

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської підготовки
Кафедра екології та охорони довкілля

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

на тему: «Розробка методики оцінки фонових значень показників
якості вод при розрахунках гранично допустимих скидів
(на прикладі р. Дунай)»

Виконав студент 2 курсу групи МЕБ-19
спеціальності 101- Екологія
Аргіров Деніс Георгієвич

Керівник к.техн.н., доцент
Юрасов Сергій Миколайович

Рецензент д.геогр.н., проф.
Лобода Наталія Степанівна

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської підготовки

Кафедра екології та охорони довкілля

Рівень вищої освіти магістр

Спеціальність 101- Екологія

Освітньо-професійна програма «Екологічна безпека»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри екології та охорони довкілля

Сафранов Т.А.

“ 15 ” березня 2020 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

Аргірову Денису Георгійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи : Розробка методики оцінки фонових значень показників якості вод при розрахунках гранично допустимих скидів (на прикладі вод річки Дунай- м. Вилково

Керівник роботи Юрасов Сергій Миколайович, к.т.н., доцент,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого освіти від 23 лютого 2021 р № 16 «С»п.п.-09

2. Строк подання студентом роботи « 11 » травня 2021 р.

3. Вихідні дані до роботи термінові спостереження якості вод р. Дунай – м.Вилкове) з 2001 по 2017 рр.з питного водозбору (20 км)

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): характеристика річки р. Дунай – м.Вилкове; проаналізувати норми якості природних вод; перевірити ряди на однорідність та хронологічну мінливість показників; оцінити якість вод за санітарними та рибогосподарськими нормами; зробити прогноз значень показників на певний проміжок часу; зробити аналіз результатів досліджень, скласти висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) графіки хронологічної мінливості показників якості вод

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
	<i>немає</i>		

7. Дата видачі завдання «15» березня 2021 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	<i>Характеристика водного об'єкту, обробка фонових спостережень.</i>	<i>15.03.21-20.03.21</i>	90	5 (відмінно)
2	<i>Розгляд норм якості природніх вод (основні показники якості, санітарні норми, рибогосподарські ,норми якості країн ЄС та екологічні нормативи)</i>	<i>21.03.21-31.03.21</i>	90	5 (відмінно)
3	<i>Статистична обробка результатів (перевірка рядів на однорідність та хронлогічних рядів, оцінка якості вод за санітарними та рибогосподарськими нормами,)</i>	<i>01.04.21-18.04.21</i>	90	5 (відмінно)
	Рубіжна атестація	<i>19.04.21-24.04.21</i>	90	5 (відмінно)
4	<i>Аналіз основних існуючих методик оцінки якості природніх вод. прогноз значень показників на певний проміжок часу)</i>	<i>25.04.21-29.04.21</i>	90	5 (відмінно)
5	<i>Узагальнення отриманих результатів Оформлення електронної версії роботи. Перевірка на наявність плагіату. Складання протоколу та авторського договору.</i>	<i>30.04.21-04.05.21</i>	90	5 (відмінно)
6	<i>Підготовка паперової версії роботи і презентаційного матеріалу до процедури передзахисту. Внесення коректив. Резензування роботи. Підготовка до публічного захисту .</i>	<i>05.05.21-11.05.21</i>	90	5 (відмінно)
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		90,0	

Студент

_____ (підпис)

Аргіров Д.Г.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту

_____ (підпис)

Юрасов С.М.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Аргіров Д.Г. Розробка методики оцінки фонових значень показників якості вод при розрахунках гранично допустимих скидів (на прикладі вод річки Дунай- м. Вилково

Актуальність теми дослідження. Основна відмінність європейських норм якості вод від вітчизняних полягає в обмеженні кількості перевищень нормативу за кожним показником. За певний період часу якість вод водного об'єкта відповідає вимогам норм ЄС в тому випадку, якщо кількість перевищень нормативу за кожним показником не більш n^* від загальної кількості спостережень. За санітарними нормами – 10%, за рибогосподарськими – 5%. Актуальною задачею є забезпечення виконання цієї вимоги у майбутньому

Мета. Метою даної роботи є забезпечення виконання вимог норм країн ЄС у майбутньому при розрахунках гранично допустимих скидів (ГДС) забруднювальних речовин зі стічними водами. Розробка методики розрахунку значень показників якості вод з заданою забезпеченістю за минулий і на прогнозний періоди часу.

Задачі дослідження: на прикладі р. Дунай-м. Вилкове проаналізувати хронологічну мінливість показників якості вод і апроксимувати їх тренди; визначити параметри законів розподілу показників якості вод; розробити методику розрахунку значень показників якості вод з заданою забезпеченістю для оцінки якості вод у відповідності з нормами країн ЄС за деякий минулий період часу, а також для визначення фонових значень цих показників при розрахунках ГДС для виконання вимог норм країн ЄС в майбутньому протягом прогнозного періоду часу.

Об'єкт дослідження – якість вод річки Дунай в районі міста Вилкове.

Предметом дослідження – мінливість показників якості вод річки Дунай.

Методи дослідження. Результати досліджень узагальнені у вигляді таблиць які побудовані з використанням програми Excel. Крім того, використовувалися методи статистичного та порівняльно аналізу інформації.

Результати дослідження. Виконано аналіз хронологічної мінливості показників якості вод, визначено параметри законів розподілу цих показників, запропоновано методика прогнозування значень показників якості вод з заданою забезпеченістю.

Якість вод річки Дунай не відповідає вимогам санітарних норм до водних об'єктів комунально-побутового призначення по трьох показниках: BCK_{20} , ХСК та феноли, за рибогосподарськими нормами не відповідає вимогам нормативів майже по всіх показниках, окрім рН.

Результати дослідження можуть використовуватись при прогнозуванні фонових значень концентрації забруднювальних речовин з забезпеченістю на рівні європейських норм, що дозволить при нормуванні їх скидів дотриматись вимог цих норм у наступний період

Структура і обсяг роботи. Робота складається із вступу, трьох

розділів, висновків, переліку посилань, додатків. Робота містить 17 таблиць і 9 рисунків. Загальний обсяг роботи – 74 сторінок.

Ключові слова: гранично допустимий скид, забруднювальна речовина, водний об'єкт, фонові концентрації, фактичний скид.

SUMMARY

Argirov D.G. Development of a Methodology for Assessment of the Background Values of Water Quality Indices in the Calculation of Maximum Permissible Discharges (with the Danube River Taken as an Example)

Relevance of the research topic. The main difference between European water quality standards and domestic ones is to limit the number of exceedances of the standard for each indicator. For a certain period of time, the water quality of a water body meets the requirements of EU standards if the number of exceedances of the standard for each indicator is not more than $n \cdot$ of the total number of observations. According to sanitary norms - 10%, according to fishery - 5%. The urgent task is to ensure compliance with this requirement in the future

Goal. The purpose of this work is to ensure compliance with the requirements of EU standards in the future when calculating the maximum allowable discharges (GDS) of pollutants from wastewater. Development of a method for calculating the values of water quality indicators with a given security for the past and forecast periods of time.

Objectives of the study: on the example of the Danube-Vilkove to analyze the chronological variability of water quality indicators and to approximate their trends; determine the parameters of the laws of distribution of water quality indicators; develop a methodology for calculating the values of water quality indicators with a given security to assess water quality in accordance with EU standards for some past period of time, as well as to determine the background values of these indicators in calculating GDS to meet EU standards in the future during the forecast period.

The object of research is the quality of the waters of the Danube River near the town of Vilkove.

The subject of the study - the variability of water quality indicators of the Danube.

Research methods. The research results are summarized in the form of tables that are constructed using Excel. In addition, methods of statistical and comparative analysis of information were used.

Results of the research. The analysis of chronological variability of water quality indicators is performed, the parameters of the laws of distribution of these indicators are determined, the method of forecasting the values of water quality indicators with a given security is proposed.

The water quality of the Danube River does not meet the requirements of sanitary norms for water bodies for municipal purposes on three indicators: BSC20, HSC and phenols, according to fishery standards does not meet the requirements of standards on almost all indicators except pH.

The results of the study can be used to predict the background values of the concentration of pollutants with security at the level of European standards, which will allow the normalization of their discharges to comply with the requirements of these standards in the next period.

Structure and scope of work. The work consists of an introduction, three sections, conclusions, a list of references, appendices. The work contains 17 tables and 9 figures. The total volume of the work is 74 pages.

Key words: maximum allowable discharge, pollutant, water body, background concentration, actual discharge.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	9
ВСТУП.....	10
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДНОГО ОБ'ЄКТА.....	11
1.1 гідрологічні та кліматичні характеристики.....	13
1.2 Обробка фонових спостережень.....	16
2 НОРМИ ЯКОСТІ ПРИРОДНИХ ВОД.....	19
2.1 Основні показники якості природних вод.....	19
2.2 Санітарні норми якості вод.....	31
2.3 Рибогосподарські норми якості вод.....	35
2.4 Норми якості вод країн ЄС.....	38
2.5 Екологічні нормативи.....	46
3 СТАТИСТИЧНА ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ СПОСТЕРЕЖЕНЬ.....	48
3.1 Перевірка рядів на однорідність та хронологічна мінливість показників.....	48
3.2 Оцінка якості вод за санітарними та рибогосподарськими нормами.....	59
3.3 Прогноз значень показників.....	63
ВИСНОВКИ.....	67
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	69

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І
ТЕРМІНІВ

pH – водневий показник;

БСК₂₀ – біологічне споживання кисню за 20 діб;

ГДК – гранично допустима концентрація;

ГДС – гранично допустимий скид;

ЛОШ – лімітуюча ознака шкідливості;

СПАР – синтетичні поверхнево активні речовини;

ХСК – хімічне споживання кисню;

НП - нафтопродукти

Eh - Окисно-відновний потенціал

ВСТУП

Прагнення України до ЄС вимагає врегулювання нашого законодавства з європейським. Це стосується всіх галузей законодавства, в тому числі і охорони навколишнього середовища.

Основна відмінність європейських норм якості вод від вітчизняних полягає в обмеженні кількості перевищень нормативу за кожним показником. Тобто, за певний період часу якість вод водного об'єкта відповідає вимогам норм ЄС в тому випадку, якщо кількість перевищень нормативу за кожним показником не більш n_* від загальної кількості спостережень. За санітарними нормами – 10%, за рибогосподарськими – 5%.

Виникає питання – як забезпечити виконання цієї вимоги у майбутньому при розрахунках гранично допустимих скидів (ГДС) забруднювальних речовин зі стічними водами, коли не можливо підрахувати кількість перевищень ГДК?

Дотримання згаданої вимоги можливо при використанні значень показників із забезпеченістю (ймовірністю перевищення) F рівною n_* : при оцінці якості вод за минулий період часу та у наступній період часу як фон при розрахунках ГДС.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДНОГО ОБ'ЄКТА

Ріка Дунай є найбільшою в Центральній і Південно-Східній Європі й належить до басейну Чорного моря. За довжиною й площею водозбору Дунай – друга річка в Європі після Волги й займає 24-е місце серед річок Землі.

Загальна площа басейну річки Дунай становить 817 тис. км², що перевищує площу України (604 тис. км²) і становить 8% загальної території Європи. Найбільші притоки Дунаю, що беруть свій початок на території України – рр. Тиса, Прут, Серет формують близько 15 км³ води за рік. Це лише 7,3 % річного стоку Дунаю. По території України проходить невелика ділянка пониззя річки Дунай (170 км) від міста Рені до її гирла. Наближаючись до Чорного моря, річка вище румунського міста Тульча поділяється на три рукави: Кілійський, Сулинський та Георгіївський. Об'єм води в дельті Дунаю за руслами розподіляється так: Кілійське гирло – 58 %, Сулинське – 19 %, Георгіївське – 23 %. Найбільш багатководний з них Кілійський рукав (129 км³ /рік) проходить по прикордонній території Румунії і України [1].

У басейні Дунаю на одного жителя припадає вдвічі більше води, ніж у басейнах Дніпра й Дністра. У Західній Європі водопостачанням з Дунаю забезпечується 80 мільйонів людей.

Дунай – найбільш мутна річка Європи. Мутність дунайської води в районі м. Вилкове на рівні 850-880 і навіть 1300 г наносів у м³, а в осінньо-зимовий період, при мінімальному стоці, усього до 8 г, частіше 10-40 г. У придонному шарі – до 10 і більше кг у м³. Загальна маса твердого стоку річки становить від 45 до 85 млн. тонн у рік [2].

Загальний об'єм промислових, міських і сільськогосподарських стічних вод із усієї площі водозбірного басейну Дунаю в 90-ті роки ХХ ст. становив 20 км³ у рік або близько 10 % від стоку. Загальний водовідбір з водних

джерел басейну Дунаю в межах України рівний 2 км^3 , або 5,8 % загального водовідбору прісних вод в Україні. В озеро Сасик щорічно подається до 1 км^3 дунайської води для підтримання необхідної якості води опрісненого озера. Дунай дає майже половину загального об'єму стоку річок басейну Чорного моря [3].

Якісний склад води річок часто залежить від витрат та фази водного режиму. Виходячи з цього, розглянемо це питання більш детально для Нижнього Дунаю з врахуванням стоку, динаміки рівнів води, затоплення територій.

Пересічна витрата води річки Дунай $6460 \text{ м}^3/\text{с}$. Об'єм середньорічного стоку Дунаю рівний 203 км^3 . У посушливі роки водність Дунаю значно менша і річний стік становить від $123 \text{ км}^3/\text{рік}$ (1921 р.), у багатоводні зростає до $313 \text{ км}^3/\text{рік}$ (1941 р.). Найбільш багатоводними місяцями на Дунаї є квітень, травень, і червень: на частку кожного випадає до 10-12 % річного стоку. Мінімальним стік спостерігається у вересні - жовтні (5,5 - 6 %) річного стоку. Максимальні добові витрати води у весняне водопілля досягають 12-16 тис. м^3 . В межень вони знижуються до 1,3-1,5 тис. м^3 , тобто більше ніж в 10 раз [4].

В середині минулого століття почалося активне освоєння заплави нижнього Дунаю. Для захисту населених пунктів, портових споруд, промислових підприємств, сільгоспугідь, риборозплідних ставків і меліоративних об'єктів від затоплення в середині минулого століття уздовж українського берега Дунаю від м. Рені до м. Вилкове в 1955-1970 рр. був побудований комплекс протипаводкових гідротехнічних споруд загальною довжиною 239 км, у тому числі 215 км дамб і 13 шлюзів-регуляторів, призначених для водогосподарського менеджменту Придунайських озер [5].

Величезні ділянки заплави, розташовані між річкою і придунайськими озерами, були осушені і перетворені в сільгоспугіддя, а озера стали використовувати як водосховища для питного водопостачання, зрошення та

рибництва, для захисту прилеглих заплавних земель від затоплення та регулювання накопичення у водосовищах води для зрошення. Побудова дамби вздовж Дунаю (на відстані 100-150 м від річки) на ділянці Рені – Ізмаїл (55 км), де русло має найбільшу ширину (місцями до 1600 м і глибиною до 20 м), заблокувало природний водообмін з озерами і затоплення заплави. Велика частина заплави після 1960 рр. перетворена на сільськогосподарські угіддя які зрошуються водою якості (слабо забруднена) [6].

1.1 гідрологічні та кліматичні характеристики

Дунай має складний гідрологічний режим. Три його фази добре виражені: весняна повінь, літня та осіння повені, осінні та зимові маловодні періоди. Початок весняної повені в лютому-квітні; у верхній і середній частині Дунаю триває до травня, у нижній - до червня. Затоплення зазвичай починаються під час дощів та танення снігу в горах. Нерівномірний вплив цих факторів у різних частинах басейну призводить до різких коливань рівня води. Якщо хвилі повені або літні водопілля на великих притоках збігаються в часі, то вода Дунаю заливає заплаву. У другій половині літа спостерігається зниження рівня, що преривається невеликими підняттями від дощових паводків. Дощі в жовтні-листопаді є причиною осінньої повені. Теплі, талі зими викликають підйоми води, що часто пов'язані із заторами і призводять до затоплення прибережних рівнин. Під час холодної зими Дунай має найнижчі рівні води. Річна амплітуда коливань рівня води становить від 4,5-5,5 м поблизу міста Рені (Одеська область) до 6-8 поблизу м. Будапешт. Середньорічна витрата води: у верхів'ях (поблизу Регенсбурга, Німеччина) - 420, в середній течії (поблизу Відня) - 1900, в гирлі - 6430 м³/сек. Максимальне споживання води в пониззі становить близько 20 тис., мінімальне - 1800 м³/сек. Середній стік становить близько 203 км³ на рік (з них 123 км³ – Кілійським гирлом). Дунай замерзає лише в холодну зиму

протягом 1,5-2 місяців. Щорічно він несе в Чорне море близько 120 мільйонів тонн осадів та розчинених мінералів. Каламутність води в гирлі становить близько 200 г/м^3 . Вода гідрокарбонатна кальцієва з мінералізацією в пониззі: навесні - 360, влітку - 355, восени - 410, взимку - 445 мг/дм^3 [7].

Мережа гідрологічних спостережень. У районі басейну річки Дунай мережа гідрологічного моніторингу включає 60 гідрологічних постів, розташованих на 32 річках з 310 водотоками. З 60 гідрологічних постів 6 пунктів спостереження розташовані на річці Дунай у суббасейні Нижнього Дунаю, 40 гідрологічних постів встановлено на водотоках у суббасейні Тиси, 13 гідрологічних постів розташовано на річках басейну Прут і лише 1 гідрологічний пункт знаходиться в суббасейні Сірет.

Дунай має велике економічне значення для всіх придунайських країн. Річка судноплавна на ділянці 2500 км від гирла. Для поліпшення умов судноплавства була побудована мережа каналів, на деяких ділянках фарватер поглибили, здійснили обвалування берегів тощо. Дунайські канали з'єднані з басейнами Рейну, Ельби, Одрі та Чорного моря (зокрема, канал Дунай-Чорне море побудований в Румунії). здійснюють значні вантажні та пасажирські перевезення. Основними портами є: Регенсбург, Братислава, Відень, Будапешт, Белград, в межах України - Рені, Ізмаїл, Кілія, Вилково.

Щорічний вилов риби становить близько 600 тис. тонн. Гідроенергетичний потенціал нижнього Дунаю за звичайний рік за вмістом води становить близько 42 мільярдів кВт-год. На річці діють гідроелектростанції "Залізні ворота" та "Залізні ворота-2" (Сербія, Румунія), та каскад з 14-ти ГЕС в межах Австрії. Вода використовується для зрошення та водопостачання. В межах України утворюється близько $5,7 \text{ км}^3$ стоку; розташовані 8% площі її дельти та частина лівобережньої заплави. У пониззі розташовані група заплавних озер, серед них - Кагул, Ялпуг, Котлабух. Значна частина заплави та дельти ($74,1 \text{ тис. Га}$) затоплена під час повені та частково заболочена. В Україні побудовано першу чергу зрошувальної

системи Дунай-Дністер. У дельті створений Дунайський біосферний заповідник [8].

Транскордонний басейн Дунаю вже давно є об'єктом міжнародної співробітництва. Починаючи з 2-го поперху. 18 століття, було підписано ряд міжнародних угод про умови судноплавства. В останні десятиліття вони мають складний характер з екологічними сферами: "Декларація придунайських країн про співпрацю в галузі управління водними ресурсами Дунаю" (1985, Бухарест), "Конвенція про співробітництво з метою захисту та стійкого використання річки Дунай" (1994, Софія з жовтня 1998 р., ратифіковано 13 країнами Дунаю та ЄС, Україна - березень 2003 р.). Відповідно до останнього було створено робочий орган - Міжнародну комісію з охорони річки Дунай із постійним секретаріатом у Відні. з проблемами сучасного управління транскордонними басейнами з пріоритетом збереження навколишнього середовища. Є також інші установи з тематичним співробітництвом у басейні, зокрема Міжнародний Дунай Комісія з судноплавства (з 1954 р.), Міжнародна асоціація з вивчення Дунаю (з 1956 р.), Міжнародна асоціація гідротехнічних споруд в басейні Дунаю (з 1993 р.) та ін. Деякі види господарської діяльності. на річці (рибальство, гідроенергетика тощо) регулюються двосторонніми угодами про співпрацю між придунайськими країнами в акваторії та прилеглих територіях.

