм}^3. \quad (2.3)$$

Карбонатна твердість

$$T_K = \frac{HCO_3^-}{61,02}, \text{ ммоль/дм}^3. \quad (2.4)$$

Некарбонатна твердість

$$T_{HK} = T_z^{ВИХ} - T_K, \text{ ммоль/дм}^3. \quad (2.5)$$

При випаровуванні води всі негазоподібні розчинені речовини переходять в сухий залишок. Виняток становить лише гідрокарбонат-іон, який розпадається за рівнянням $2HCO_3^- \rightarrow CO_3^{2-} + CO_2 \uparrow + H_2O \uparrow$.

При цьому у вигляді двоокису вуглецю і пари води втрачається 0,508 вагової кількості гідрокарбонат-іона. У практичних розрахунках цю цифру при округляють до 0,5.

Таким чином, *сухий (мінеральний) залишок* має чисельно дорівнювати сумі вагових кількостей всіх розчинених речовин у вигляді іонів і молекул (за винятком газів), причому кількість гідрокарбонат-іона в цьому випадку зменшують вдвічі.

Окрім неорганічних речовин, будь-яка природна (у тому числі й підземна) вода містить розчинені органічні речовини, які переходять в сухий залишок. Їх

вміст хімічним аналізом не може бути визначений. Тому експериментально визначений сухий залишок завжди більше обчисленого. У прозорих водах, що не мають високої окисності, це перевищення ваги незначне. Остання обставина дозволяє використовувати сухий залишок як визначення, яке контролює аналітичні дані, отримані при визначенні нелетких макрокомпонентів.

Допустима розбіжність між величинами експериментального і обчисленого сухого залишку, включаючи кремнекислоту, при окисності води менше $5 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ в правильно виконаному аналізі не має перевищувати таких значень:

<i>Обчислений сухий залишок, мг/дм³:</i>	<i>Допустиме перевищення експериментального сухого залишку щодо обчисленого:</i>
до 100	30 мг/дм ³
100–500	50 мг/дм ³
500–5 000	10 %
5 000–10 000	5–10 %
більше 10 000	5 %

Результати аналізу іонного складу води зручно зобразити графічно як діаграму (рис. 2.1).

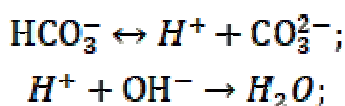
Fe^{2+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+
	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	

Рисунок 2.1 – Іонний склад води

Діаграму передбачуваного складу солей у воді за даними аналізу будують у вигляді трьох рівної довжини рівнобіжних смуг, що примикають одна до одної (рис. 2.2). На одній смугі ліворуч праворуч – відповідно концентрації у визначеному масштабі розташовують катіони, що містяться у воді, у порядку зростання основних властивостей, на другій смугі у тому ж масштабі ліворуч праворуч – аніони в порядку зростання основних властивостей. На третій смугі зі сполучень катіонів і аніонів визначають передбачуваний склад солей. *Масштаб для середньої смуги вдвічі менше, ніж для верхньої і нижньої.*

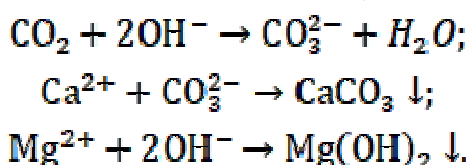
Графічне визначення кількості вапна, необхідного для зм'якшення води. Вапнування застосовують в тих випадках, коли необхідно понизити лужність вихідної води.

Процеси, що протікають при обробці води вапном, можуть бути представлені наступними реакціями:



$\text{Fe}^{2+}=a$	$\text{Ca}^{2+}=b$		$\text{Mg}^{2+}=c$	$\text{Na}^++\text{K}^+=d$	
$\text{HCO}_3^-=e$			$\text{SO}_4^{2-}=f$		$\text{Cl}^-=g$
$\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2=a$	$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2=b$		$\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2=e-a-b$	$\text{MgSO}_4=a+b+c-e$	$\text{Na}_2\text{SO}_4+\text{K}_2\text{SO}_4=e+f-a-b-c$
					$\text{NaCl}+\text{KCl}=a+b+c+d-e-f$

Рисунок 2.2 – Діаграма передбачуваного складу солей у воді за даними аналізу



Таким чином, при вапнуванні руйнується іон HCO_3^- тобто знижується карбонатна твердість води, її лужність, сухий залишок і вміст розчиненої CO_2 .

