

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет природоохоронний
Кафедра екології та охорони довкілля

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

на тему: «Мінливість якості вод і її врахування при розрахунках гранично допустимих скидів речовин (на прикладі річки Дністер)»

Виконав студент 2 курсу групи МОС-22
спеціальності 101 Екологія
Майнов Олександр Олегович

Керівник к.т.н., доц.
Юрасов Сергій Миколайович

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

Одеса 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет природоохоронний

Кафедра екології та охорони довкілля

Рівень вищої освіти магістр

Спеціальність 101 – Екологія

Освітньо-професійна програма Екологія та охорона навколишнього середовища

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри екології та охорони довкілля

Т.А.Сафранов

“ 23 ” жовтня 2023 року

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу магістра

Майнова Олександра Олеговича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Мінливість якості вод і її врахування при розрахунках гранично допустимих скидів речовин (на прикладі річки Дністер)»

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

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “16” жовтня 2023р. № 215«С»

2. Строк подання студентом роботи 30 грудня 2023 р.

3. Вихідні дані до роботи Результати спостережень Біляївської СЕС за якістю вод річки Дністер, нормативна та технічна література з питань охорони довкілля

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити

1) Загальна характеристика Одеської області

2) Характеристика річки Дністер

3) Загальна характеристика мінливості якості вод Дністра

4) Оцінка якості вод Дністра за санітарними та рибогосподарськими нормами

5) Особливості розрахунків групових показників якості вод Дністра

6) Оцінка якості вод за іригаційними співвідношеннями катіонів

7) Загальні положення розрахунку ГДС

8) Розрахунок фонових значень показників

9) Прогноз значень показників з заданою забезпеченістю

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1) Знімок нижньої частини річки Дністер

2) Часовий хід значень показників якості вод Дністра

3) Закони розподілу показників якості вод

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 23 жовтня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи магістра	Термін виконання етапів кваліфікаційної роботи магістра	Оцінка виконання етапу	
			у%	за 4-х бальною шкалою
1	<i>Загальна характеристика Дністра і району його розташування</i>	23.10.23-30.10.23	85	добре
2	<i>Статистична обробка результатів спостережень за якістю вод Дністра</i>	31.10.23-08.11.23	85	добре
3	<i>Визначення параметрів експоненціального часового тренду</i>	09.11.23-12.11.23	85	добре
	<i>Рубіжна атестація</i>	13.11.23-17.11.23	85	добре
5	<i>Визначення параметрів законів розподілу показників якості вод Дністра</i>	18.11.23-20.11.23	85	добре
6	<i>Аналіз отриманих результатів, розробка пропозицій виконання оцінки якості вод відповідно вимогам норм Країн ЄС</i>	21.11.23-25.11.23	85	добре
7	<i>Аналіз діючої методики розрахунку ГДС речовин зі стічними водами а пропозиції дотримання вимог норм ЄС при розрахунках ГДС</i>	26.11.23-29.11.23		добре
8	<i>Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності, відсутності ознак плагіату та складення протоколу і висновку керівника.</i>	30.11.23-05.12.23	85	добре
9	<i>Підготовка остаточної версії магістерської кваліфікаційної роботи та презентаційного матеріалу до публічного захисту в екзаменаційній комісії.</i>	06.12.23-13.12.23	85	добре
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		85,0	

Студент _____
(підпис)

Майнов О.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Юрасов С.М.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Майнов О.О. Мінливість якості вод і її врахування при розрахунках гранично допустимих скидів речовин (на прикладі річки Дністер)

Магістерська робота присвячена визначенню закономірностей часової мінливості показників (гідрохімічних, груп сумації та іригаційних співвідношень катіонів) якості вод нижній частини річки Дністер та врахуванню цієї мінливості при розрахунках гранично допустимих скидів (ГДС) речовин зі стічними водами.

Об'єкт дослідження – якість вод нижній частини річки Дністер.

Предмет дослідження – мінливість показників якості вод нижній частини річки Дністер.

Мета дослідження – запропонування методики оцінки якості вод відповідно вимог норм країн ЄС та методики забезпечення вимог цих норм при розрахунках гранично допустимих скидів (ГДС) речовин зі стічними водами.

Елементи наукової новизни полягають в визначенні закономірностей мінливості показників груп сумації й іригаційних співвідношень катіонів, а також в запропонуванні заходів забезпечення вимог норм країн ЄС при розрахунках гранично допустимих скидів речовин зі стічними водами.

Україна має намір вступити до Європейського співтовариства. Для цього потрібне врегулювання усіх галузей вітчизняного законодавства, у тому числі й природоохоронного, із законодавством країн ЄС.

Згідно Директивам країн ЄС якість поверхневих вод протягом деякого попереднього періоду часу відповідає вимогам норм, якщо кількість перевищень ГДК по кожному показнику складає не більш 5% (рибогосподарські норми) або 10% (санітарні норми) від загальної кількості спостережень за розглядуваний період часу. Ця умова повинна виконуватись і у майбутньому при розрахунках ГДС речовин зі стічними водами. Однак, існуючі методики визначення фонових значень показників не дозволяють

оцінити їх ймовірність і тим самим перевірити, чи будуть виконуватися вимога норм ЄС за частотою перевищення ГДК у майбутньому. Таким чином вдосконалення методик розрахунку ГДС речовин є актуальним завданням.