Кліматичні умови. Район басейну річки Дунай повністю розташований у помірних широтах і характеризується помірним кліматом, але його фрагментація визначає, що прояв помірного клімату буде різним для різних суббасейнів. Суббасейни річок Тиса, Прут і Сірет розташовані в лісовому Атлантико-континентальному районі, а суббасейн Нижнього Дунаю - у степовому Атлантико-континентальному районі. Значна частина суббасейнів річок Тиса, Прут та Сірет розташована в Українських Карпатах. У цій частині басейну річки Дунай в середньому випадає 1200 мм опадів, в окремі роки до 1650 мм. У межах Закарпатської низовини суббасейн річки Тиса може

приймати 690-1100 мм на рік, а в Карпатському регіоні - басейни Прут і Сірет - 650-890 мм. Для нижнього басейну Дунаю річна кількість атмосферних опадів коливається від 370 до 520 мм, однак у середньому вона становить 500 мм. Найбільша кількість атмосферних опадів випадає в теплу пору року (квітень-жовтень) - 60-70%. За цей період в Українських Карпатах припадає 800-1000 мм, в Закарпатській низовині - 550-600 мм, у Карпатах - 475-600 мм. У підбасейні Нижнього Дунаю в теплий період падає 275-325 мм. У холодний період року (листопад-березень) кількість опадів рідко перевищує 30-40% річної кількості. Так в Українських Карпатах у холодний період опускається до 500-600 мм. Закарпатська низовина займає до басейну Тиси до 250-300 мм. У Карпатському регіоні частини суббасейнів річок Прут і Сірет в холодний період падають до 175-300 мм. У суббасейні Нижнього Дунаю в місяць холодного періоду опускається до 200 мм. Тривалість снігового покриву коливається від 70 до 150 днів у суббасейнах річок Тиса, Прут та Сірет, де найбільша тривалість припадає на гірські частини цих суббасейнів. У нижньому басейні Дунаю літня тривалість снігового покриву рідко може перевищувати 40-50 днів. Розподіл температури повітря в районі басейну Дунаю також нерівномірний. Середня багаторічна температура повітря в нижньому басейні Дунаю є найбільшою в районі басейну річки Дунай - близько 10,5 градусів. У суббасейнах річок Тиса, Прут та Сірет в Українських Карпатах середньорічна температура становить близько 4,0 градусів, однак на південному заході гір середньорічна температура зростає до 8,0-9,0 градусів у межах Закарпатської низовини, суббасейн річки Тиси. На північний схід від гір, в межах Карпат, середньорічна температура повітря падає до 7,0 градусів. [8]

1.2 Обробка фонових спостережень

На основі результатів термінових спостережень за якістю вод р. Дунай –

м.Вилкове) з 2001 по 2017 рр. було складено банк даних за наступними 29 показниками якості: перманганатна окиснюваність води, вміст головних іонів (Ca^{2+} , Mg^{2+} , $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, HCO_3^- , Si , SO_4^{2-} , Cl^-), загальна мінералізація води, величина рН, вміст біогенних речовин (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-), загального фосфору ($\text{P}_{\text{заг}}$), сухий залишок, розчин кисню (O_2 , мг/дм³), біохімічне споживання кисню за 20 діб (БСК_{20}) та хімічне споживання кисню (ХСК), вміст важких металів (Fe , Cr_3^+ , Zn , Cu , Mn , Cr_6^+ , $\text{Cr}_{\text{заг}}$), фенолів, нафтопродуктів (НП), синтетичних поверхнево-активних речовин (СПАР), та фосфатів.

Характеристики рядів спостережень за показниками приведено в табл. 1

Таблиця 1 – Показники якості вод р.Дунай–м.Вилкове характеристики рядів спостережень (вихідні дані)

№	Показник	<i>n</i>	<i>C</i> _{МІН}	<i>C</i> _{СЕР}	<i>C</i> _{МАХ}	σ
1	HCO_3^- , мг/дм ³	178	130	179	234	21,5
2	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$, мг/дм ³	175	6,4	20,0	41,2	5,84
3	Ca^{2+} , мг/дм ³	177	35,7	52,3	72,6	6,96
4	Mg^{2+} , мг/дм ³	177	7,8	13,7	21,8	2,38
5	SO_4^{2-} , мг/дм ³	176	25,5	37,1	62,0	6,10
6	Сух. залишок, мг/дм ³	177	213	289	388	35,8
7	Cl^- , мг/дм ³	178	17,6	28,5	47,3	5,53
8	Мінералізація, мг/дм ³	160	256	334	434	39,2
9	<i>pH</i>	176	7,5	8,0	8,5	0,163
10	NH_4^+ , мг/дм ³	177	0,026	0,158	0,68	0,123
11	БСК_{20} , мг/дм ³	160	0,9	3,88	10,7	1,88
12	<i>Si</i> , мг/дм ³	156	0,2	3,26	6,3	1,23
13	NO_3^- , мг/дм ³	177	0,75	5,18	10,9	2,34
14	NO_2^- , мг/дм ³	177	0,006	0,0694	0,330	0,0460
15	Перм. окисл., мг/дм ³	160	2,3	3,643	6,2	0,763
16	Розчин. O_2 , мг/дм ³	168	5,8	9,30	13,5	1,87
17	Фосфати, мг/дм ³	176	0,028	0,147	0,40	0,0540
18	<i>P</i> (заг.), мг/дм ³	177	0,016	0,0687	0,38	0,0343
19	ХСК , мг/дм ³	159	5,8	17,5	65,7	6,35
20	АПАР , мг/дм ³	163	0,001	0,0566	0,45	0,0719
21	<i>Fe</i> , мг/дм ³	176	0,004	0,0673	0,47	0,0661
22	<i>Mn</i> , мг/дм ³	141	0,01	0,0517	0,38	0,0502

№	Показник	n	СМН	ССЕР	СМАХ	σ
23	<i>Cu</i> , мг/дм ³	109	0,001	0,00301	0,016	0,002559
24	<i>НП</i> , мг/дм ³	174	0,005	0,0219	0,325	0,028496
25	Феноли, мг/дм ³	123	0,001	0,00150	0,008	0,000978
26	<i>Cr</i> ₃ ⁺ , мг/дм ³	87	0,001	0,00182	0,005	0,001018
27	<i>Cr</i> ₆ ⁺ , мг/дм ³	150	0,001	0,00174	0,005	0,000878
28	<i>Cr</i> (заг.), мг/дм ³	106	0,001	0,00310	0,006	0,00124
29	<i>Zn</i> , мг/дм ³	68	0,001	0,0163	0,056	0,0130

2 НОРМИ ЯКОСТІ ПРИРОДНИХ ВОД

ГДК забруднюючих речовин виконують важливу функцію стандарту якості води, яка повинна забезпечувати здоров'я людей та інших живих організмів (водних організмів), а також регулювати скидання забруднюючих речовин у водне середовище.

Поняття ГДК базується на концепції порогу дії хімічних речовин. Відповідно до цієї концепції, для кожної речовини, яка спричиняє певні несприятливі зміни в організмі, існують і можуть бути знайдені такі концентрації, при яких зміни навіть найчутливіших показників стану (функції) організму будуть мінімальними (обмежуваними). При менших концентраціях речовина не чинить шкідливого впливу, і її присутність у водному середовищі в кількості, що не перевищує цих концентрацій, можна вважати безпечною.

Протягом тривалого часу були розроблені та використані два типи нормування ГДК - санітарно-гігієнічне та рибогосподарське.

2.1 Основні показники якості природних вод

Якість природних вод встановлюється показниками, які можуть бути представлені одним показником або цілою сукупністю показників.

Сукупність показників за їх характеристиками можна розділити на різні групи. За характеристикою показників вони можуть бути : 1) загальні та специфічні; 2) фізичні, хімічні та біологічні; 3) прості, групові та комплексні[9].

За своїм призначенням показники можна поділити на основні та додаткові, лімітуючі та репрезентативні. Також показники, що характеризують водне середовище, можуть бути кількісними, якісними та змішаними.

Кількісні показники (абсолютні та відносні, розмірні та безрозмірні) чисельно характеризують склад і властивості води. Концентрація речовини у воді, зазвичай, є абсолютним (розмірним) показником. Найчастіше він має вагову форму з розмірністю мг/дм^3 , г/м^3 , рідше - мкг/дм^3 , нг/дм^3 . Кількість плаваючих домішок, включаючи масляні плівки та агрегатів (грудочок), характеризується концентрацією з розмірами мг/м^2 , мкг/м^2 та нг/м^2 . Крім того, цей показник може бути відносним (безрозмірним) - солоність морської води (‰) [9].

Якісні показники - це словесна характеристика природних вод (за токсинною водою вони можуть бути оліго-, мезо- або політоксобнімними).

Змішані показники - словесні та числові характеристики («прісна» - це вода з мінералізацією до 1 г/дм^3).

Один показник, що характеризує якість води в цілому, як правило, є якісним або змішаним (комплексним).

Кожен показник одночасно включається в різні групи. Наприклад, температура - загальний, фізичний, простий, кількісний показник; мінералізація - загальний, хімічний, груповий, змішаний показник; тропічність - загальний, біологічний, складний, якісний показник; нафтопродукти - специфічний, хімічний, груповий, кількісний показник [9].

Розглянемо деякі групи показників.

Загальні показники характерні для будь-яких водних об'єктів. Більшість з них обов'язково включаються в програми спостереження за якістю води. Деякі показники виділено окремо у санітарних та рибогосподарських стандартах. Перелік загальних вимог до складу та властивостей води у водних об'єктах для господарсько-питного та комунально-побутового призначення включає такі показники: зважені тверді речовини, плаваючі домішки, колір, запахи, присмаки, температура, рН, мінералізація, розчинений кисень, БСК_{повн}, ХПК, хімічні речовини, збудники захворювань, лактозопозитивна кишкова паличка (ЛКП), коліфаги.

Загальні вимоги до складу та властивостей води у водних об'єктах для рибогосподарських цілей включають усі перераховані показники (крім ХПК, ЛКП та коліфагів; вони не стандартизовані в рибогосподарських стандартах) і додатково такий показник, як токсичність [9].

Специфічні показники зумовлені місцевими природними умовами, а також особливостями антропогенного впливу на водний об'єкт (феноли, нафтопродукти, важкі метали, пестициди, синтетичні поверхнево-активні речовини тощо). Перелік санітарно-гігієнічних та рибогосподарських ГДК для речовин включає деякі загальні та всі специфічні характеристики [9].

Загальні показники іноді називають основними. Однак цей термін найчастіше використовується у випадках, коли мова йде про показники, значення яких суттєво (у кілька разів) перевищують нормативи. Такі показники, насамперед, слід включати до програм моніторингу якості води у розглянутому водному об'єкті. Тому, основні це показники, які мають пріоритет при організації спостережень. Ця група може поєднувати як загальні, так і специфічні показники.

Додаткові показники разом з основними складають повні або розширені програми спостереження.

Фізичні показники якості характеризують властивості вод. Усі ці показники є загальними [10].

Забарвлення (кольоровість). Збабарвлення води визначається вмістом органічних (забарвлених) сполук. Речовини, що визначають колір води, потрапляють у воду в результаті вивітрювання гірських порід, внутрішніх дренажних процесів, з підземним стоком, із антропогенних джерел. Інтенсивне забарвлення знижує органолептичні властивості води, зменшує вміст розчиненого кисню. Забарвлення вимірюється в градусах.

Запах. Запах води створюється специфічними речовинами, які потрапляють у воду в результаті життєдіяльності водних організмів, розкладання органічних речовин, хімічної взаємодії компонентів, що

знаходяться у воді, та надходжень із внутрішніх (алохтонних) джерел. Запах води вимірюється в балах.

Температура води. В умовах водних об'єктів температура є результатом одночасної дії сонячного випромінювання, теплообміну з атмосферою, переносу тепла течіям, перемішання водних мас і припливу підігрітих вод із зовнішніх джерел. Температура впливає майже на всі процеси, від яких залежать склад і властивості води. Температура води вимірюється в градусах Цельсія ($^{\circ}\text{C}$).

Прозорість. Прозорість води залежить від ступеня розсіювання сонячного світла у воді речовинами органічного та мінерального походження, що знаходяться у воді в завислому та колоїдному стані. Прозорість визначає перебіг біохімічних процесів, які потребують освітлення (первинне продукування, фотоліз). Прозорість вимірюється в сантиметрах.

Провідність - це числовий вираз здатності водного розчину проводити електричний струм. Електропровідність природної води в основному зумовлена концентрацією розчинених мінеральних солей та температурою. Одиниця виміру – мілісіменс/см (мСм/см). Природні води - це суміш розчинів електролітів. Мінеральна частина розчинів складається з іонів Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- . Саме вони визначають електропровідність природних вод. Рівень електропровідності природної води приблизно орієнтований на рівень її мінералізації [9].

Окисно-відновний потенціал (Eh) - міра хімічної активності елементів або їх поєднання в зворотних хімічних процесах, пов'язаних зі зміною заряду іонів у розчинах. Значення окисно-відновних реакцій вимірюються у вольтах (мілівольтах). У природній воді значення Eh коливається від 400 до +700 мВ. Визначається сукупністю окислювальних та відновних процесів, і в умовах рівноваги воно характеризує середовище для всіх елементів зі зміненою валентністю. Встановивши окисно-відновний потенціал, ми також визначаємо умови, за яких можлива міграція металів. Що стосується

окислювально-відновного потенціалу, існує кілька типів ситуацій у природних водах:

- окислювальний тип - зі значеннями Eh (+ 100-150) мВ та наявністю вільного O^2 , а також низкою елементів найвищого рівня валентності (Fe^{3+} , Mo^{6+} , As^{5+} , V^{5+} , U^{6+} , Sr^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{4+})

- перехідний окисно-відновний тип - зі значеннями Eh (+0-100) мВ, нестабільний геохімічний режим при змінних концентраціях H_2S та O^2 . За цих умов відбуваються слабкі окислення та відновлення металів;

- відновлювальні - характеризуються негативними значеннями Eh за наявності низьковалентних металів у підземних водах (Fe^{2+} , Mn^{2+} , Mo^{4+} , V^{4+} , U^{4+}), а також N_2S [9].

Біологічні показники якості показують кількість живих організмів у воді, а також загальний стан води. Ці показники показані бактеріологічними та гідробіологічними препаратами. Як і фізичні показники, вони є загальними. Біологічні показники ділять на бактеріологічні та гідробіологічні [10].

Бактеріологічні показники характеризують забруднення води патогенними мікроорганізмами. До найважливіших бактеріологічних показників належать: колі-тітр - це найменший об'єм води, який припадає на одну кишкову паличку, а колі-індекс - абсолютна кількість кишкових паличок в 1 $дм^3$ води; лактозопозитивні кишкові палички (ЛКП); кількість коліфагів [9].

Гідробіологічні показники дають можливість оцінити якість води за кількістю окремих видів водних організмів(гідробіонтів) . Зміни видового складу водних екосистем можуть відбуватися при такому слабкому забрудненні водою, що не виявляється якимись іншими методами. Тому гідробіологічні показники є найбільш чутливими.

До них належать такі показники: загальна маса особин усіх видів; кількість особин одного виду; сапробність; трофність; різні показники

видового різноманіття та інші.

Сапробність - це ступінь насичення води органічними речовинами, які, як правило, не мають токсичної дії. Відповідно до цього підходу водні об'єкти (або їх ділянки) залежно від вмісту органічної речовини поділяються на полісапробні, мезосапробні та олігосапробні; найбільш забрудненими є полісапробні водойми. Кожен рівень сапробативності має свій набір індикаторних організмів-сапробів. На основі індикаторної значущості організмів та їх кількості розраховується індекс сапробності, згідно з яким визначається рівень сапробності [9].

Трофізм - ступінь первинної біологічної продуктивності водних екосистем, що визначається вмістом фосфору, азоту та інших біогенних елементів у воді та комплексом гідрологічних, гідрохімічних, гідробіологічних та інших факторів). Води можуть бути низькими (оліготрофні), середніми (мезотрофні), підвищеними (евтрофні), високими (політрофні) і дуже високим (гіпертрофні) первинним продукуванням [9].

Хімічні показники характеризують склад природних вод. Вони можуть бути [10] загальними та специфічними. Загальні хімічні показники включають такі показники якості води:

Завислі речовини. Джерелами зважених твердих речовин можуть бути процеси ерозії ґрунту та гірських порід, ерозія донних відкладень, продукти метаболізму та розпаду водних організмів, продукти хімічних реакцій та антропогенні об'єкти. Завислі речовини впливають на глибину проникнення сонячного світла, погіршують життєдіяльність водних організмів, призводять до замулення водойм, викликаючи їх екологічне старіння (евтрофікацію). Вміст зважених твердих речовин вимірюється в г/м^3 (мг/дм^3) [9].

Водневий показник (рН). У природних водах концентрація іонів водню залежить головним чином від співвідношення концентрації вугільної кислоти та її іонів. Гумінові кислоти, які присутні в кислих ґрунтах і, особливо, у болотних водах, а також гідроліз солей важких металів також є джерелами

іонів водню у воді. Розвиток водних рослин залежать від рН.

Мінералізація води визначається насамперед загальним вмістом основних іонів: Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- . Якщо в прісних водоймах найчастіше спостерігається співвідношення: $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$ і $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+$, то для солоноватої та морської води співвідношення змінюються в зворотному порядку ($\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^-$; $\text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+}$) [9].

Як висока, так і надмірно низька солоність води негативно впливають на людей та водні організми.

Жорсткість - властивість природної води, яка в цілому обумовлена розчиненими у ній солям кальцію та магнію. Кальцій і магній складають більшість мінералів, що утворюють поверхневі шари. У природних умовах іони кальцію, магнію та інших лужноземельних металів потрапляють у воду через взаємодію CO_2 , розчиненого у воді з карбонатними мінералами. Мікробіологічні процеси в ґрунтах у водозборі або в донних відкладах або у зворотних водах також можуть бути джерелом цих іонів. Загальна твердість визначається загальним вмістом солей кальцію і магнію. Він підрозділяється на тимчасовий (карбонатний) та постійний (некарбонатний). Тимчасова твердість обумовлена концентрацією бікарбонатів кальцію та магнію - $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, постійна твердість обумовлена концентрацією солей кальцію та магнію сильних кислот (CaSO_4 , CaCl_2 , MgSO_4 , MgCl_2) розчинених у воді. При кип'ятінні бікарбонати перетворюються на карбонати і випадають в осад. Тому карбонатну твердість називають тимчасовою або переборною. Твердість, що залишається після кип'ятіння, називається постійною. Твердість коливається в широких межах. Рекомендованою одиницею SI для вимірювання твердості є моль/м³ або ммоль/дм³. Крім того, твердість вимірюється в мг-екв /дм³ [9].

Розчинений кисень. Основними джерелами подачі кисню до водойм є газообмін з атмосферою (атмосферна реакція), фотосинтез, а також дощові та талі води, які, як правило, перенасичені киснем. Окисні реакції є основними

джерелами енергії для більшості водних організмів. Основне споживання розчиненого кисню відбувається під час дихання водних організмів та окислення органічних речовин мікроорганізмами. Низький вміст розчиненого кисню (анаеробні умови) впливає на весь комплекс біохімічних та екологічних процесів у водному об'єкті.