Зміну якісних показників води можна дослідити за допомогою графічного представлення іонного складу води з одночасним визначенням необхідної дози вапна (рис. 2.3).

Розрахункову дозу вапна слід визначати виходячи з можливості протікання таких процесів:

- 1) переведення вільної CO_2 спочатку в HCO_3^- ;
- 2) переведення HCO_3^- (з урахуванням утвореного) у CO_3^{2-} ;
- 3) зв'язування Mg^{2+} , присутнього в формі карбонатної твердості (за наявності).

Фактична доза вапна повинна бути на 0,3–0,5 мг-екв/дм³ більше для забезпечення повноти протікання реакції.

Результати виконаних розрахунків слід показати на графіку залежності твердості води від дози вапна (рис. 2.4).

Перевірку придатності води для питних цілей слід проводити порівнянням її якісних показників та нормативних вимог. При цьому слід враховувати можливість сумісної дії хімічних речовин з однаковою лімітуючою ознакою шкідливості.

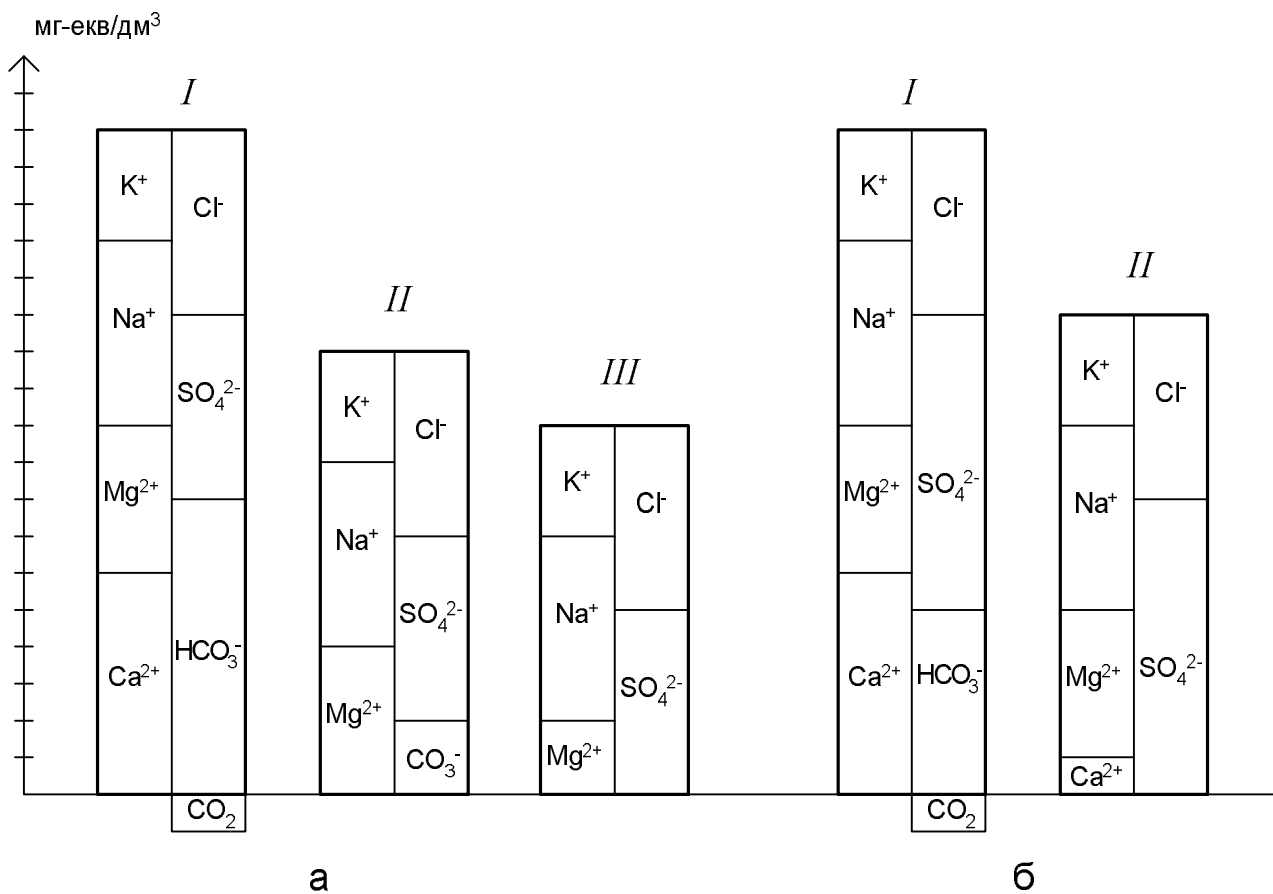


Рисунок 2.3 – Розрахунковий іонний склад води різного складу (а, б) до обробки (I), після зниження кальцієвої карбонатної твердості (II) та магнієвої карбонатної твердості (III)