Практично усі показники якості вод нижній частини річки Дністер мають негативний тренд: виражений негативний тренд простежується у 8 показників; середній негативний тренд мають 11 показників; слабкий (незначний) негативний тренд у 10 показників. Позитивний середній тренд простежується тільки у міді й $\Psi_{T.P/X}$; незначний у гідрокарбонатів. Виражену сезонну мінливість мають 12 показників: мутність, O_2 , BCK_{20} , мінералізація; гідрокарбонати; сульфати; хлориди; кальцій; алюміній; залізо; мідь; $\Psi_{T.P/X}$. Це можна пояснити зв'язком цих показників зі стоком річки. Останні показники не мають вираженої сезонної мінливості.

Для оцінки якості вод відповідно Директивам країн ЄС необхідно використовувати значення показників із забезпеченістю 5 або 10% в залежності від норм, що використовуються.

Оцінка якості вод Дністра за вітчизняними нормами (з використанням середніх значень показників) і за нормами ЄС (з використанням значень з забезпеченістю 5 і 10%) у цілому співпадає, вода не відповідає вимогам: санітарних норм за вмістом органічних речовин (BCK і XCK) і заліза; рибогосподарських норм за вмістом органічних речовин (BCK), а також речовин токсикологічної і санітарно-токсикологічної груп сумарної дії. Але за нормами ЄС додатково недопустимий вміст нітратів (санітарні норми) і значення показників вмісту речовин сумарної дії значно вище.

При оцінці якості вод за груповими показниками вмісту речовин сумарної дії і за іригаційними співвідношеннями катіонів значення цих показників необхідно розраховувати за законами їх розподілу.

При оцінюванні можливості використання вод для поливу бажано знаходити ймовірність граничних значень співвідношень іонів. Це дозволяє оцінити період часу в частках від одиниці, коли вода не відповідає іригаційним кондиціям за розглядуваним співвідношенням іонів.

При розрахунках гранично допустимих скидів забруднювальних речовин зі стічними водами в якості фона бажано використовувати значення показників з забезпеченістю 5 або 10%. Тоді розрахований ГДС буде забезпечувати виконання вимог норм країн ЄС при скидах речовин у майбутньому.

Результати роботи опубліковані у матеріалах X Міжнародної науково-практичної конференції «Modern problems of science, education and society», яка відбулася 4-6.12.2023 у Києві.

Ключові слова: якість вод, показники якості, часовий тренд, параметри законів розподілу, оцінка якості вод, санітарні норми, рибогосподарські норми, сумарна дія речовин, іригаційні співвідношення катіонів, забезпеченість показників, гранично допустимий скид.

ANNOTATION

Mainov O.O. Variability in water quality and its consideration under calculations maximum permissible discharges of substances (on the case study of the Dniester river)

The master's thesis is devoted to the determination of patterns of temporal variability of indicators (hydrochemical, summation group and irrigation ratios of cations) of the water quality of the lower part of the Dniester River and taking into account this variability when calculating the maximum permissible discharges (MPD) of substances with wastewater.

The object of research – water quality of the lower part of the Dniester River.

The subject of research – variability of water quality indicators of the lower part of the Dniester River.

The purpose of research – determining the characteristics of variability and forecasting the values of water quality indicators and proposing measures to ensure the requirements of the norms of the EU countries when calculating the maximum permissible discharges of substances with wastewater.

Elements of scientific novelty consist in the analysis of the variability of indicators of the summation groups and irrigation ratios of cations, as well as in the proposal of measures to ensure the requirements of the norms of the EU countries when calculating the maximum permissible discharges of substances with wastewater.

Ukraine intends to join the European Community. This requires the regulation of all branches of domestic legislation, including environmental legislation, with the legislation of EU countries.

According to the water legislation of the EU countries, the quality of surface water during a certain previous period of time meets the requirements of the standards, if the number of exceedances of the MPC for each indicator does not exceed 5% (fisheries) or 10% (sanitary) of the total number of observations for the period under consideration. This condition should also be fulfilled in the future when calculating the GDS of substances with wastewater. However, the existing

methods of determining the background values of the indicators do not allow to estimate their probability and thus to check whether the requirements of the EU norms regarding the frequency of exceeding the MPC will be met in the future. Thus, the improvement of methods for calculating the GDS of substances is an urgent task.

Practically all water quality indicators of the lower part of the Dniester River have a negative trend: a pronounced negative trend can be traced in 8 indicators; 11 indicators have an average negative trend; weak (insignificant) negative trend in 10 indicators. A positive average trend can be traced only in copper and $\Psi T.P/X$; insignificant in hydrocarbons. 12 indicators have pronounced seasonal variability: turbidity, O₂, BSK₂₀, mineralization; hydrocarbons; sulfates; chlorides; calcium; aluminum; iron; copper; $\Psi T.P/X$. This can be explained by the connection of these indicators with the flow of the river. The latest indicators do not have pronounced seasonal variability.