Біохімічне споживання кисню (БСК). БСК визначається як кількість кисню, споживаного мікроорганізмами під час окислення органічних речовин, що містяться в одиниці об'єму води протягом певного періоду часу. На практиці БСК оцінюється через п'ять днів (БСК₅) і через двадцять днів (БСК₂₀). Зазвичай БСК₂₀ інтерпретується як повний БСК (БСК_{повн}), ознакою якого є початок процесів нітрифікації у зразку води. БСК - це оцінка загального забруднення води органічними речовинами [9].

Біохімічне споживання кисню (ХСК). ХСК визначається як кількість хімічного окислювача в перерахунку на кисень, необхідний для окислення органічних та мінеральних речовин, що містяться в одиниці об'єму води. При визначенні ХСК використовують біхромат калію ($K_2Cr_2O_7$). Перш за все, значення ХСК дозволяє судити про забруднення води органічними речовинами, але, за як і БСК, воно не надає інформації про склад забруднення [9].

Азот. Азот можна знайти в природних водах у вигляді вільних молекул N_2 та різних сполук у розчиненому, колоїдному або завислому стані. У загальному азоті природних вод прийнято відокремлювати органічну та мінеральну форми. Основними джерелами споживання азоту є внутрішньоводоймові процеси, газообмін з атмосферою, опади та антропогенні джерела. Під час кругообігу азоту різні форми азоту можуть перетворюватися одна на одну. Високий вміст азоту прискорює процеси евтрофікації водойм.

Фосфор. У вільному стані фосфору в природних умовах немає. У природних водах фосфор міститься у вигляді органічних та неорганічних

сполук. Основна частина фосфору знаходиться узавислому тані. Сполуки фосфору потрапляють у воду в результаті внутрішніх мулово-водних процесів, вивітрювання та розчинення гірських порід, обміну з донними відкладами та з антропогенних джерел. На вміст різних форм фосфору впливають процеси його циркуляції. На відміну від азоту, цикл фосфору є незбалансованим, що обумовлює його нижчий вміст у воді. Тому фосфор часто виявляється тим біогенним елементом, вміст якого визначає характер виробничих процесів у водних об'єктах.

Найбільш поширені **специфічні хімічні показники** якості води включають такі [9]:

Феноли (C_6H_5OH). Вміст фенолів у воді, поряд з надходженням їх з антропогенних джерел (стічних вод підприємств), може визначатися метаболізмом водних організмів та біохімічним перетворенням органічних речовин. Джерелом фенолів є гумінові речовини, що утворюються в ґрунтах і на торфовищах. Феноли чинять токсичну дію на гідробіонтів та погіршують органолептичні властивості води.

Нафтопродукти (НП) - це суміш вуглеводнів різних класів, а також неуглеводних компонентів (асфальтени, смоли). Джерелами надходження нафтопродуктів є стічні води під час їх видобутку, переробки та транспортування, а також стічні зворотні води. Незначна кількість нафтопродуктів може бути виділена в результаті внутрішніх процесів стічних вод. Вуглеводні в нафтопродуктах мають токсичну та, певною мірою, наркотичну дію на живі організми, впливаючи на серцево-судинну та нервову системи.

Поверхнево-активні речовини (ПАР) - хімічні речовини, що знижують поверхневий натяг рідини, полегшуючи її розповсюдження, включаючи зниження поверхневого натягу на межі розділу двох рідин.. Переважна більшість ПАР, які потрапляють у воду, є синтетичними (СПАР). СПАР надає токсичну дію на водні організми та людей, погіршує газообмін водного

об'єкта з атмосферою та зменшує інтенсивність внутрішньоводних басейнових процесів, погіршують органолептичні властивості води. СПАР відноситься до речовин, які повільно розкладаються.

Пестициди - це загальні назви хімічних речовин, що використовуються для боротьби з небажаними рослинами, тваринами (комахами) та мікроорганізмами. Згідно з офіційним документом (Пестициди. Терміни та визначення. ДСТУ 3180-95. Держстандарт України, Київ, 1996), до пестицидів належать речовини (суміш речовин) хімічного або біологічного походження, що використовуються для боротьби з організмами, що завдають шкоди сільськогосподарським культурам або запасам сільськогосподарської продукції, для знищення небажаної рослинності, збудників хвороб та переносників хвороб тварин і рослин, а також для регулювання розвитку. Основним джерелом їх надходження є поверхневий та дренажний стік із сільськогосподарських територій. Пестициди мають токсичну, мутагенну та кумулятивну дію і повільно розкладаються [9].

Важкі метали - це хімічні елементи, атомна маса яких зазвичай перевищує масу заліза (55 847). Їх частка бере активну участь у біохімічних процесах, будучи частиною багатьох ферментів, але частка їх (Pb, Cu, Hg, Zn, Ni, Cd, Co, Sb, Sn, Bi та ін.) забруднює навколишнє середовище та чинять токсичну дію на біоту. Важкі метали містяться у водних об'єктах у вигляді вільних (гідратованих) іонів, складних сполук різної природи та у складі зважених твердих речовин [9].

При розгляді питання гідрохімічних показників якості води використовуються такі поняття, як лімітуючі (нормовані) та репрезентативні показник якості води [11].

Лімітуючі показники - це всі показники, за якими визначається якість води, тобто всі речовини, для яких визначаються ГДК. Граничні показники встановлюються з використанням певного типу водокористування, їх перелік міститься у стандартах: для господарсько-питного та комунальнопобутового

водокористування використовується відповідний набір речовин та ГДК; для рибогосподарських - власний перелік речовин та їх гранично допустима концентрація. Усі обмежувальні показники поділяються на три групи відповідно до лімітуючої ознаки шкідливості (ЛОШ) для господарсько-питного та комунально-побутового водокористування та на п'ять груп для рибогосподарського [9].

Поряд із встановленим лімітуючих показників потрібно визначати репрезентативні гідрохімічні показники, які допомагають оцінити забруднення, спричинені викидом конкретних видів стічних вод.

Репрезентативний набір це набір гідрохімічних показників притаманних для стічних вод певного виробництва. Існують репрезентативні показники для целюлозно-паперової, нафтопереробної, сланцевої та інших галузей промисловості, а також показники будівельних та промислових стічних вод у великих містах. Ці показники дають змогу спостерігати зміну якості води під впливом господарської діяльності і комунально-побутових стічних вод міст (під впливом антропогенних факторів).

При вирішенні цього питання виділяють два основних типи забруднення поверхневих вод: 1) забруднення, спричинені перенакопиченими скидами стічних вод; 2) порушення природного стану води під впливом джерел забруднення, що не відображається в обліку (малі припливи забруднених вод, опади та вимивання забруднюючих речовин з різних шарів ґрунту) [9,16].

Мутність як показник якості води. Завислі речовини (мутність) у річкових потоках та стічних водах можуть мати природне та техногенне походження [11]. Природними називають завислі речовини, мінеральний склад яких не змінюється в результаті виробничої діяльності людини. Живі організми, що мешкають у водних об'єктах, пристосовані до мінерального складу цих речовин та до їх кількісних змін у водному середовищі, якщо ці зміни спричинені природними факторами. Техногенні зважені тверді

речовини є результатом людської виробничої діяльності. Їх мінеральний склад відрізняється від складу завислих речовин, що містяться у природі. Вміст цих речовин у водному середовищі не є звичним для живих організмів і повинен чітко регулюватися.

У зв'язку з цим при нормуванні скидів стічних вод, що містять зважені тверді речовини, можна виділити два підходи.

Перший підхід полягає у суворому регулюванні в контрольному створі величини перевищення природної мутності для всього діапазону її змін. Цей підхід застосовується для стандартизації скидів стічних вод з використанням техногенних завислих речовин. Значення перевищення мутності над природною за санітарними та рибогосподарськими нормами становить 0,25 або 0,75 мг/дм³.

Другий підхід заснований на порівнянні перевищення мутності в контрольному створі з фоновією мутністю річкового потоку. Застосовується лише для стічних вод, що містять завислі речовини, природно походження. Стандарти для нього ще не розроблені.

Як характеристику допустимого перевищення в контрольному створі зміненої мутності над фоном пропонується використовувати точність вимірювання мутності існуючими в даний час методами. Похибка у визначенні мутності становить 10 - 25% від вимірюваного значення.

Для малих значень каламутності рекомендується використовувати верхню межу точності вимірювання, для великих значень - нижню (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Припустиме перевищення мутності над фоном [13]

Діапазон зміни фоновієї мутності, мг/дм ³	Похибка виміру нижньої межі діапазону, %	Похибка виміру верхньої межі діапазону, %	Припустиме перевищення мутності над фоновією, мг/дм ³
≤ 10	–	25	2,5
10 – 100	25	20	2,5 – 20,0
100 – 500	20	15	20,0 – 75,0
500 – 2000	15	10	75,0 – 200
> 2000	10	–	200

Якщо скидання зважених речовин неможливо регулювати (привести його у відповідність до режимними характеристиками річки), то допустимі відхилення слід оцінювати відповідно до характеристик меженної мутності, приймаючи останню за фонове значення.

Під фоновими характеристиками якості води розуміють ті характеристики, які визначаються загальними умовами формування якості води і властиві розглянутому водотоку та його водозбірному басейну.

Залежно від умов вирішуваної задачі гідрохімічний фон потоку можна представити наступним чином [14].

1) природний фон, що характеризує якість води у водному об'єкті, гідрохімічний режим якого не порушено виробничою діяльністю людини вище розглянутого створу;

2) змінений фон характеризує якість води у водному об'єкті, гідрохімічний режим якого порушено виробничою діяльністю людини в результаті зміни умов формування якості води в басейні або численних неорганізованих скидів стічних вод;

3) умовний фон є характеристикою якості води вище розглянутого створу, він враховує всі типи антропогенного впливу, включаючи організовані скиди стічних вод, якщо вони не враховані у вирішенні конкретної задачі.

Під фоновією мутністю річкового потоку розуміють природну мутність, спричинену природними факторами формування стоку завислих осадів у мкжах басейну, долини та русла річки.

2.2 Санітарні норми якості вод

Санітарні норми використовують при оцінці якості вод для господарсько-питних та комунально-побутових цілей. Відповідно до цих стандартів (як і до інших стандартів), якість води оцінюється методом

детального аналізу, заснованого на порівнянні значення кожного показника з усього набору з його нормативом.

Господарсько-питна вода включає використання водних об'єктів як джерел централізованого побутового питного водопостачання, а також для водопостачання підприємств харчової промисловості. До комунально-побутових послуг відноситься використання водних об'єктів для купання, спорту та відпочинку населення.

Норми якості води водних об'єктів включають: загальні вимоги до складу і властивостей води водних об'єктів, які використовуються для розглядуваних видів водокористування (табл. 2.1); перелік ГДК речовин у воді водних об'єктів, які використовуються для господарчо-питних та комунально-побутових потреб (табл. 2.2).

У переліках ГДК зазначаються: повна назва речовини, лімітуюча ознака шкідливості (ЛОШ), нормативне числове значення (норматив) та клас небезпеки. У переліку санітарно-гігієнічних ГДК речовини поділені на три групи за ЛОШ: перша група об'єднує речовини з санітарнотоксикологічною ЛОШ; друга – з органолептичною ЛОШ; третя – із загально-санітарною ЛОШ [9,18].

При оцінці якості води показники розподіляються на дві частини: перша – показники без ефекту сумарної дії; інша – з ефектом сумарної дії.

За санітарними нормами у групи сумації об'єднують показники, нормовані з ЛОШ 1 і 2 класу небезпеки. Решта показників, нормованих без ЛОШ або з ЛОШ, але 3 і 4 класу небезпеки, не мають ефекту сумарної дії [6].

Якщо вимоги норм не виконуються хоча б по одному з показників, то водний об'єкт або його ділянка вважаються забрудненими.

У випадку використання водного об'єкта для різних видів водокористування до якості його води ставляться вимоги того виду, у якого найбільш жорсткі норми.

При господарсько-питному та комунально-побутовому використанні водних об'єктів норми якості води [12] повинні дотримуватись: 1) у водотоках – на ділянці в 1 км вище за межу району водокористування (контрольний створ розташовується на відстані 1 км); 2) у водоймах – на відстані 1 км від меж району водокористування в усі боки.

Таблиця 2.1 – Загальні вимоги до складу і властивостей води водотоків у місцях господарсько-питного та комунально-побутового водокористування[12]

Показник	Водокористування	
	господарсько-питне	комунально-побутове
1	2	3
Завислі речовини	<p>При скиді зворотних (стічних) вод конкретним водокористувачем, проведенні роботи на водному об'єкті і у прибережній зоні вміст завислих речовин у контрольному створі (пункті) не повинен збільшуватись порівняно з природними умовами більш, ніж на $0,25 \text{ мг/дм}^3$ $0,75 \text{ мг/дм}^3$</p>	
Примітка:	<p>Для водотоків, які містять у межах більше 30 мг/дм^3 природних завислих речовин, припускається збільшення їх вмісту у воді в межах 5%.</p> <p>Зворотні (стічні) води, які містять завислі речовини зі швидкістю осадження більшою ніж $0,2 \text{ мм/с}$, забороняється скидати у водойми, з більшою $0,4 \text{ мм/с}$ – у водотоки.</p> <p>Вміст у воді антропогенних завислих речовин (пластівці гідроксидів металів, що утворюються під час очищення стічних вод, часточки азбесту, капрону, лавсану тощо) нормується у відповідності з правилами охорони поверхневих вод.</p>	
Плаваючі домішки	<p>На поверхні води не повинні виявлятися плівки нафтопродуктів, масел, жирів та скупчення інших домішок.</p>	
Забарвлення	Не повинне виявлятися у стовпчику 20 см	10 см

Продовження табл. 2.1

Запахи, присмаки	Вода не повинна набувати запахів інтенсивністю більшою за 1 бал, які виявляються : безпосередньо або при подальшому хлоруванні		Безпосередньо
БСК _П	Не повинне перевищувати при температурі 20 ⁰ С 3 мгО ₂ /дм ³		–
Температура	Літня температура води у результаті скиду стічних вод не повинна підвищуватись більш як на 3 ⁰ С порівняно з середньомісячною температурою води найжаркішого місяця року за останні 10 років		
рН	Не повинен виходити за межі 6,5 – 8,5		
Мінералізація	Не більше 1000 мг/дм ³ , у тому числі хлоридів – 350 мг/дм ³ , сульфатів – 500 мг/дм ³		
Розчинений кисень	Не повинен бути менше 4 мг/дм ³ у будь-який період року		
ХСК	Не повинен перевищувати 15 мгО ₂ /дм ³		30 мгО ₂ /дм ³
Хімічні речовини	Не повинні міститись у воді водотоків та водоймищ у концентраціях, які перевищують нормативи, встановлені у відповідності з правилами охорони поверхневих вод.		
Збудники хвороб	Вода не повинна містити збудників хвороб, в тому числі життєздатні яйця гельмінтів (аскарид, волосоголовців, токсокор, фасциол), онкосфери тенеїд та життєздатні цисти патогенних кишкових найпростіших.		
Лактозопозитивні кишкові	10 000 дм ³		5 000 дм ³
палички (ЛКП) не більше	100 в 1 дм ³		

Таблиця 2.2 – ГДК забруднювальних речовин у водних об'єктах господарсько-питного призначення [12]

№ п/п	Показник	ЛОШ	Клас Небезпеки	ГДК
1	2	4	5	6
1	Завислі речов., мг/дм ³	-	-	фон+0,25
2	pH	-	-	6,5-8,5
3	Розчин. кисень, мг/дм ³	-	-	4,0
4	ХСК, мг/дм ³	-	-	15
5	БСК _п , мг/дм ³	-	-	3,0
6	Мінералізація, мг/дм ³	-	-	1000
7	Азот амонійний,	сан.-токс.	3	2,0
8	Азот нітратний, ³	сан.-токс.	3	10,2
9	Хром (VI), мг/дм ³	сан.-токс.	3	0,05
10	Залізо, мг/дм ³	органолепт.	3	0,3
11	Хлориди, мг/дм ³	органолепт.	4	350
12	Сульфати, мг/дм ³	органолепт.	4	500
13	Мідь, мг/дм ³	органолепт.	3	1,0
14	Марганець, мг/дм ³	органолепт.	3	0,1
15	Нафтопродукти,	органолепт.	4	0,3
16	Феноли, мг/дм ³ ³	органолепт.	4	0,001
17	СПАР, мг/дм ³	органолепт.	4	0,5
18	Цинк, мг/дм ³	загальносан.	3	1,0
19	Азот нітритний,	сан.-токс.	2	1,0
20	Кремній, мг/дм ³	орг.-лепт.	2	10
21	Натрій, мг/дм ³	орг.-лепт.	2	200

Якщо природні властивості і склад води не відповідають нормам водокористування, то ці природні властивості та склад води повинні витримуватись у місцях водокористування.

2.3 Рибогосподарські норми якості вод

До рибогосподарського водокористування належить використання водних об'єктів для проживання, розмноження та міграції риб і інших гідробіонтів [12].

Рибогосподарські водні об'єкти можуть бути трьох категорій:

- до вищої категорії відносять місця розташування нерестовищ, масового нагулу та зимових ям особливо цінних видів риб та інших водних організмів, а також водойм для штучного розведення риб та інших водних організмів;

- до першої категорії належать водні об'єкти, що використовуються для збереження та відтворення цінних видів риб з високою чутливістю до вмісту кисню;

- до другої категорії належать водні об'єкти, що використовуються для інших рибогосподарських цілей.

Норми якості води для водних об'єктів включають: загальні вимоги до складу та властивостей води у водних об'єктах, що використовуються для розглянутих видів водокористування; перелік ГДК для речовин у воді водойм, що використовуються для рибогосподарських цілей.

У списках ГДК вказується повна назва речовини, ЛОШ і нормативне числове значення (норма).

У переліку рибогосподарських ГДК речовини поділені на п'ять груп за ЛОШ: у три перші групи об'єднані речовини за такими ж ЛОШ, що і у переліку санітарно-гігієнічних ГДК; четверту групу складають речовини з токсикологічною ЛОШ; п'яту – з рибогосподарською ЛОШ [9].

При оцінці якості води значення показників (виміряних або розрахованих) зіставляють з нормативами.

У відповідності з рибогосподарськими нормами ефект сумарної дії мають усі речовини з однаковою ЛОШ.

Показники, які нормовані без ЛОШ, не мають ефекту сумації.

Якщо вимога норм не виконується хоча б по одному з показників, то водний об'єкт або його ділянка вважаються забрудненими.

При рибогосподарському використанні водного об'єкта норми якості води повинні виконуватись в усьому водному об'єкті, починаючи з контрольного створу, який визначається у кожному конкретному випадку

органами охорони навколишнього природного середовища України, але не далі як за 500 м від місця скиду стічних вод [12].

Розроблені слідом за санітарно-гігієнічними ГДК рибогосподарські нормативи стали логічним доповненням до водного санітарного законодавства. «Правила охорони поверхневих вод від забруднення стічними водами» і «Правила санітарної охорони морів» містять ГДК шкідливих речовин для водних об'єктів господарсько-питного, комунально-побутового водокористування і для рибогосподарських водойм.

Рибогосподарські і санітарно-гігієнічні ГДК істотно відрізняються (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Рибогосподарські і санітарно-гігієнічні ГДК деяких речовин

Забруднювальна речовина	Рибогосподарські ГДК		Санітарно-гігієнічні ГДК	
	ЛОШ	ГДК, мг/дм ³	ЛОШ	ГДК, мг/дм ³
Аміак	токсикологіна	0,05	загальносанітарна	2,0
Анілін	–“–	0,0001	санітарно-токсик.	0,1
Гексахлоран	–“–	0,01	органолептична	0,02
ДДТ	–“–	0	санітарно-токсик.	0,1
Кадмій	–“–	0,005	–“–	0,01
Карбофос	–“–	0	органолептична	0,05
Метанол	санітарно-токсик.	0,1	санітарно-токсик.	3,0
Метазін	органолептична	1,0	органолептична	0,3
Нафтопрод.	рибогосподарська	0,05	органолептична	0,3
Ентобактер.	загальносанітарна	10,0	–	–

Якщо природні властивості і склад води не відповідають нормам водокористування, то ці природні властивості та склад води повинні витримуватись у місцях водокористування.