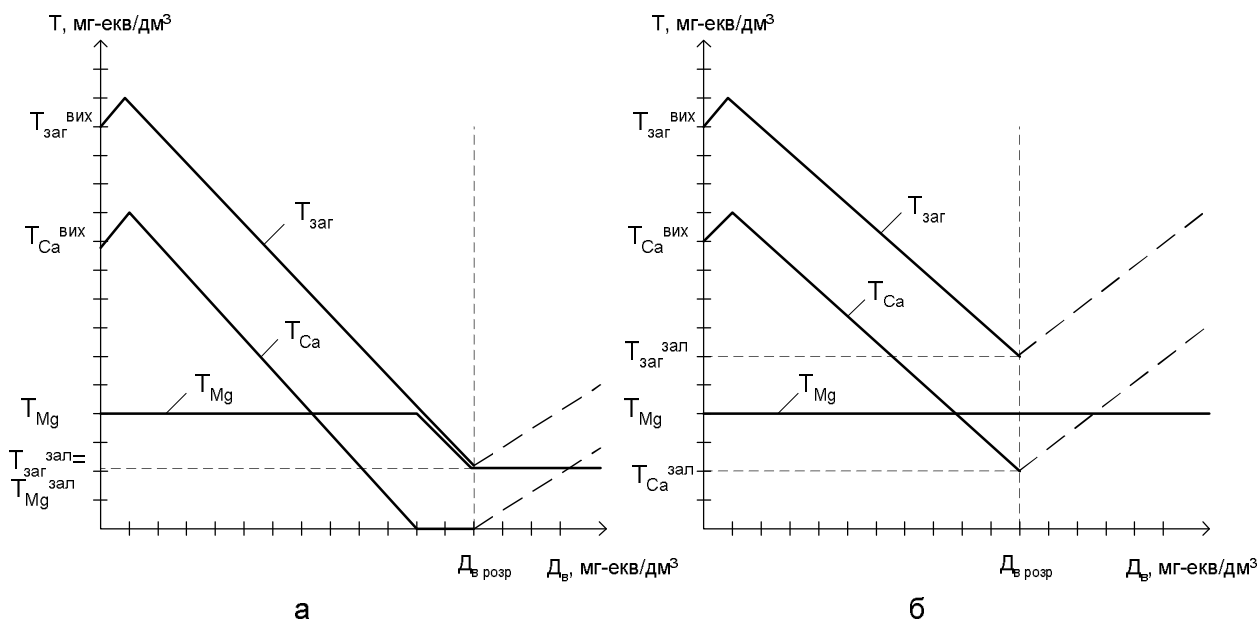


Рисунок 2.4 – Залежність твердості води від дози введеного вапна

Вимоги до безпеки і якості питної води, призначеної для споживання людиною, а також правила виробничого контролю і державного санітарно епідеміологічного нагляду у сфері питного водопостачання населення встановлюються згідно з ДержСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічних вимог до води питної, призначеної для споживання людиною». Вимоги Санітарних норм не розповсюджуються на води мінеральні лікувальні, лікувально їдальні, природні їдальні. У світовій практиці використовують нормативи ВОЗ.

Питна вода, призначена для споживання людиною, повинна відповідати таким гігієнічним вимогам: бути безпечною в епідемічному і радіаційному відношенні, мати сприятливі органолептичні властивості і нешкідливий хімічний склад.

Перевірка придатності води для питних цілей і вибір відповідних методів обробки можуть бути здійснені при наявності повного аналізу води з визначенням таких показників: завислі речовини, сухий залишок, рН, кольоровість, окисність, вільна вуглекислота, лужність, твердість загальна, твердість карбонатна, вміст основних катіонів і аніонів. Залежно від виду джерела водопостачання потрібно мати кілька аналізів, що характеризують вихідну воду. При цьому необхідно переконатися в правильності аналізу води.

Гігієнічну оцінку безпеки і якості питної води проводять за показниками епідемічної безпеки (мікробіологічні, паразитарні), санітарно хімічними (органолептичні, фізико-хімічні, санітарно токсикологічні) і радіаційними показникам згідно [1].