Оцінку якості вод зручно виконувати у табличній формі.

2.4 Норми якості вод країн ЄС

З метою гармонізації українського законодавства із законодавством Європейського Співтовариства [11] (ЄС) подальший розвиток законодавства в Україні у галузі охорони та економічного використання водних ресурсів буде здійснюватися на основі директив Ради ЄС у цій галузі.

Директиви ЄС щодо вод для купання, пиття та риболовлі датуються 1976 р. У 80-90-ті роки ці директиви були змінені та доповнені.

Фізичні, хімічні та мікробіологічні параметри (показники), встановлені для води для певного водокористування, містяться в додатках до Директив та є їх невід'ємною частиною.

Країни-члени Співтовариства зобов'язані встановлювати стандарти принаймні настільки суворо, як ті, що вказані в додатках, як обов'язкові (у відповідній колонці). Ці країни мають право встановлювати жорсткіші правила в будь-який час. Якщо стандарти не вказані для будь-яких показників у додатках, тоді держави-члени Співтовариства не можуть встановлювати для них будь-які значення, поки ці значення не будуть визначені [11,17].

Якщо значення показника в додатках зазначено як оптимальне (стоїть у відповідній колонці), то незалежно від того, вказано чи не обов'язкове значення, держави-члени Співтовариства, встановлюючи свої стандарти, повинні намагатися дотримуватися ці значення.

Держави-члени повинні вжити заходів для забезпечення того, щоб протягом 10 років з дати опублікування Директиви про якість води, яка використовується для даного водокористування, вони відповідали прийнятим стандартам.

Країни-члени Співтовариства повинні впровадити закони, підзаконні акти та адміністративно-правові акти, необхідні для імплементації директив та додатків до них, протягом двох років з дати їх опублікування.

Комісії повинні бути представлені тексти основних правових актів національного законодавства, які приймаються за умови, що вони регулюються директивами.

Якість вод оцінюється детальним методом. Нормативи якості вод для купання та пиття наведені у таблицях 2.4 і 2.5.

Таблиця 2.4 – Вимоги до якості вод, які використовуються для купання [10]

Показник	Значення		Мінімальна частота відбору проб на місяць	Методи аналізу
	оптимальне	обов'язкове		
1	2	3	4	5
Загальні колі-форми, шт. /100 мл	500	10000	2	підрахунок у відповідності з найбільш імовірними числами
Фекальні колі-форми, шт. /100 мл	100	2000	2	–“,-
Фекальні стрептококи, шт. /100 мл	100	–	4	–“,-
Сальмонела, шт./1дм ³	–	0	4	концентрація методом фільтрування
Ентеровіруси PFU, шт./10 дм ³	–	0	4	–“,-
pH	–	6 – 9 (0)	4	Електрометрія
Колір	–	відсутність незвичної зміни кольору	2	Візуально
	–	–	4	Фотометрія
Мінеральні масла, мг/дм ³	–	відсутність плівки на поверхні та запаху	2	Візуально

Продовження табл. 2.4

1	2	3	4	5
Мінеральні масла, мг/дм ³ ПАР, мг/дм ³	–	–	4	екстракція за зважуванням сухого залишку
	–	відсутність довгочасної піни	2	Візуально
ПАР, мг/дм ³ Феноли, мг/дм ³ C ₆ O ₅ OH	0,3	–	4	Абсорбційна Спектрофотометрія
	–	відсутність специфічного запаху	2	Підтвердження Відсутності
Феноли, мг/дм ³ C ₆ O ₅ OH Прозорість, м	–	0,005	4	Абсорбційна Спектрофотометрія
	2	1(0 ⁰)	2	диск Секкі
Розчинений кисень, % насиченості O ₂	80–120	–	4	Електрохімічний
Смолисті опади, плаваючі матеріали	відсут- ність	–	2	візуальний та перевірка
Амоній, мг/дм ³ NH ₄ ⁺			6	Абсорбційна Спектрометрія
Кейлдахазот, мг/дм ³			6	метод Кейлдахла
Пестициди (паратоїн, HCH, дієлдрін), мг/дм ³			4	Хроматографія
Важкі метали (As, Cd, Cr ^{VI} , Pb, Hg), мг/дм ³			4	Абсорбційна Спектрофотометрія
Ціаніди, мг/дм ³ CN			4	Абсорбційна Спектрофотометрія
Нітрати, мг/дм ³ NO ₃			4	Абсорбційна Спектрофотометрія
Фосфати, мг/дм ³ PO ₄			4	Абсорбційна Спектрофотометрія

При купанні відповідальність відповідає нормам, якщо результати зразків цього керівника відповідають стандартам якості у співвідношенні: 95% зразків для обов'язкових норм, 90% в інших випадках, за винятком показників "загальний кількість "і" форми фекальних коліс ", які дозволяють мати відсоткове значення 80%, а також у 5, 10 і 20% зразків, які не відповідають встановленому стандарту: жодне відхилення від стандартів не менше більше 50%, крім мікробіологічних показників, рН та розчиненого кисню; відсутність відхилень від стандартів у зразках, відібраних по одному за належні проміжки часу [9].

Таблиця 2.5 – Нормативи якості вод, які використовуються для пиття (ЄС)[11]

Показник	Значення для А1		Значення для А2		Значення для А3	
	оптимальне	обов'язкове	оптимальне	обов'язкове	оптимальне	обов'язкове
1	2	3	4	5	6	7
рН	6,5–8,5		5,5–9,0		5,5–9,0	
Загальні завислі частинки, мг/дм ³	25					
Температура, °С	22	25 (0)	22	25(0)	22	25(0)
Провідність при 20 ⁰ С	1000		1000		1000	
Запах, коеф. розводження при 25 ⁰ С	3		10		20	
Нітрати, мг/дм ³ (NO ₃)	25	50 (0)		50 (0)		50 (0)
Фтористі сполуки, мг/дм ³ (F)	0,7–1,0	1,5	0,7–1,7		0,7–1,7	
Загальний хлор, мг/дм ³ (Cl)						
Розчинене залізо, мг/дм ³ (Fe)	0,1	0,3	1	2	1	
Марганець, мг/дм ³ (Mn)	0,05		0,1		1	
Мідь, мг/дм ³ (Cu)	0,02	0,05 (0)	0,05		1	

Продовження табл. 2.5

1	2	3	4	5	6	7
Цинк, мг/дм ³ (Zn)	0,5	3	1	5	1	5
Нікель, мг/дм ³ (Ni)						
Кобальт, мг/дм ³ (Co)						
Загальний хром, мг/дм ³ (Cr)		0,05		0,05		0,05
Свинець, мг/дм ³ (Pb)		0,01		0,01		0,01
Сульфати, мг/дм ³ (SO ₄)	150	250	150	250 (0)	150	250 (0)
Хлориди, мг/дм ³ (Cl)	200		200		200	
Фосфати, мг/дм ³ (PO ₄)	0,4		0,7		0,7	
Розчинені або емульсовані вуглеводи, мг/дм ³		0,05		0,2	0,5	1
ХСК, мг/дм ³ O ₂					30	
Розчинений кисень, % O ₂	>70		>50		>30	
БСК, мг/дм ³	3		5		7	
Аміак, мг/дм ³ (NH ₄)	0,05		1	1,5	2	4 (0)
Загальні колі-форми, шт./100 мл	50		5000		50000	
Фекальні колі-форми, шт./100 мл	20		2000		20000	
Фекальні стрептококи, шт./100 мл	20		1000		10000	
Сальмонела, шт./5000 мл	відсутн.		відсутн.			

Примітка: *Питна вода: категорії А1 – проста фізична обробка та дезінфекція; категорії А2 – нормальна фізична обробка, хімічна обробка та дезінфекція, категорії А3 – інтенсивна фізична та хімічна обробка, розширена обробка та дезінфекція.*

Питна вода відповідає стандартам, якщо 95% відповідає стандартам, зазначеним як обов'язкові; якщо 90% відповідають за допомогу в інших випадках, а також якщо в 5 і 10% зразків, які не відповідають встановленим

стандартам, відхилення від встановлених нормативів повинні становити менш ніж 50%, за винятком рН, розчиненого кисню та мікробіологічних показників, відсутні загрози для здоров'я населення, відсутність відхилень від нормативів у послідовно відібраних зразках.

Таблиця 2.6 – Нормативи якості вод, які використовуються у
рибогосподарських цілях (СС)

Показник	Лососеві води		Карпові води		Частота відбору на місяць	Метод аналізу
	оптимальне	обов'язкове	оптимальне	обов'язкове		
Температура, °С	При скидах термальних вод температура на межі зони змішування не повинна бути вищою за природну більш ніж на 1,5°С 3°С Загальне підвищення температури не більш ніж до 21,5°С 28°С 10°С 10°С Обмеження 10°С відноситься до тих видів риб, задля розмноження яких необхідна холодна вода. Допускається разове перевищення обмеження температури на 2%.				4	термометрія
Розчинений кисень, мг/дм ³	50% 9	50% 9	50% 8	50% 7	1–2	метод Вінклера
	Якщо концентрація кисню впаде нижче, країни – члени Співтовариства повинні встановити причини цього зниження і при необхідності вжити заходів у відповідності зі статтями 3 і 7 Директиви.					
<i>pH</i>		6,9		6–9	1	електрометрія
Завислі речовини, мг/дм ³	25		25		1	фільтрування та зважування
<i>BCK</i> ₅ , мг/дм ³					1	визначення O ₂ за методом Вінклера
Загальний фосфор, мг/дм ³					1	абсорбційна спектрофотометрія
Нітрати, мг/дм ³	0,01		0,03		1	абсорбційна спектрофотометрія

Продовження табл. 2.6

Феноли, мг/дм ³	відсутність		відсутність		1	на смак
Нафтові вуглеводи	відсутність			відсутність	1	візуально на смак
Неіонізований аміак, мг/дм ³	0,005	0,025	0,005	0,025	1	абсорбційна спектрофотометрія
Загальний амоній, мг/дм ³	0,04	1,0	0,2	1,0	1	абсорбційна спектрофотометрія
Загальний хлор, мг/дм ³		0,005		0,005	1	ДРД- метод
Загальний цинк, мг/дм ³		0,3		1,0	1	абсорбційна спектрометрія
Розчинена мідь, мг/дм ³	0,04		0,04		1	абсорбційна спектрометрія

Таблиця 2.7 Нормативи для цинку при різних значеннях жорсткості води

Води	Нормативи при різній жорсткості води, мг/дм ³ CaCO ₃			
	10	50	100	500
Лососеві, мг/дм ³	0,03	0,2	0,3	0,5
Карпові, мг/дм ³	0,3	0,7	1,0	2,0

Таблиця 2.8 – Нормативи для міді при різних значеннях жорсткості води

Води	Нормативи при різній жорсткості води, мг/дм ³ CaCO ₃			
	10	50	100	300
Лососеві та карпові, мг/дм ³	0,005	0,022	0,04	0,112

Примітка: Слід зазначити, що перелік параметрів, вказаних у таблиці 2.6, не виключає використання інших параметрів, про які тут не згадується. Мається на увазі, що концентрація інших забруднювальних речовин повинна бути дуже низькою. При одночасній присутності двох або більше забруднювальних речовин ефект їх сумарної дії може бути значним.

Водний об'єкт слід вважати таким, що відповідає нормам, якщо результати проб води відповідають обов'язковим і оптимальним нормативам:

- в 95% проб – значення параметрів: рН, БСК₅, неіонізований аміак, загальний амоній, нітрати, хлор, цинк та мідь;
- відсоткових значень, перелічених для температури та розчиненого кисню;
- середньої концентрації для завислих речовин.

Від вимог Директиви можна відступитися: у випадку окремих параметрів з позначкою (0), які залежать від виключних погодних та географічних умов; якщо природне насичення води речовиною призводить до відхилення значень відповідних показників від нормативів.

Оцінка якості водних об'єктів в країнах ЄС проводиться за значеннями показників в разових пробах води. В країнах ЄС, передбачається, що частота перевищення гранично допустимої концентрації повинна бути нормалізованою: не більше 5, 10 або 20% усіх зразків. Нормується також саме перевищення норми: не більше 50%. Крім того, тривалість періодів можливого забруднення також нормується: потрібно щоб у послідовно відібраних одна за одною проб були відсутні відхилення від нормативів. Це означає, що при відборі проб чотири рази на місяць остання вимога буде виконана, якщо період забруднення триває не більше 7 днів. Тоді коли кількість таких періодів протягом року може бути менше $5 \approx 12 * 4 * 0,10$ (при 10% від кількості перевищень ГДК), тобто загальна тривалість періодів забруднення протягом року не повинна перевищувати 35 днів

Вітчизняні стандарти не відповідають цим вимогам. При оцінці якості води вони використовують середні або фонові значення показників протягом тривалих періодів часу. Якщо середні значення показників рівні ГДК, то загальна тривалість періодів забруднення становить приблизно 50% від періоду осереднення. Фонові значення показників майже не відрізняються від середніх значень, тому ймовірність їх перевищення становить більше 10%.

2.5 Екологічні нормативи

Розробка *екологічних* ГДК є все більш актуальною задачею, що пов'язано з недоліками діючої системи нормативів [9].

1. Концентрація речовин у воді не відображає токсикологічного навантаження на екосистему, оскільки не враховує процеси накопичення речовин у біологічних об'єктах та донних відкладах.

2. Видова стійкість водних тварин до токсикантів залежить не стільки від конкретних механізмів дії токсикантів, скільки від адаптації тварин до природного (фонового) вмісту цих токсикантів в результаті тривалого еволюційного процесу.

3. Нинішні ГДК не враховують специфіки функціонування водних екосистем у різних природно-кліматичних зонах (широтне та вертикальне районування). Відомо, що різні біогеохімічні провінції (та окремі водні об'єкти) відрізняються одна від одної вмістом Pb у поверхневих водах у 2000 разів, Ni в 1350, Zn у 500, Cu у 10 000, Cr у 17 000 разів.

4. Ефекти синергії та антагонізму не враховуються.

5. При обґрунтуванні ГДК не враховується різний трофічний статус екосистем, сезонні особливості природних факторів, на тлі яких проявляється токсичність забруднюючих речовин.

6. При розробці санітарно-гігієнічних норм здоров'я людини є пріоритетним завданням, при розробці рибогосподарських - якість води, яка необхідна риbam (хоча риба не є слабкою ланкою у водних біоценозах).

Перераховані, а також деякі інші недоліки санітарно-гігієнічних та рибогосподарських стандартів не виключають необхідності оцінки стану водних об'єктів згідно з ГДК, але вказують на необхідність розробки нових підходів. Загальне поняття простежується досить чітко - основними завданнями екологічного регулювання та водної токсикології мають бути:

- оцінка впливу токсичних речовин не тільки на окремі організми, а й на надорганізмичні системи (популяції та групи), які характеризуються специфічними реакціями на антропогенні фактори;

- складання пріоритетного переліку речовин, на які живі організми реагують найактивніше з урахуванням їх кількості, ступеня токсичності та трансформації у водній екосистемі.

Завдання екологічної токсикології є більш складним, ніж «класичної», оскільки воно пов'язане з оцінкою токсичного впливу на більш широкий спектр організмів, що поширюється від бактерій до ссавців [15].

З вищесказаного можна припустити, що сама екологічна (біоценотична) ГДК як стандартна величина не відрізняється від існуючих санітарно-гігієнічних чи рибогосподарських, оскільки вона визначається за єдиною схемою. Досить розширити до певної обґрунтованої межі кількість порогів хронічної дії, включивши нові групи біоіндикаторів та врахувавши додаткову специфічність речовини (наприклад, здатність накопичуватися в донних відкладах).

Таким чином, встановлення «біоценотичних» ГДК зводиться до визначення критичних навантажень забруднюючих речовин, які не спричиняють пригнічення конкретних популяцій біоценозів, і, зрештою, до роз'яснення понять «норма» та «патологія» для гідробіологічних груп.

3 СТАТИСТИЧНА ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

3.1 Перевірка рядів на однорідність та хронологічна мінливість показників

Спочатку перевірена однорідність рядів спостережень за критерієм 3σ . Для апроксимації розподілу [19] показників якості вод використаний логнормальний закон.

Відомо, якщо випадкова величина C має нормальний закон розподілу, то в інтервал $C_{CEP} \pm 3\sigma$ попадає приблизно 99,7% всіх її значень. Таким чином, межі інтервалу мають ймовірність 0,15% і 99,85%. Розрахункові значення випадкової величини з такою ймовірністю ($C_{0,15\%}$ і $C_{99,85\%}$) є межами довірчого інтервалу. При розрахунку $C_{0,15\%}$ і $C_{99,85\%}$ значення, що розглядаються, необхідно видалити з ряду, а потім перевірити, попали чи ні ці значення в розрахований інтервал.

Якщо значення випадкової величини виходять за межі довірчого інтервалу (мінімальні менш нижньої межі $C_{0,15\%}$, а максимальні більш ніж верхня межа $C_{99,85\%}$), то з ймовірністю 99,7% їх можна вважати помилковими (такими, що мають грубі помилки) і виключити з подальшої статистичної обробці.

Всього з 29 показників якості вод у 15 було видалено по декілька значень. Результати аналізу на однорідність наведено в табл. 2.

Далі, були побудовані графіки хронологічної мінливості показників якості вод (рис. 1–7), з яких видно, що у більшості показників багаторічний тренд або відсутній, або їм можна знехтувати (рис. 1-5), і тільки у сьомі показників SO_4^{2-} , NH_4^+ , BCK_{20} , NO_3^- , $АПАР$, Cu і Zn є негативний багаторічний тренд (рис. 6 і 7).

Тренд показників апроксимован експоненційною залежністю (рис. 6, 7)

$$C_{Tn} = b \exp(an), \quad (1)$$

де C_{Tn} – значення функції тренду в n -й момент часу;
 n – порядковий номер момента часу (порядковий номер місяця);
 b – значення показника в початковий момент часу;
 α – параметр експоненційної залежності.

Таблиця 3.1 – Показники якості вод р. Дунай–м. Вилкове характеристики рядів спостережень після аналізу на однорідність

№	Показник	n	C_{MIN}	$C_{СЕР}$	C_{MAX}	σ
1	HCO_3^- , мг/дм ³	178	130	179	234	21,5
2	$Na^+ + K^+$, мг/дм ³	172	8,9	20,2	41,2	5,62
3	Ca^{2+} , мг/дм ³	177	35,7	52,3	72,6	6,96
4	Mg^{2+} , мг/дм ³	175	9,4	13,8	21,8	2,31
5	SO_4^{2-} , мг/дм ³	175	25,5	36,92	53,3	5,82
6	Сух. залишок, мг/дм ³	177	213	289	388	35,8
7	Cl^- , мг/дм ³	178	17,6	28,5	47,3	5,53
8	Мінералізація, мг/дм ³	160	256	334	434	39,2
9	pH	175	7,7	8,0	8,5	0,158
10	NH_4^+ , мг/дм ³	177	0,026	0,1575	0,680	0,123
11	BCK_{20} , мг/дм ³	160	0,90	3,875	10,7	1,88
12	Si , мг/дм ³	145	1,3	3,45	6,3	1,03
13	NO_3^- , мг/дм ³	177	2,42	5,809	10,9	1,90
14	NO_2^- , мг/дм ³	173	0,013	0,0709	0,330	0,0455
15	Перм. окисл., мг/дм ³	160	2,30	3,64	6,20	0,763
16	Розчин. O_2 , мг/дм ³	168	5,80	9,30	13,5	1,87
17	Фосфати, мг/дм ³	173	0,049	0,148	0,300	0,0488
18	P (заг.), мг/дм ³	173	0,024	0,0667	0,140	0,022
19	XCK , мг/дм ³	156	7,8	17,2	33,8	4,61
20	$АПАР$, мг/дм ³	162	0,004	0,02972	0,098	0,0205
21	Fe , мг/дм ³	175	0,006	0,0654	0,350	0,0588
22	Mn , мг/дм ³	141	0,010	0,04948	0,150	0,0350
23	Cu , мг/дм ³	105	0,001	0,002581	0,008	0,00130

№	Показник	n	СМН	ССЕР	СМАХ	σ
24	НП, мг/дм ³	169	0,005	0,0180	0,061	0,00933
25	Феноли, мг/дм ³	121	0,001	0,0014	0,004	0,000716
26	Cr ³⁺ , мг/дм ³	87	0,001	0,0018	0,005	0,00102
27	Cr ⁶⁺ , мг/дм ³	150	0,001	0,0017	0,005	0,000878
28	Cr(заг.), мг/дм ³	106	0,001	0,0031	0,006	0,00124
29	Zn, мг/дм ³	67	0,002	0,0166	0,056	0,0130

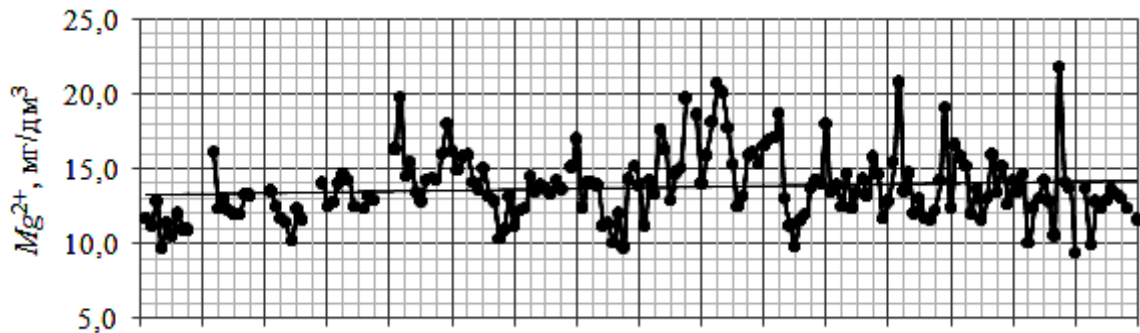
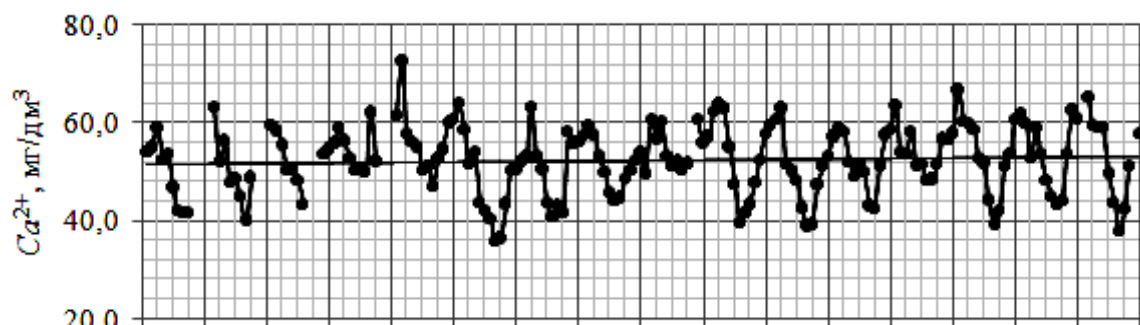
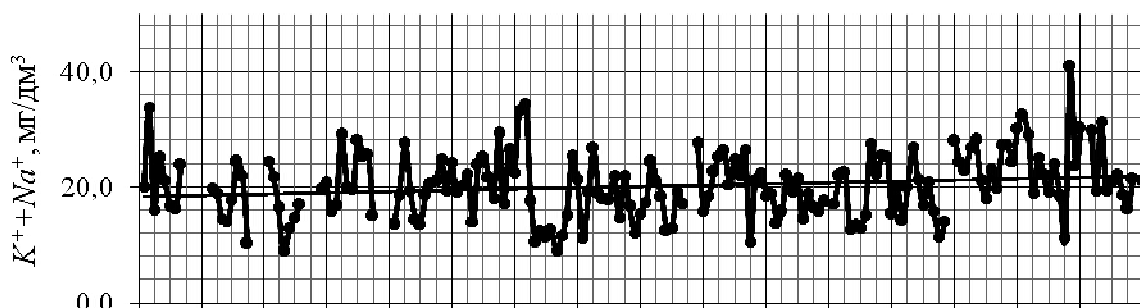
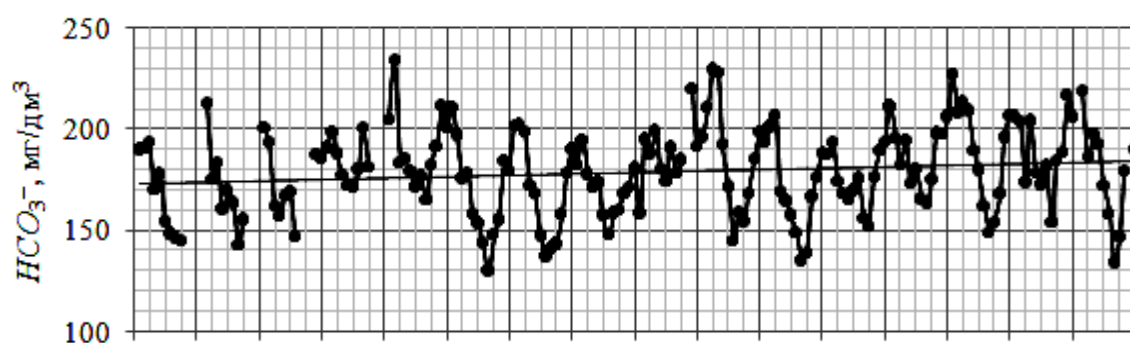
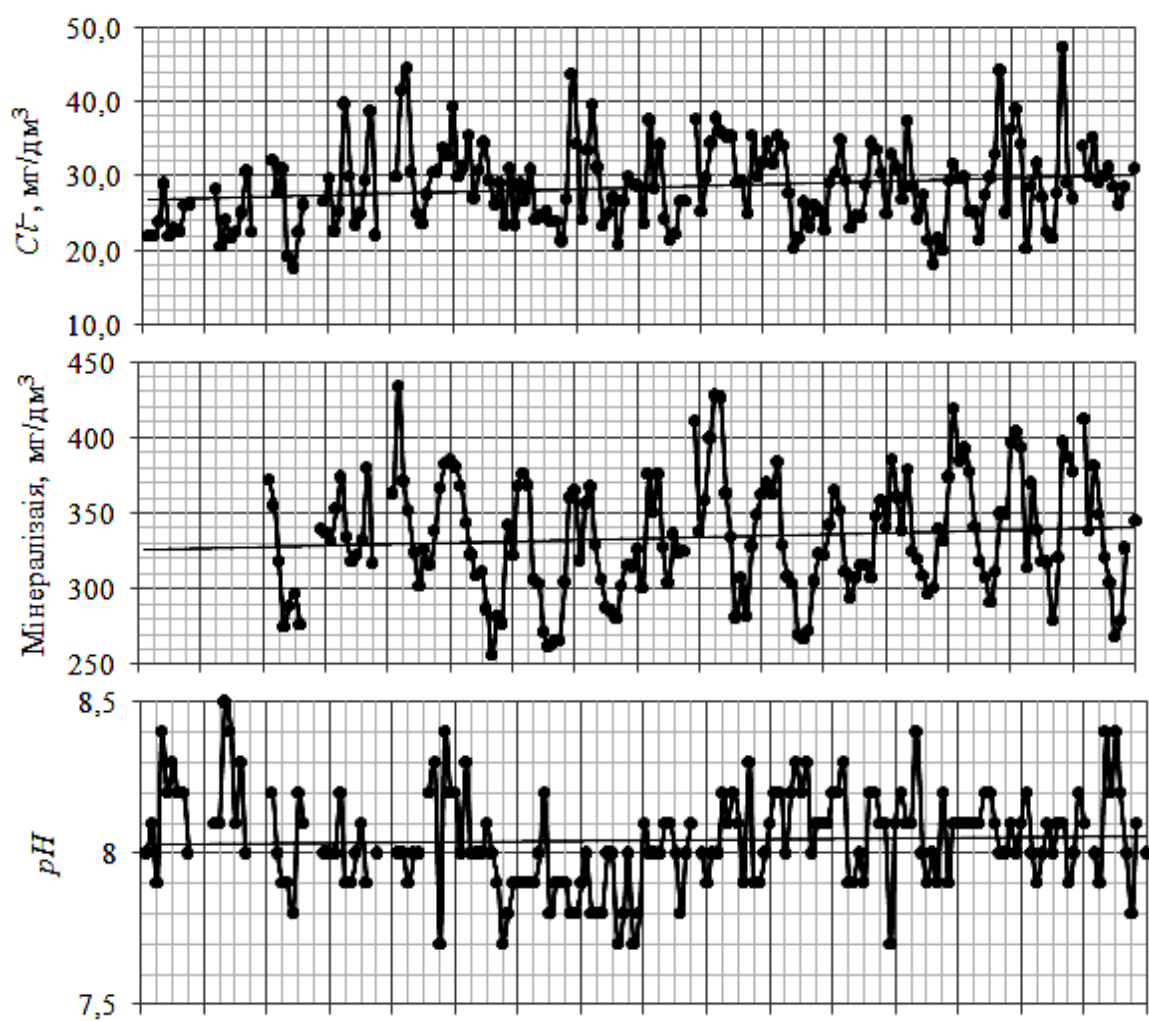




Рис. 1 – Хронологічна мінливість HCO_3^- , $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, Ca^{2+} , Mg^{2+} та сухого залишку



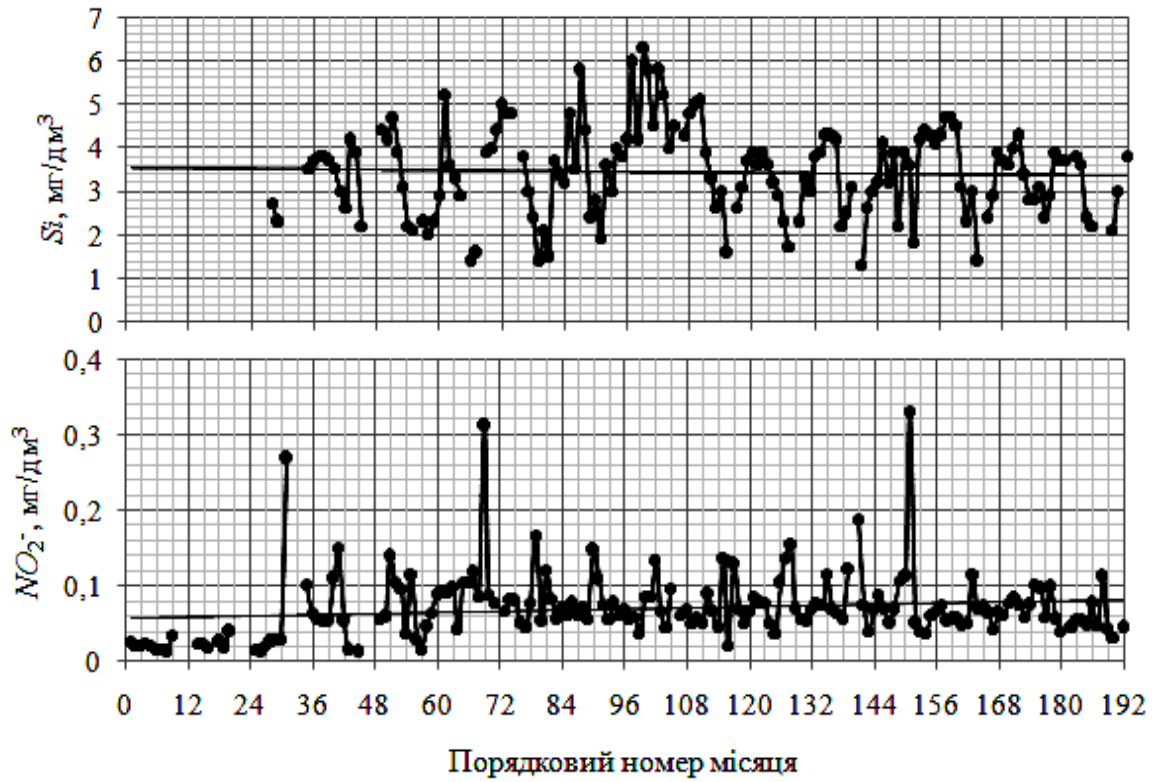
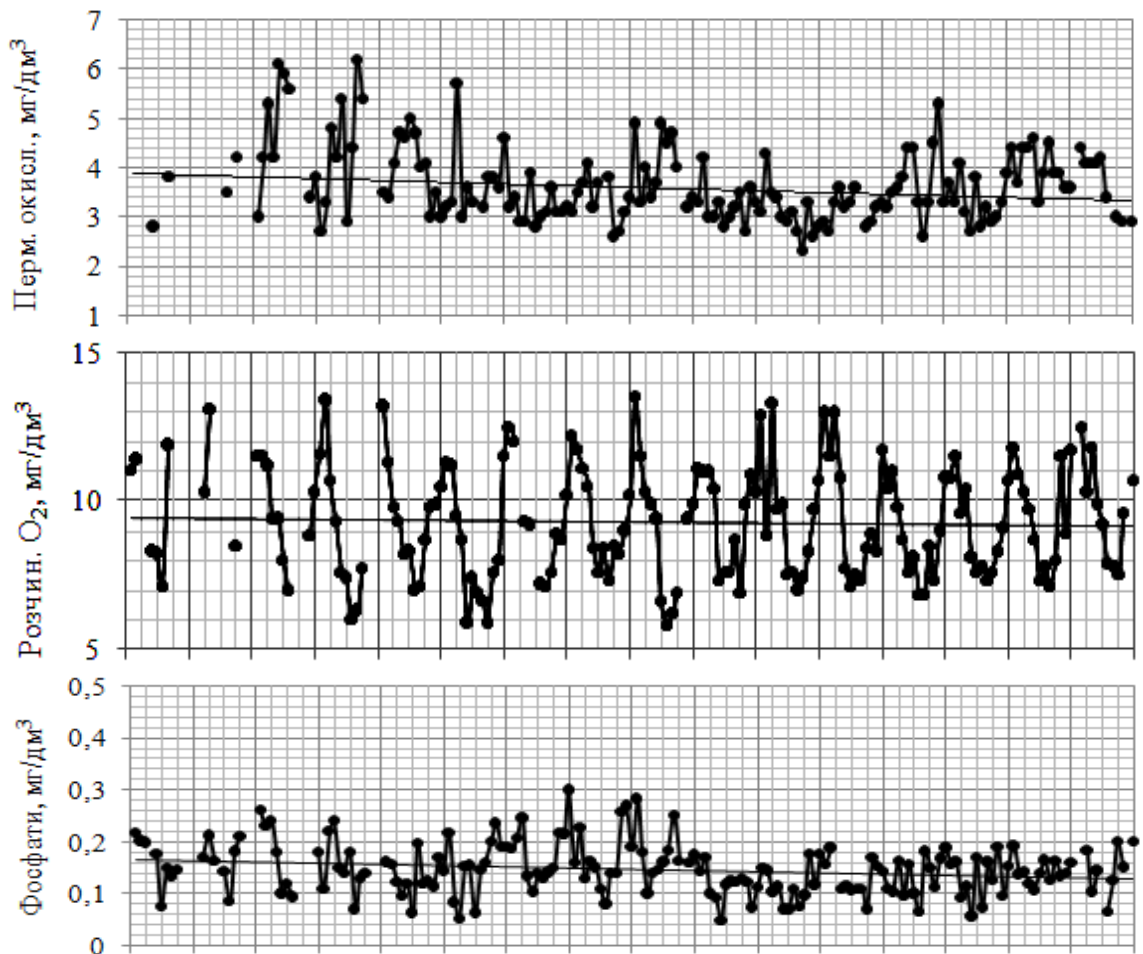


Рис. 2 – Хронологічна мінливість Cl^- , мінералізації, pH , Si та NO_2^-



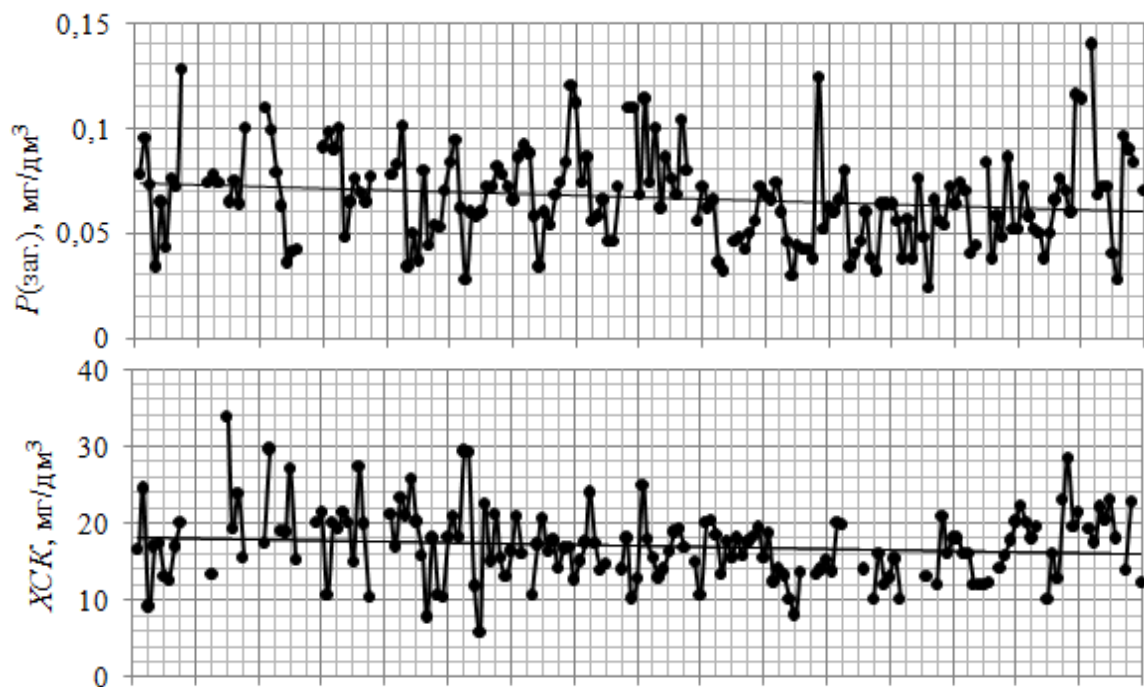
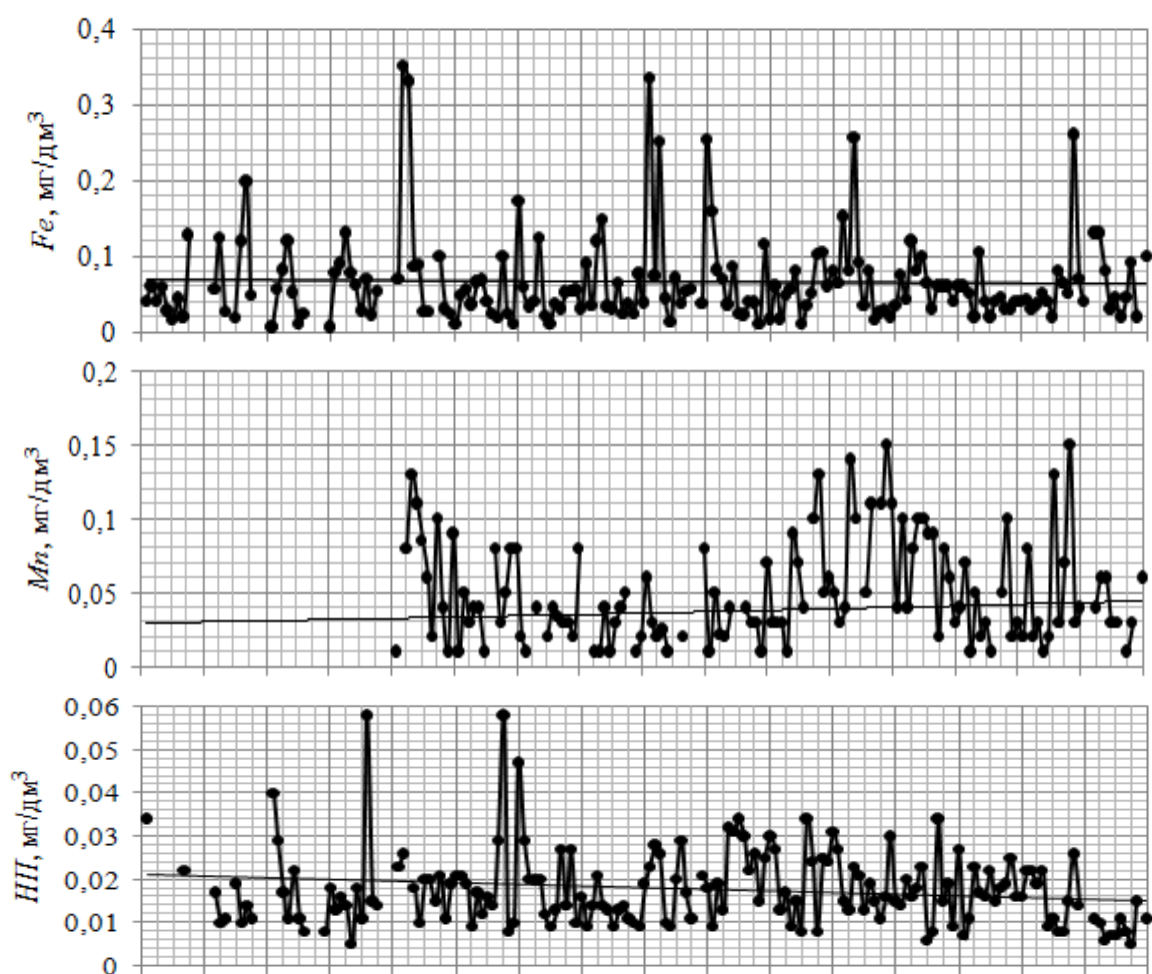