За наявності у воді хімічних речовин з однаковою лімітуючою ознакою шкідливості для урахування сумісної дії сполук сума відношення виявлених концентрацій у воді та їх граничнодопустимих концентрацій (ГДК) не має бути більше 1, тобто

$$\frac{C_1}{ГДК_1} + \frac{C_2}{ГДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ГДК_n} \leq 1, \quad (2.6)$$

де С – виявлені концентрації речовин, мг/дм³.

Оцінку стабільності води у даному випадку слід провести для передбачення можливості руйнування бетонних та залізобетонних конструкцій при контактуванні їх із досліджуваною водою.

Експериментальне визначення стабільності води полягає у визначенні загальної лужності або величини рН у вихідній пробі та після струшування її з карбонатом кальцію протягом 1-2 годин.

Якщо вода схильна до розчинення СаСО₃, тобто агресивна по відношенню до бетону, то у воді підвищуватиметься концентрація НСО₃⁻, а отже лужність і рН води.

Необхідно визначити *показник стабільності* як відношення рН до струшування проби з CaCO_3 (pH_0) і після досліду (рН):

$$\text{ПС} = \frac{\text{pH}_0}{\text{pH}}.$$

За його величиною можна зробити висновок про здатність води розчиняти CaCO_3 і агресивність її щодо бетону.

При відсутності можливості проведення або даних технологічних аналізів стабільність води може бути визначена за індексом насичення карбонатом кальцію [2]:

$$J = \text{pH}_0 - \text{pH}_s, \quad (2.7)$$

де pH_0 – водородний показник, вимірюваний за допомогою рН-метра;

pH_s – водородний показник в умовах насичення води карбонатом кальцію, який визначають за номограмою рисунок Г2 [2, дод. Г], виходячи із значень вмісту кальцію C_{Ca} , загального солевмісту Р, лужності Л та температури води t.

Для захисту металевих труб від корозії та утворення бугристих корозійних відкладень стабілізаційну обробку води слід передбачати при $J < 0,3$ більше 3-х місяців за рік.

При визначенні необхідності стабілізаційної обробки води слід враховувати зміну її якості в результаті попередньої обробки (коагулювання, зм'якшення, аерації та ін.).

Для води, підданої обробці мінеральними коагулянтами (сірчаноокислим алюмінієм, хлорним залізом та ін.), при підрахуванні індексу насичення слід враховувати зниження рН та лужності води внаслідок додавання до неї коагулянта.

При виконанні розрахунково-графічної роботи кожний отриманий результат повинен супроводжуватися *висновком*.

Окрім цього, наприкінці РГР необхідно сформулювати загальні **висновки** про виконану роботу.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною ДСанПіН 2.2.4-171-10 : Затв. МОЗ України 12.05.2010. – Київ, 2010. – 25 с.
2. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування : ДБН В.2.5 – 74:2013 / Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – Київ, 2013. – 287 с.
3. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування : ДБН В.2.5-75:2013 / Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – Київ, 2013. – 210 с.
4. Запольський А. К. Водопостачання, водовідведення та якість води / А. К. Запольський. – Київ : Вища школа, 2005. – 674 с.
5. Теоретические основы очистки воды : учеб. пособие / Н. И. Куликов, А. Я. Найманов, Н. П. Омельченко, В. Н. Чернышев. – Донецк : Ноулидж, 2009. – 299 с.
6. Запольський А. К. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод : підручник / [А. К. Запольський, Н. А. Мішкова-Клименко, І. М. Астрелін та ін.] – Київ : Лібра, 2000. – 552 с.
7. Тугай А. М. Водопостачання / А. М. Тугай, В. О. Орлов. – Рівне : РДТУ, 2001. – 429 с.
8. Григорьева Л. С. Физико-химическая оценка качества и водоподготовка природных вод / Л. С. Григорьева. – М. : Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2011. – 152 с.
9. Орлов В. О. Водоочисні фільтри із зернистою засипкою / В. О. Орлов. – Рівне : НУВГП, 2005. – 163 с.
10. Орлов В. О. Технологія підготовки питної води : навч. посібник / В. О. Орлов, А. М. Орлова, В. О. Зошук. – Рівне : НУВГП, 2010. – 176 с.
11. Коростелев Д. П. Водный режим и обработка радиоактивных вод от атомных электростанций / Д. П. Коростелев. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 240 с.
12. Запольский А. К. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды / А. К. Запольский, А. А. Баран. – Л. : Химия, 1987. – 204 с.
13. Яковлев С. В. Технология электрохимической очистки воды / С. В. Яковлев, И. Г. Краснобородько, В. М. Рогов. – Л. : Стройиздат, 1987. – 312 с.
14. Яковлев С. В. Биологические процессы в очистке сточных вод / С. В. Яковлев, Т. А. Карюхина. – М. : Стройиздат, 1980. – 200 с.
15. Журба М. Г. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений : в 3-х т. / М. Г. Журба, Л. И. Соколов, Ж. М. Говорова. – М. : АСВ, 2004.