Рис. 3 – Хронологічна мінливість перманганатного окислення, розчиненого кисню, фосфатів, фосфору (загального) та ХСК



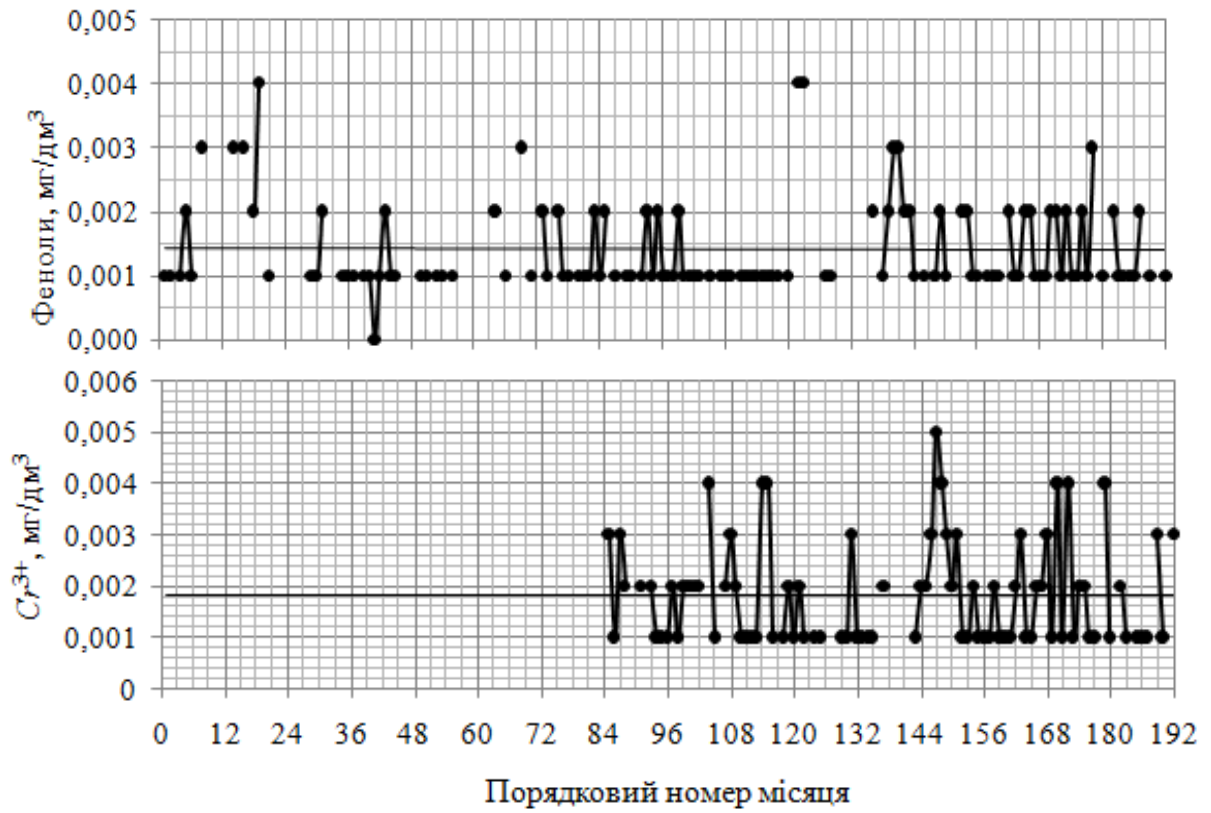


Рис. 4 – Хронологічна мінливість

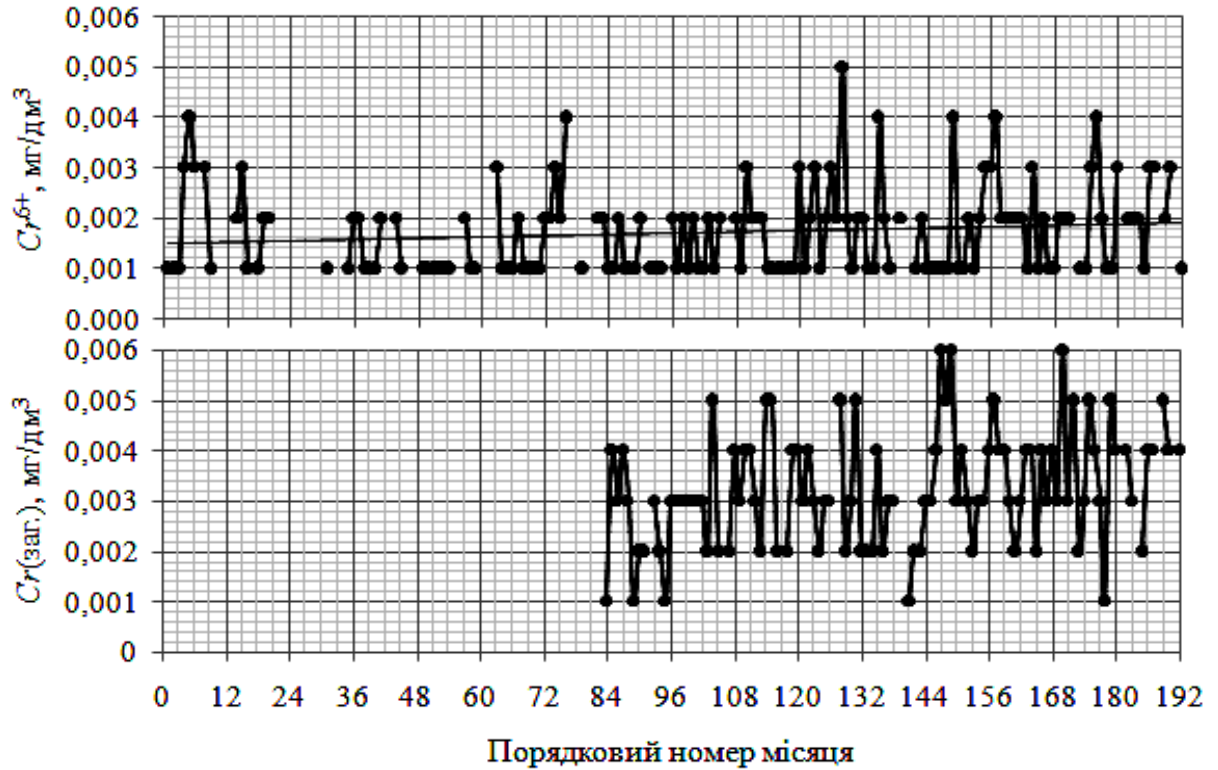


Рис. 5 – Хронологічна мінливість

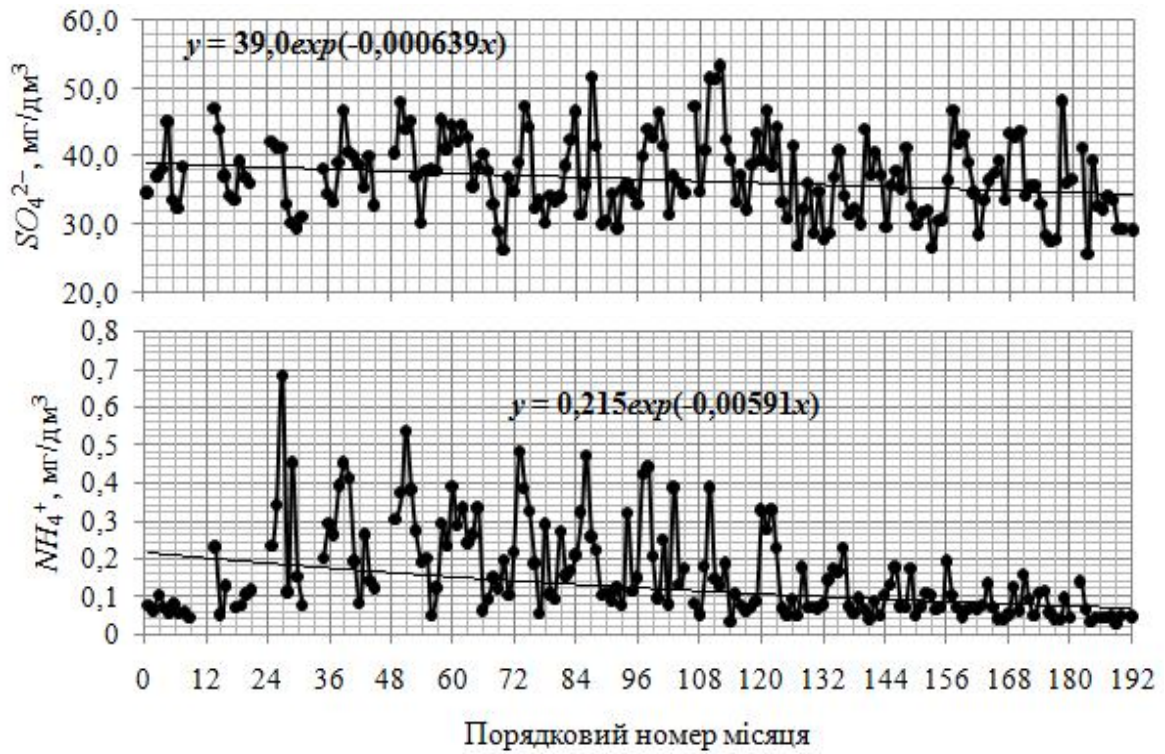
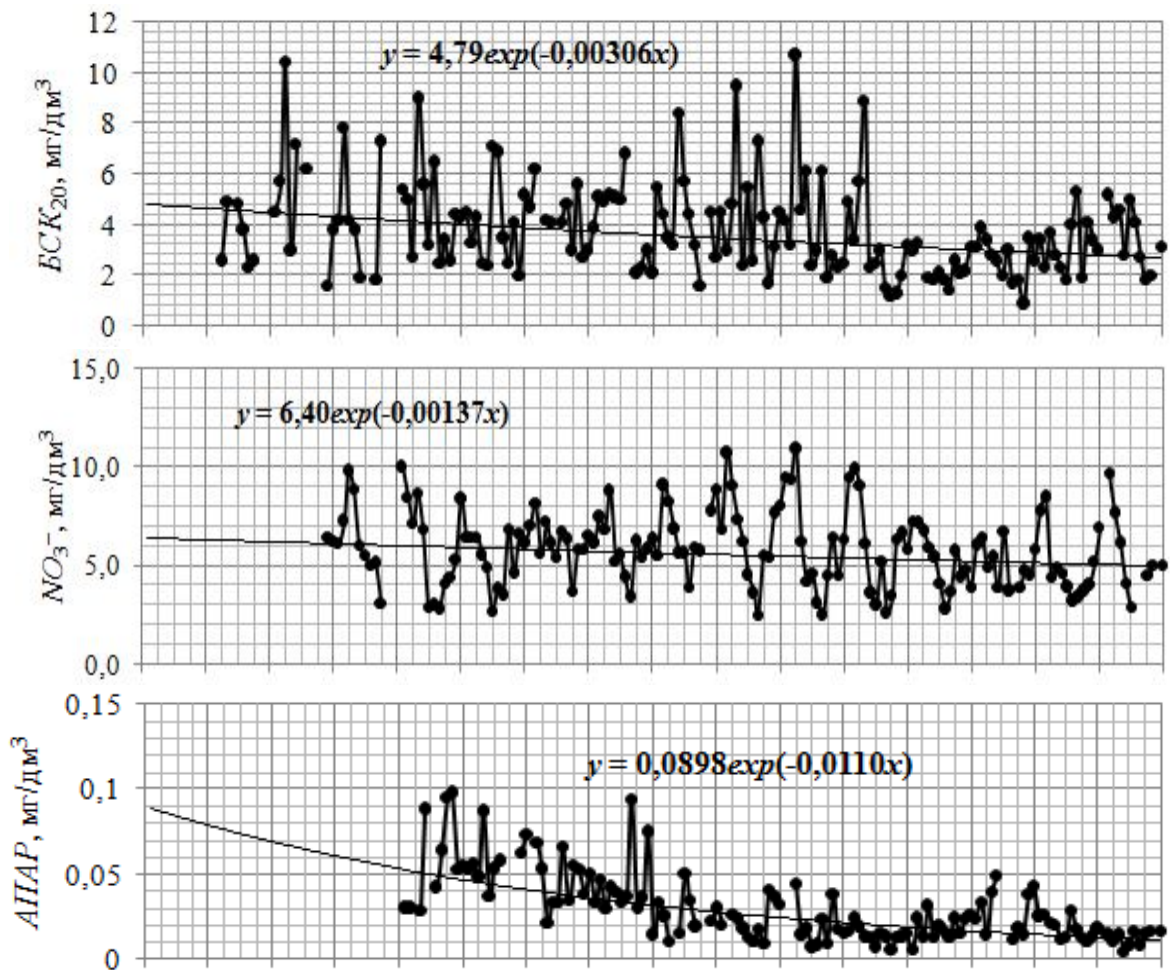


Рис. 6 – Хронологічна мінливість показників, що мають тренд



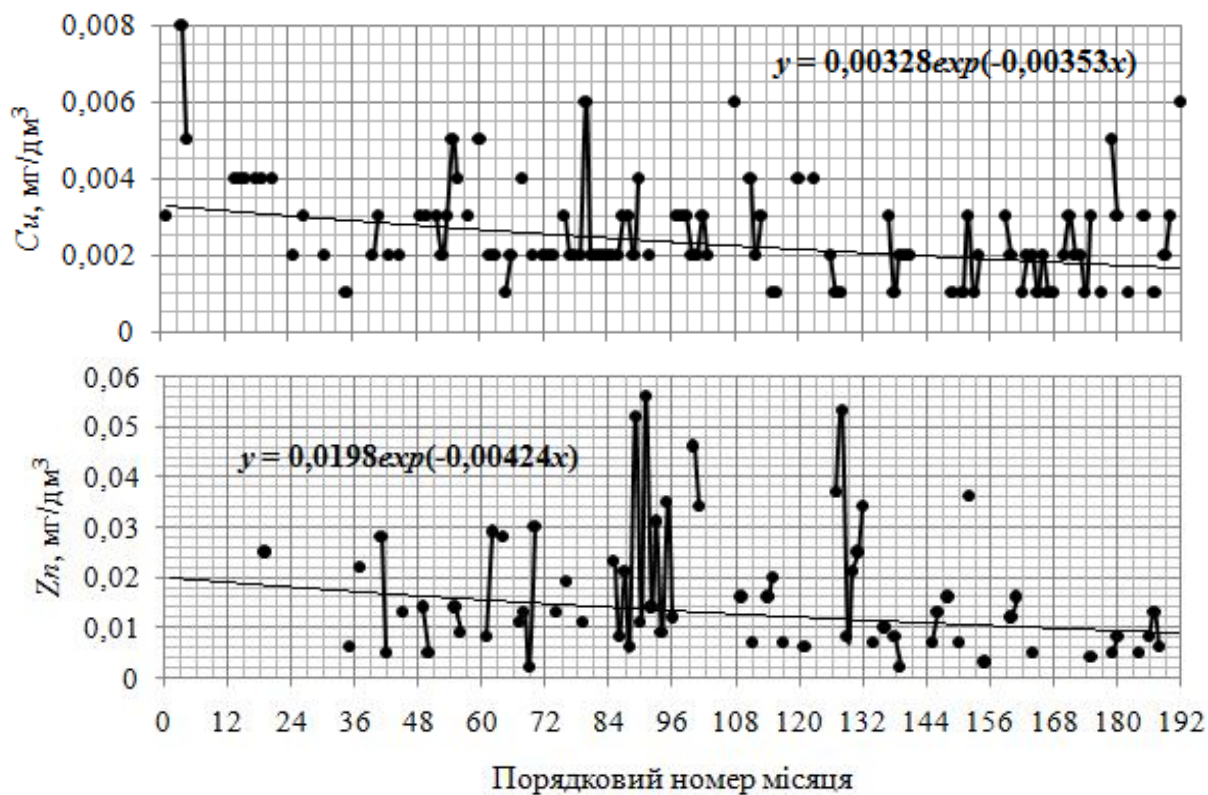


Рис. 7 – Хронологічна мінливість показників, що мають тренд

Таблиця 3.2 – Параметри логнормального розподілу нормованих (по $C_{БР}$) значень показників якості вод р. Дунай-Вилкове

№	Показник	$C_{БР}$	$\check{C}_{БР}$	$\check{G}_{БР}$
1	HCO_3^- , мг/дм ³	178,8	-0,007268	0,1215
2	$Na^+ + K^+$, мг/дм ³	20,24	-0,03929	0,2856
3	Ca^{2+} , мг/дм ³	52,33	-0,009119	0,1369
4	Mg^{2+} , мг/дм ³	13,77	-0,01326	0,1617
6	Сух. залишок, мг/дм ³	288,7	-0,007500	0,1224
7	Cl^- , мг/дм ³	28,54	-0,01804	0,1895
8	Мінералізація, мг/дм ³	334,0	-0,006840	0,1174
9	pH	8,043	-0,0001907	0,0196
12	Si , мг/дм ³	3,453	-0,04919	0,3268
14	NO_2^- , мг/дм ³	0,07086	-0,1734	0,6087
15	Перм. окисл., мг/дм ³	3,643	-0,01991	0,1964
16	Розчин. O_2 , мг/дм ³	9,300	-0,02015	0,2021
17	Фосфати, мг/дм ³	0,1476	-0,05814	0,3529
18	P (заг.), мг/дм ³	0,06672	-0,05605	0,3418
19	$XСК$, мг/дм ³	17,16	-0,03571	0,2703

№	Показник	СБР	ЇБР	ЎБР
21	Fe , мг/дм ³	0,06537	-0,2933	0,7634
22	Mn , мг/дм ³	0,04948	-0,2669	0,7697
24	HII , мг/дм ³	0,01801	-0,1148	0,4772
25	Феноли, мг/дм ³	0,001421	-0,09338	0,4041
26	Cr^{3+} , мг/дм ³	0,001816	-0,1365	0,5107
27	Cr^{6+} , мг/дм ³	0,001740	-0,1129	0,4662
28	Cr (заг.), мг/дм ³	0,003104	-0,09551	0,4684

Примітка: $C_{БР}$ – середнє багаторічне значення показника.

Таблиця 3.3 – Параметри логнормального розподілу нормованих (по $C_{БР}$) значень показників якості вод р. Дунай–м.Вилкове, що мають тренд

№	Показник	$C_{БР}$	$\check{C}_{БР}$	$\check{G}_{БР}$
5	SO_4^{2-} , мг/дм ³	36,92	-0,01223	0,1568
10	NH_4^+ , мг/дм ³	0,1575	-0,2763	0,7420
11	BCK_{20} , мг/дм ³	3,875	-0,1093	0,4703
13	NO_3^- , мг/дм ³	5,809	-0,05530	0,3405
20	$AПAP$, мг/дм ³	0,02972	-0,2233	0,6827
23	Cu , мг/дм ³	0,002581	-0,1186	0,4949
29	Zn , мг/дм ³	0,01655	-0,2881	0,7818

Таблиця 3.4 – Параметри ліній тренду показників і законів розподілу їх нормованих значень при усуненому тренді

№	Показник	Параметри лінії тренду		Параметри логнормального розподілу	
		C_{OP}	α	\check{C}_{UT}	\check{G}_{UT}
5	SO_4^{2-} , мг/дм ³	34,27	-0,000639	-0,0008436	0,1527
10	NH_4^+ , мг/дм ³	0,06759	-0,00591	0,002172	0,6686
11	BCK_{20} , мг/дм ³	3,345	-0,00306	0,0007096	0,4405
13	NO_3^- , мг/дм ³	5,078	-0,00137	0,0005994	0,3364
20	$AПAP$, мг/дм ³	0,01518	-0,0110	0,006205	0,5169
23	Cu , мг/дм ³	0,002533	-0,00353	-0,001071	0,4615
29	Zn , мг/дм ³	0,007000	-0,00424	0,001126	0,7565

Примітка: C_{OP} – середнє значення показника за останніх два роки

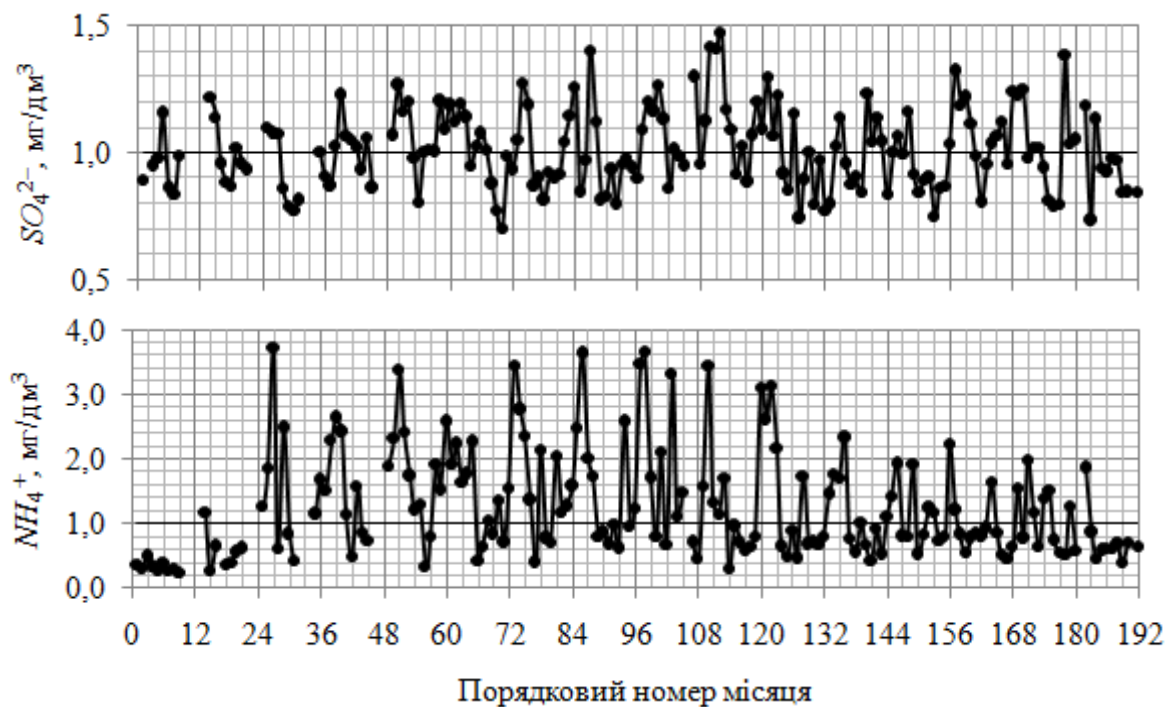
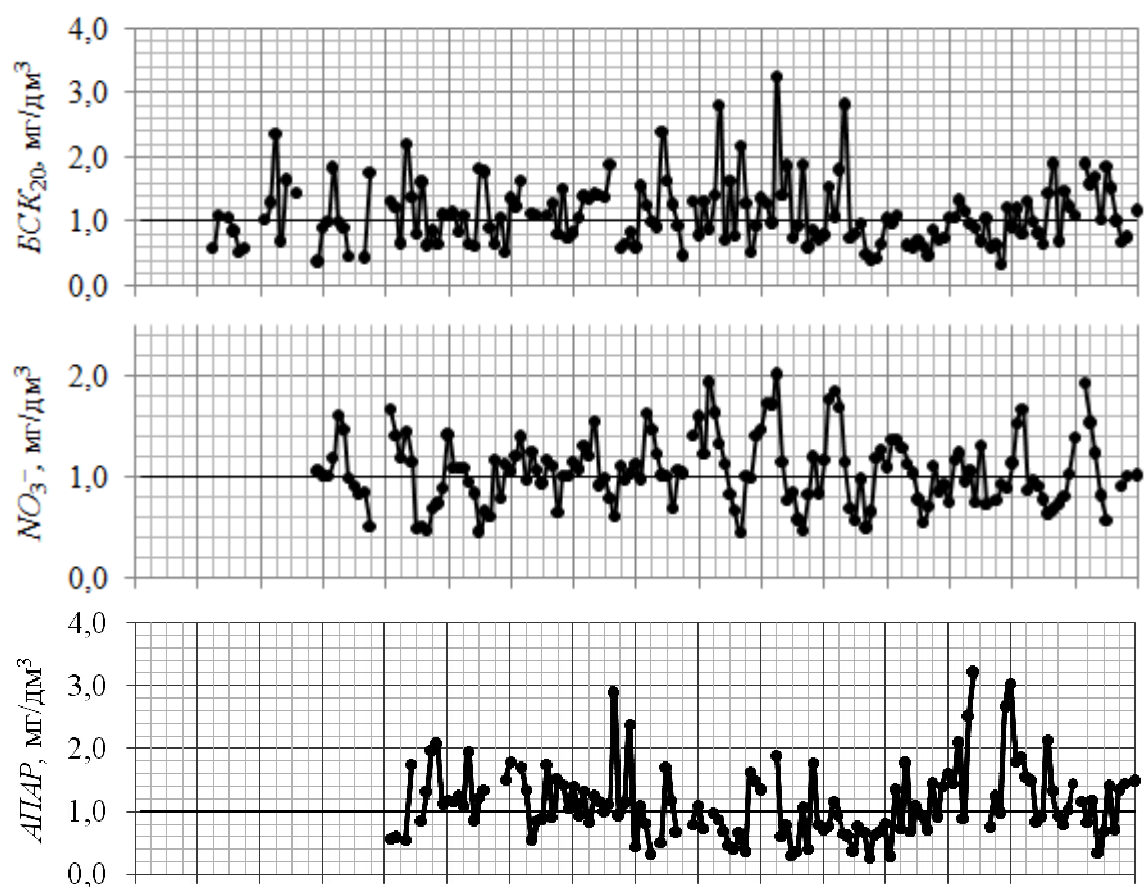


Рис. 8 – Хронологічна мінливість нормованих значень показників при усуненому тренді



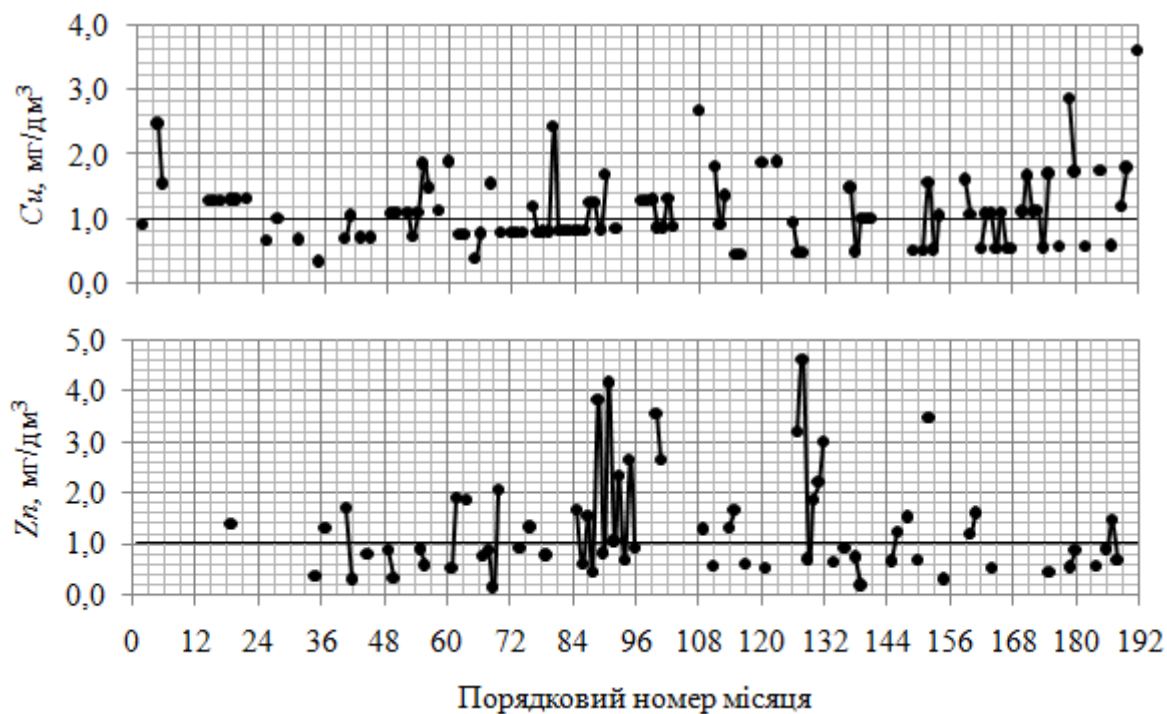


Рис. 9 – Хронологічна мінливість нормованих значень показників при усуненому тренді

У нашому випадку за нуль прийнято початок 2001 року. Рівняння ліній тренду показників показани на рис. 6 і 7.

Тренд усунено шляхом ділення значення показника (C_n) в момент часу n на значення лінії тренду (C_{Tn}) у цей же момент часу (рис. 8, 9)

$$C_{yTn} = C_n / C_{Tn}, \quad (2)$$

де C_{yTn} – нормовані значення показників з усуненим трендом.

3.2 Оцінка якості вод за санітарними та рибогосподарськими нормами

Для оцінки якості вод за минулий період необхідно: розрахувати значення показників з забезпеченістю $p\%$ (при оцінці за санітарними нормами $p=10\%$; за рибогосподарськими – 5%); визначити нормативи показників; виділити групи сумації показників; розрахувати для цих груп

значення групових показників; порівняти значення показників з їх нормативами. Такий підхід дозволяє врахувати вимоги норм якості вод країн ЄС. Відповідно цим нормам необхідно, щоб протягом розглядуваного періоду кількість перевищень нормативу по кожному показнику складала не більш 5% (рибогосподарські норми) або 10% (санітарні норми).

Таблиця 3.5 – Значення показників якості вод р. Дунай–м. Вилкове з забезпеченістю 5 і 10% (для кисню 95% і 90% відповідно)

№	Показник	C _{5%}	C _{10%}	Р/Г норми		Санітарні норми		
				ЛОШ	ГДК	ЛОШ	Клас	ГДК
1	HCO_3^- , мг/дм ³	217	207	–	–	–	–	–
2	$Na^+ + K^+$, мг/дм ³	31,1	28,1	с.-т.	120,0	с.-т.	2	200
3	Ca^{2+} , мг/дм ³	64,9	61,8	с.-т.	180,0	–	–	–
4	Mg^{2+} , мг/дм ³	17,7	16,7	с.-т.	40,0	–	–	–
5	SO_4^{2-} , мг/дм ³	47,2	44,6	с.-т.	100,0	орг.	4	500
6	Сух. залишок, мг/дм ³	350	335	–	–	–	–	1000
7	Cl^- , мг/дм ³	38,3	35,7	с.-т.	300,0	орг.	4	350
8	Мінералізація, мг/дм ³	402	386	–	–	по сухому залишку		
9	<i>pH</i>	8,30	8,25	–	6,5-8,5	–	–	6,5-8,5
10	NH_4^+ , мг/дм ³	0,405	0,309	токс.	0,5	с.-т.	3	(2,0)
11	BCK_{20} , мг/дм ³	7,53	6,35	–	3,0	–	–	3,0
12	<i>Si</i> , мг/дм ³	5,63	5,00	–	–	с.-т.	2	10,0
13	NO_3^- , мг/дм ³	9,62	8,50	с.-т.	40,0	с.-т.	3	45
14	NO_2^- , мг/дм ³	0,162	0,130	токс.	0,08	с.-т.	2	3,3
15	Перм. окисл., мг/дм ³	4,93	4,59	–	–	–	–	–
16	Розчин. O_2 , мг/дм ³	6,54	7,04	–	6,0	–	–	4,0
17	Фосфати (PO_4^{3-}), мг/дм ³	0,249	0,219	заг.с.	0,05-0,15	орг.	3	3,5
18	<i>P</i> (заг.), мг/дм ³	0,111	0,0978	–	–	–	–	–
19	XCK , мг/дм ³	25,8	23,4	–	–	–	–	15
20	$АПАР$, мг/дм ³	0,0731	0,0570	токс.	0,5	орг.	4	0,5
21	<i>Fe</i> , мг/дм ³	0,171	0,130	токс.	0,1	орг.	3	0,3
22	Mn^{2+} , мг/дм ³	0,134	0,102	токс.	0,01	орг.	3	0,1
23	<i>Cu</i> , мг/дм ³	0,00517	0,00432	токс.	0,001	орг.	3	1,0
24	$НП$, мг/дм ³	0,0352	0,0296	р/г	0,05	орг.	4	0,3
25	Феноли, мг/дм ³	0,00252	0,00217	р/г	0,001	орг.	4	0,001
26	Cr^{3+} , мг/дм ³	0,00367	0,00305	токс.	0,07	с.-т.	3	0,5

№	Показник	C _{5%}	C _{10%}	Р/г норми		Санітарні норми		
				ЛОШ	ГДК	ЛОШ	Клас	ГДК
27	Cr ⁶⁺ , мг/дм ³	0,00335	0,00282	токс.	0,02	с.-т.	3	0,05
28	Cr(заг.), мг/дм ³	0,00610	0,00514	–	–	–	–	–
29	Zn, мг/дм ³	0,0449	0,0338	токс.	0,01	заг.с.	3	1,0

Розрахунок значень показників з забезпеченістю $p\%$ виконується за формулою (3) з використанням даних в табл. 1 і 3.1. В табл. 3.5 наведені значення показників якості вод р. Дунай–м. Вилкове з забезпеченістю 5 і 10%. Для кисню забезпеченість складає 95% і 90% відповідно, оскільки він обмежений знизу [20].

Оцінка якості вод за санітарними та рибогосподарськими нормами наведена в табл. 3.6, 3.7.

Таблиця 3.6 – Оцінка якості вод за санітарними нормами

№	Показник	ЛОШ	Клас	ГДК	C _{10%}	C _{10%/ГДК}	Примітка	
9	pH	–	–	6,5-8,5	8,25	–	так	
6	Сух. залишок, мг/дм ³	–	–	1000	335	–	так	
11	БСК ₂₀ , мг/дм ³	–	–	3,0	6,35	–	ні	
16	Розчин. O ₂ , мг/дм ³	–	–	4,0	7,04	–	так	
19	ХСК, мг/дм ³	–	–	15	23,4	–	ні	
5	SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	орг.	4	500	44,6	–	так	
7	Cl ⁻ , мг/дм ³	орг.	4	350	35,7	–	так	
10	NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	с.-т.	3	(2,0) 2,6	0,309	–	так	
13	NO ₃ ⁻ , мг/дм ³	с.-т.	3	45	8,50	–	так	
17	Фосфати (PO ₄ ³⁻), мг/дм ³	орг.	3	3,5	0,219	–	так	
20	АПАР, мг/дм ³	орг.	4	0,5	0,0570	–	так	
21	Fe, мг/дм ³	орг.	3	0,3	0,130	–	так	
22	Mn ²⁺ , мг/дм ³	орг.	3	0,1	0,102	–	так	
23	Cu, мг/дм ³	орг.	3	1,0	0,00432	–	так	
24	НП, мг/дм ³	орг.	4	0,3	0,0296	–	так	
25	Феноли, мг/дм ³	орг.	4	0,001	0,00217	–	ні	
26	Cr ³⁺ , мг/дм ³	с.-т.	3	0,5	0,00305	–	так	
27	Cr ⁶⁺ , мг/дм ³	с.-т.	3	0,05	0,00282	–	так	
29	Zn, мг/дм ³	заг.с.	3	1,0	0,0338	–	так	
2	Na ⁺ +K ⁺ , мг/дм ³	с.-т.	2	200	28,1	0,141	так	
12	Si, мг/дм ³		2	10,0	5,00	0,500		
14	NO ₂ ⁻ , мг/дм ³		2	3,3	0,130	0,039		
						Σ	0,680	

Примітка: Санітарно-гігієнічна ГДК показника NH_4^+ по азоту дорівнює $2,0 \text{ мг/дм}^3$, у перерахунку на іон це відповідає $2,6 \text{ мг/дм}^3$.