ДОДАТОК А

Зразок оформлення титульного аркуша розрахунково-графічної роботи

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

Кафедра водопостачання, водовідведення і очищення вод

РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА

з дисципліни «Теоретичні основи технології очистки води»

на тему «Дослідження якості води природного джерела»

Здобувача освіти 3 курсу гр. _____
спеціальності 194 – Гідротехнічне
будівництво, водна інженерія та водні
технології

Керівник: доц. К. Б. Сорокіна

Національна шкала _____
Кількість балів: _____ Оцінка: ЄКТС _____

Члени комісії _____

м. Харків – 2021 рік

ДОДАТОК Б

Вихідні дані для виконання розрахунково-графічної роботи
(варіант визначається за останньою цифрою номера залікової книжки
або за вказівками викладача)

Таблиця Б.1 – Теоретична частина

Варіант	Завдання
1	Фізичні показники якості води
2	Хімічні показники якості води
3	Особливості механізму дії флотації
4	Закономірності біологічного очищення стічних вод
5	Видалення завислих речовин з води її фільтруванням
6	Агрегація домішок води коагуляцією
7	Адсорбційне очищення води
8	Електрохімічні методи очищення води
9	Агрегація домішок води флокулюванням
10	Видалення завислих речовин з води її відстоюванням

Таблиця Б.2 – Розрахункова частина

Показники якості води	ВАРІАНТ									
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
Ca ²⁺	75,6	68,5	78,5	69,7	69,7	68,9	72,3	57,6	74,6	82,7
Mg ²⁺	47,5	47,5	41,2	45,8	46,3	51,4	48,7	54,1	48,2	35,6
Na ⁺	29,4	35,4	48,7	36,7	22,8	22,8	21,4	47,5	35,8	47,5
K ⁺	25,6	44,6	32,8	22,9	22,9	22,9	18,2	18,2	18,2	22,8
HCO ₃ ⁻	181,3	204,3	204,6	158,6	168,4	187,3	199,4	158,6	184,2	184,2
SO ₄ ²⁻	190,2	190,2	168,7	174,6	184,2	184,2	184,2	195,3	154,9	171,2
Cl ⁻	81,9	97,5	101,7	94,8	88,6	88,6	78,6	94,5	104,8	95,3
Сухий залишок	535	580	570	520	520	530	520	540	530	545
T заг.	7,6	7,25	7,3	7,3	7,3	7,6	7,6	7,3	7,7	7
T карб.	3,0	3,3	3,3	2,7	2,7	3,0	3,2	2,5	3	3,1
Pb	0,0007	0,02	0,002	0,02	0,002	0,002	0,002	0,001	0,0007	0,01
Sr	0,05	0,05	0,05	0,1	0,05	0,05	0,05	0,01	0,05	0,01
Mo	0,01	0,02	0,07	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
B	0,05	0,01	0,05	0,1	0,01	0,05	0,01	0,01	0,05	0,01
цианіди	0,01	0,01	0,01	0,1	0,01	0,05	0,01	0,1	0,01	0,01
pH вихідної води	7,1	7,3	6,9	6,8	6,9	7,0	7,2	7,4	7,5	7,6
pH води після контакту з CaCO ₃	7,4	6,8	7,4	6,4	7,1	7,8	6,8	7,1	7,3	8,1

Виробничо-практичне видання

Методичні рекомендації
до виконання розрахунково-графічної роботи
з навчальної дисципліни

«ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ»

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
всіх форм навчання за спеціальністю 194 – Гідротехнічне будівництво,
водна інженерія та водні технології)*

Укладач **СОРОКІНА** Катерина Борисівна

Відповідальний за випуск *Г. І. Благодарна*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *К. Б. Сорокіна*

План 2021, поз. 546М.

Підп. до друку 25.10.2021. Формат 60 × 84/16.
Електронне видання. Ум. друк. арк. 1,0.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.
Електронна адреса: office@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5328 від 11.04.2017.