Таблиця 3.7 – Оцінка якості вод за рибогосподарськими нормами

№	Показник	ЛОШ	ГДК	$C_{5\%}$	$C_{5\%}/ГДК$	Примітка	
9	pH	–	6,5-8,5	8,30	–	так	
11	BCK_{20} , мг/дм^3	–	3,0	7,53	–	ні	
16	Розчин. O_2 , мг/дм^3	–	6,0	6,54	–	ні	
17	Фосфати (PO_4), мг/дм^3	заг.с.	0,15	0,249	–	ні	
2	$Na^+ + K^+$, мг/дм^3	с.-г.	120,0	31,1	0,26	ні	
3	Ca^{2+} , мг/дм^3		180,0	64,9	0,36		
4	Mg^{2+} , мг/дм^3		40,0	17,7	0,44		
5	SO_4^{2-} , мг/дм^3		100,0	47,2	0,47		
7	Cl^- , мг/дм^3		300,0	38,3	0,13		
13	NO_3^- , мг/дм^3		40,0	9,62	0,24		
					Σ	1,90	
10	NH_4^+ , мг/дм^3	токс.	0,5	0,405	0,81	ні	
14	NO_2^- , мг/дм^3		0,08	0,162	2,03		
20	$АПАР$, мг/дм^3		0,5	0,0731	0,15		
21	Fe , мг/дм^3		0,1	0,171	1,71		
22	Mn^{2+} , мг/дм^3		0,01	0,134	13,40		
23	Cu , мг/дм^3		0,001	0,00517	5,17		
26	Cr^{3+} , мг/дм^3		0,07	0,00367	0,05		
27	Cr^{6+} , мг/дм^3		0,02	0,00335	0,17		
29	Zn , мг/дм^3		0,01	0,0449	4,49		
					Σ	27,97	
24	HPI , мг/дм^3	р/г	0,05	0,0352	0,70	ні	
25	Феноли, мг/дм^3		0,001	0,00252	2,52		
					Σ	3,22	

Відповідно нормам країн ЄС необхідно, щоб кількість перевищень ГДК кожним показником за деякий період часу була не більш $n\%$ від загальної кількості спостережень. Діючі методики визначення фону при розрахунках ГДС забруднювальних речовин зі стічними водами не дозволяють забезпечити цю вимогу. Для того, щоб вона виконувалась у майбутньому, необхідно в якості фонових використовувати значення показників з забезпеченістю $F\%$, рівною $n\%$.

3.3 Прогноз значень показників

Прогнозні значення показників з забезпеченістю $F\%$, що не мають тренду, відповідають їх значенням з такою ж забезпеченістю за минулий період часу (табл. 3.5). Для показників, що мають тренд, ці значення можуть суттєво відрізнятися.

Прогноз значення показника (C_{Fi}) з забезпеченістю F на деякий період часу при відсутності тренду виконується за формулою

$$C_{Fi} = C_{Bri} * \text{ЛОГНОРМОБР}(1-F; \check{C}_{Bri}; \check{G}_{Bri}), \quad (3)$$

де C_{Bri} – середнє багаторічне значення показника (табл. 3.2);

ЛОГНОРМОБР() – оператор в табличному редакторі *Excel*;

\check{C}_{Bri} і \check{G}_{Bri} – параметри логнормального розподілу значень показника (табл. 3), середнє і середньоквадратичне відхилення логарифмованого ряду значень показника.

При наявності тренду –

$$C_{Fi} = C_{Opi} * \exp(\alpha n) * \text{ЛОГНОРМОБР}(1-F; \check{C}_{yti}; \check{G}_{yti}), \quad (4)$$

де C_{Opi} – середнє значення показника за останніх два роки (табл. 3.4);

α – параметр лінії тренда (табл. 3.4);

n – половина загальної кількості місяців прогнозного періоду (якщо прогнозний період 1 рік, то $n=6$);

\check{C}_{yti} і \check{G}_{yti} – параметри логнормального розподілу значень показника при усуненому тренді (табл. 3.4).

Розрахункова частина .

Розрахувати значення показника SO_4^{2-} з забезпеченістю 5% на період 5 років. Вихідні дані (табл. 3.4): $C_{Op}=34,27$; $\alpha=-0,000639$; $\check{C}_{yt}=-0,0008436$;

$$\check{G}_{yT}=0,1527; n=5*12/2=30.$$

Значення показника розраховується за формулою (4)

$$\begin{aligned} C_{5\%} &= C_{OPi} * \exp(\alpha n) * \text{ЛОГНОРМОБР}(1-F; \check{C}_{yTi}; \check{G}_{yTi}) = \\ &= 34,27 * \exp(-0,000639 * 30) * \text{ЛОГНОРМОБР}(1-0,05; -0,0008436; \\ &0,1527) = 34,27 * 0,9810 * 1,284 = 43,18 \approx 43,2 \text{ (мг/дм}^3\text{)}. \end{aligned}$$

Значення показника дорівнює 43,2 мг/дм³, у минулий період значення було 47,2 мг/дм³. Ці значення не дуже відрізняються тому, що у SO_4^{2-} слабкий негативний тренд.

Розрахуємо тепер значення показника АПАР при цих же умовах. Вихідні дані (табл. 3.4): $C_{OP}=0,01518$; $\alpha=-0,0110$; $\check{C}_{yT}=-0,006205$; $\check{G}_{yT}=0,5169$; $n=30$:

$$\begin{aligned} C_{5\%} &= 0,01518 * \exp(-0,0110 * 30) * \text{ЛОГНОРМОБР}(1-0,05; -0,006205; 0,5169) = \\ &= 0,01518 * 0,7189 * 2,355 \approx 0,0257 \text{ (мг/дм}^3\text{)}. \end{aligned}$$

У даному випадку значення показника за минулий період було 0,0731 мг/дм³ (табл. 3.5), прогнозне значення дорівнює 0,0257 мг/дм³, що в 2,8 рази менше. На рис. 3 видно, що АПАР мають суттєвий негативний тренд.

Значення показника NH_4^+ з забезпеченістю 5% на період 5 років. Вихідні дані (табл. 5): $C_{OP}=0,06759$; $\alpha=-0,00591$; $\check{C}_{yT}=0,002172$; $\check{G}_{yT}=0,6686$; $n=30$.

Значення показника розраховується за формулою (4)

$$\begin{aligned} C_{5\%} &= C_{OPi} * \exp(\alpha n) * \text{ЛОГНОРМОБР}(1-F; \check{C}_{yTi}; \check{G}_{yTi}) = \\ &= 0,06759 * \exp(-0,00591 * 30) * \text{ЛОГНОРМОБР}(1-0,05; 0,002172; 0,6686) = \\ &0,1704 \approx 0,17 \text{ (мг/дм}^3\text{)}. \end{aligned}$$

Значення показника дорівнює 0,17 мг/дм³, прогнозне значення в 2,4 рази менше ніж у минулий період 0,415 мг/дм³.

Значення показника БСК₂₀ з забезпеченістю 5% на період 5 років. Вихідні дані (табл. 5): $C_{OP}=3,345$; $\alpha=-0,00306$; $\check{C}_{yT}=0,0007096$; $\check{G}_{yT}=0,4405$;

$n=30$.

Значення показника розраховується за формулою (4)

$$\begin{aligned} C_{5\%} &= C_{OPi} * \exp(\alpha n) * \text{ЛОГНОРМОБР}(1-F; \check{C}_{yTi}; \check{G}_{yTi}) = \\ &= 3,345 * \exp(-0,00306 * 30) * \text{ЛОГНОРМОБР}(1-0,05; 0,0007096; 0,4405) = \\ &\approx 6,3 \text{ (мг/дм}^3\text{)}. \end{aligned}$$

Значення показника дорівнює 6,3 мг/дм³, прогнозне значення менше ніж у минулий період, що складало 7,53 мг/дм³. Ці значення не дуже відрізняються тому, що у БСК₂₀ теж слабкий негативний тренд.

Значення показника NO₃⁻ з забезпеченістю 5% на період 5 років. Вихідні дані (табл. 5): $C_{OP} = 5,078$; $\alpha = -0,00137$; $\check{C}_{yT} = 0,0005994$; $\check{G}_{yT} = 0,3364$; $n=30$.

Значення показника розраховується за формулою (4)

$$\begin{aligned} C_{5\%} &= C_{OPi} * \exp(\alpha n) * \text{ЛОГНОРМОБР}(1-F; \check{C}_{yTi}; \check{G}_{yTi}) = \\ &= 5,078 * \exp(-0,00137 * 30) * \text{ЛОГНОРМОБР}(1-0,05; 0,0005994; 0,3364) = \\ &8,48 \approx 8,5 \text{ (мг/дм}^3\text{)}. \end{aligned}$$

Значення показника дорівнює 8,5 мг/дм³, прогнозне значення менше ніж у минулий період, що складало 9,62 мг/дм³. Ці значення не дуже відрізняються через слабкий негативний тренд у NO₃⁻.

Значення показника Cu з забезпеченістю 5% на період 5 років. Вихідні дані (табл. 5): $C_{OP} = 0,002533$; $\alpha = -0,00353$; $\check{C}_{yT} = -0,001071$; $\check{G}_{yT} = 0,4615$; $n=30$.

Значення показника розраховується за формулою (4)

$$\begin{aligned} C_{5\%} &= C_{OPi} * \exp(\alpha n) * \text{ЛОГНОРМОБР}(1-F; \check{C}_{yTi}; \check{G}_{yTi}) = \\ &= 0,002533 * \exp(-0,00353 * 30) * \text{ЛОГНОРМОБР}(1-0,05; -0,001071; 0,4615) = \\ &0,00486 \approx 0,0049 \text{ (мг/дм}^3\text{)}. \end{aligned}$$

Значення показника дорівнює 0,0049 мг/дм³, прогнозне значення менше ніж у минулий період, що складало 0,0052 мг/дм³. Ці значення не дуже відрізняються через слабкий негативний тренд у Cu.

Значення показника Zn з забезпеченістю 5% на період 5 років. Вихідні дані (табл. 5): $COR = 0,007$; $\alpha = -0,00424$; $\check{C}UT = 0,001126$; $\check{G}UT = 0,7565$; $n = 30$.

Значення показника розраховується за формулою (4)

$$C5\% = COR_i * \exp(\alpha n) * \text{ЛОГНОРМОБР}(1-F; \check{C}UT_i; \check{G}UT_i) =$$

$$= 0,007 * \exp(-0,00424 * 30) * \text{ЛОГНОРМОБР}(1-0,05; 0,001126; 0,7565)$$

$$\approx 0,21 \text{ (мг/дм}^3\text{)}.$$

Значення показника дорівнює 0,021 мг/дм³, прогнозне значення в 2,1 рази менше ніж у минулий період 0,045 мг/дм³.

Таблиця – 3.8 Прогнозовані значення показників з забезпеченістю 5% (рибогосподарські норми) та 10% (санітарні норми) при наявності тренду

№	Показник	C5%	C10%
5	SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	43,2	40,85
10	NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	0,17	0,1336
11	БСК ₂₀ , мг/дм ³	6,3024	5,3704
13	NO ₃ ⁻ , мг/дм ³	8,4803	7,5047
20	АПАР, мг/дм ³	0,0257	0,0213
23	Cu, мг/дм ³	0,0049	0,0041
29	Zn, мг/дм ³	0,0214	0,0163

Наведені розрахунки виконані для періоду 5 років (2018–2022 рр.). Параметр COR – середнє значення показників за два роки 2016–2017 рр. Тобто початок відліку – кінець 2017 р. Прогноз можна зробити спираючись на будь-яку точку відліку. Для цього необхідно знати середнє значення показника за попередній період часу 2-3 роки в ретроспективу від точки відліку. Параметр тренду α остається постійним.

ВИСНОВКИ

За результатами досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Для оцінки якості вод і для розрахунку ГДС за санітарними нормами прогнозна забезпеченість значень показників повинна бути на рівні 10%, у такому разі оцінка якості вод буде відповідати вимогам норм країн ЄС. Для оцінки за рибогосподарськими нормами – 5%.

2. Якість вод річки Дунай не відповідає вимогам санітарних норм до водних об'єктів комунально-побутового призначення по трьох показниках: БСК₂₀, ХСК та феноли. Значення показників склали 6,35 мг/дм³, 23,4 мг/дм³ і 0,00217 мг/дм³, що перевищують гігієнічну ГДК, яка дорівнює 3 мг/дм³, 15 мг/дм³ і 0,001 мг/дм³ відповідно.

3. Якість вод за рибогосподарськими нормами не відповідає вимогам нормативів майже по всіх показниках, виключенням став тільки рН, що склав 8,30.

4. При аналізі рядів спостережень за якістю вод р.Дунай–м.Вилкове у 15 показників були видалені від 1 до 11 значень, що не пройшли тест на однорідність.

5. У 22 з 29 показників якості вод р.Дунай–м.Вилкове (НСО₃⁻, Na⁺⁺K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, сухий залишок, мінералізація, рН, Si, NO₃⁻, NO₂⁻, перманганатне окислення, розчинений O₂, фосфати, фосфор загальний, ХСК, Fe, Mn, нафтопродукти, феноли, Cr³⁺, Cr⁶⁺, Cr загальний) багаторічний тренд або відсутній, або він дуже малий і їм можна знехтувати.

6. Сім показників SO₄²⁻, NH₄⁺, БСК₂₀, NO₃⁻, АПАР, Cu і Zn мають негативний багаторічний тренд з параметром α від «-»0,000639 до «-»0,0110. Тренд апроксимований експоненційною залежністю.

7. При прогнозуванні концентрації SO₄²⁻ на малі інтервали часу трендом можна знехтувати.

8. Наведені вище розрахунки прогнозу виконані для періоду 5 років (2018–2022 рр.).

9 Запропонована методика дозволяє визначити значення показників якості вод для деякого розрахункового періоду з заданою забезпеченістю при оцінці якості вод і для прогнозування фонових значень концентрації забруднювальних речовин при нормуванні їх скидів зі стічними водами.

10 Результати дослідження можуть використовуватись при прогнозуванні фонових значень концентрації забруднювальних речовин з забезпеченістю на рівні європейських норм, що дозволить при нормуванні їх скидів дотриматись вимог цих норм у наступний період.

11 Подальші дослідження необхідно спрямувати на обґрунтування забезпеченості значень показників якості вод і вдосконалення методики їх прогнозу

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Клименко В.Г. Гідрологія України: Навчальний посібник для студентів географів. – Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2010. – 124 с.
2. Гідрологія річки Дунай. Братислава: Природа, 1988. – 271 с. 3.
3. Михайлов В. Н., Повалишнікова Е. С. и др. Многолетние изменения уровней воды в Килийском рукаве дельты Дуная // Водн. ресурсы. – 2001. – 28, № 2. – С. 189-195
4. Александров Б.Г., Зайцев Ю.П., Воробьева Л.В. и др. Экосистема взморья украинской дельты Дуная. – Одесса: Астропринт, 1998. 329 с.
5. Каганер М.С. Ресурсы поверхностных вод СССР. Украина и Молдова. Выпуск 1. Западная Украина и Молдова. / Под ред. М.С. Каганера. – Т.6: - Л.: Гидрометеоиздат, 1967. – 492 с.
6. Лозовіцький П.С. Специфічні речовини токсичної дії у воді річки Дунай. Стаття – Київ, 32 с.
7. Паламарчук М.М. Водний фонд України / М.М.Паламарчук, Н.Б. Загорчевна. - К.: Ніка-Центр, 2006. - 320 с.
8. Гідрологія дельти Дуная. Під ред. Михайлова В. Н. М.: ГЕОС, 2004. – 448с
9. Юрасов С.М., Сафранов Т.А., Чугай А.В. Оцінка якості природних вод: Навчальний посібник. – Одеса, 2011. – 164 с.
10. Оцінка якості природних вод: Навчальний посібник. – Одеса: 2011. – 164 с.
11. Экология города: Учебник / Под общей ред. проф. Стольберга Ф.В. – К.: Либра, 2000. – 464 с.
12. Методические основы оценки и регламентирования антропогенного влияния на качество поверхностных вод / Под ред. проф. А.В. Караушева. Изд. 2-ое. – Л. Гидрометеоздат, 1987. – 285 с.
13. Інструкція про порядок розробки та затвердження гранично

допустимих скидів (ГДС) речовин у водні об'єкти зі зворотними водами: Затв. наказом Мін. охорони навколишнього природного середовища України 15.12.94 р. № 116. – К., 1994. – 79 с.

14. СанПиН № 4330-88. Санитарные нормы и правила охраны поверхностных вод от загрязнения. – М., 1988

15. Экология города: Учебник / Под общей ред. проф. Стольберга Ф.В. – К.: Либра, 2000. – 464 с.

16. Юрасов С.Н., Алексеенко Е.А. Учет временной изменчивости состава и свойств вод при оценке их качества по санитарным нормам на примере р.Днестр-г.Беляевка // Український гідрометеорологічний журнал: Науковий журнал / Голов. ред. С.М.Степаненко. – (Одеса: “Екологія”, 2012. – № 11 – С. 14-23.)

17. Матеріали семінару «Основи природоохоронного законодавства України та Європейського співтовариства: водні ресурси». – К.: Державний інститут підвищення кваліфікації та перепідготовки кадрів Мінекобезпеки України, травень 1997 р.

18. Проскурин О.А. Нормирование сброса в водный объект последовательно трансформирующихся веществ со сточными водами для случая неполного разбавления/О.А. Проскурин // Комунальне господарство міст: Науково-технічний збірник. Харків, 2012. № 103. С. 211–217.

19. Юрасов С.Н., Алексеенко Е.А. Апроксимація законів розподілу показників якості вод на прикладі річки Дністер – місто Біляївка. / Людина та довкілля. Проблеми неоекології: Науковий журнал Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Харків, 2014. № 3-4. с. 46-51

20. Гопченко Є.Д. Гідрологічні розрахунки / Є.Д. Гопченко, Н.С. Лобода, В.А. Овчарук – Одеса. : ТЕС, 2014. - 483 с.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК АПублікацій за темою магістерської кваліфікаційної роботи

1. Юрасов С. М., Аргіров Д. Г. «Врахування часової мінливості показників якості вод при їх оцінці» Abstracts of III International Scientific and Practical Conference Lviv, Ukraine 28-29 December 2019. С. 70.
2. Закони розподілу показників та прогноз якості вод» ОДЕКУ
3. «Закони розподілу показників та прогноз якості вод на прикладі р. Дунай–м.Вилкове ОДЕКУ
4. Аргіров Д. Г., Юрасов С. М. «Аналіз однорідності і хронологічної мінливості значень показників якості вод р. Дунай» SCIENCE, SOCIETY, EDUCATION: TOPICAL ISSUES AND DEVELOPMENT PROSPECTS Abstracts of VI International Scientific and Practical Conference Kharkiv, Ukraine 10-12 May 2020 - 345 с.
5. Аргіров Д. Г., Юрасов С. М. «Закони розподілу показників та оцінка якості вод» PERSPECTIVES OF WORLD SCIENCE AND EDUCATION Abstracts of IX International Scientific and Practical Conference Osaka, Japan 20-22 May 2020 – 253 с.
6. Аргіров Д. Г., Юрасов С. М. «Прогноз значень показників якості вод при розрахунках ГДС» The 2nd International scientific and practical conference “Priority directions of science and technology development” (October 25-27, 2020) SPC “Sci-conf.com.ua”, Kyiv, Ukraine. 2020. 1017 p. 386 с .
7. Аргіров Д. Г., Юрасов С. М. «Хронологічна мінливість та однорідність показників при прогнозі якості вод р. Дунай із заданою забезпеченістю» The 1st International scientific and practical conference ?Achievements and prospects of modern scientific research? (December 6-8, 2020) Editorial EDULCP, Buenos Aires, Argentina. 2020. 660 p. 191 с.
8. Аргіров Д. Г., Юрасов С. М. «Прогнозування показників якості вод

- р. Дунай-м. Вилкове» Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: матеріали VIII Міжнародної наукової конференції молодих вчених. Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2020. 11 с.
9. Аргіров Д.Г., Юрасов С.М. «Забезпечення вимог норм країн ЄС під час оцінки якості вод і розрахунків ГДС забруднювальних речовин зі стічними водами». екологічні науки: науково-практичний журнал / Головний редактор Бондар О.І. – К. : Видавничий дім «Гельветика», 2020. № 5(32). 142 с.

ДОДАТОК Б

Довідка

кафедри екології та охорони довкілля про участь студента

Аргірова Дениса Георгійовича в кафедральних науково-дослідних роботах:

Тема НДР «Стан водних об'єктів Одеської області в умовах антропогенного навантаження» (2019р.)

«Затверджую»

Зав. кафедрою _____ проф. Сафранов Т.А.