To assess the quality of water in accordance with the Directives of the EU countries, it is necessary to use the values of indicators with a margin of 5 or 10%, depending on the standards used.

The assessment of the quality of the Dniester waters according to national standards (using the average values of indicators) and according to EU standards (using values with 5 and 10% assurance) generally coincides, the water does not meet the requirements of: sanitary standards for the content of organic substances (BSK and HSC) and iron; of fisheries standards for the content of organic substances (BSC), as well as substances of toxicological and sanitary-toxicological groups of total action. But according to EU regulations, the nitrate content is additionally unacceptable (sanitary standards) and the value of indicators of the content of substances with a cumulative effect is much higher.

When assessing water quality by group indicators of the content of substances of total action and by irrigation ratios of cations, the value of these indicators must be calculated according to the laws of their distribution. When evaluating the possibility of using water for irrigation, it is desirable to find the probability of the

limit values of ion ratios. This makes it possible to estimate the period of time in fractions of a unit when the water does not meet the irrigation conditions for the considered ion ratio.

When calculating the maximum allowable discharges of polluting substances with wastewater, it is desirable to use the values of indicators with a margin of 5 or 10% as a background. Then the calculated GDS will ensure the fulfillment of the requirements of the norms of the EU countries in case of discharges of substances in the future.

Key words: water quality, quality indicators, time trend, parameters of distribution laws, water quality assessment, sanitary standards, fisheries standards, total effect of substances, irrigation ratios of cations, security of indicators, maximum permissible discharge.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	12
ВСТУП	14
1 КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА НИЖНЬОГО ДНІСТРА	17
1.1 Загальні відомості	17
1.2 Річкова мережа	18
1.3 Водойми	19
1.4 Заплава	19
1.5 Русло річки	20
1.6 Живлення річки	22
1.7 Стік	23
1.8 Рівень	24
1.9 Температура води	27
1.10 Хімічний склад	27
2 ЧАСОВА МІНЛИВІСТЬ СКЛАДУ І ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОД НИЖНІЙ ЧАСТИНИ РІЧКИ ДНІСТЕР	29
2.1 Мінливість показників якості вод	29
2.2 Оцінка якості вод річки Дністер за санітарними та рибогосподарськими нормами	45
2.3 Оцінка якості вод Дністра за іригаційними співвідношеннями катионів	50
3. ВРАХУВАННЯ МІНЛИВОСТІ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ВОД ПРИ РОЗРАХУНКАХ ГДС	55
3.1 Загальні положення розрахунку ГДС	55
3.2 Загальні положення розрахунку фонових значень показників якості вод	57
3.3 Прогноз значень показників якості вод	58
ВИСНОВКИ	60
ПРЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	63
ДОДАТОК	67

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

ЄС	–	європейське співтовариство;
ГДК	–	гранично допустима концентрація;
ГДС	–	гранично допустимий скид;
СЕС	–	санітарно епідеміологічна служба;
сМТ	–	селище міського типу;
мг/дм ³	–	міліграмів в дециметрі кубічному;
мг-екв/дм ³	–	міліграм-еквівалентів в дециметрі кубічному;
Ca ²⁺	–	концентрація катіона в мг/дм ³ ;
HCO ₃ ⁻	–	концентрація аніона в мг/дм ³ ;
rNa ⁺	–	концентрація катіона в мг-екв/дм ³ ;
мгО/дм ³	–	концентрація речовини в перерахунку на кисень;
мгN/дм ³	–	концентрація речовини в перерахунку на азот;
pH	–	водневий показник;
O ₂	–	кисень;
БСК ₂₀	–	біохімічне споживання кисню за 20 діб;
ХСК	–	хімічне споживання кисню;
NH ₄ ⁺	–	іон амонію;
NO ₂ ⁻	–	нітрит-іон;
NO ₃ ⁻	–	нітрат-іон;
HCO ₃ ⁻	–	гідрокарбонат-іон;
SO ₄ ²⁻	–	сульфат-іон;
Cl ⁻	–	хлорид-іон;
Ca ²⁺	–	іон кальцію;
Mg ²⁺	–	іон магнію;
Na ⁺ + K ⁺	–	іони натрію і калію;
Ψ _{СТ.САН}	–	показник вмісту речовин санітарно токсикологічної групи з ефектом сумації за санітарними нормами;

- $\Psi_{CT.P/X}$ – показник вмісту речовин санітарно токсикологічної групи з ефектом сумачії за рибогосподарськими нормами;
- $\Psi_{T.P/X}$ – показник вмісту речовин токсикологічної групи з ефектом сумачії за рибогосподарськими нормами;
- k_1 – співвідношення концентрації rNa^+/rCa^{2+} в еквівалентах;
- k_2 – $rNa^+/(rCa^{2+}+rMg^{2+})$ в еквівалентах;
- k_3 – $rMg^{2+}/(rCa^{2+}+rMg^{2+})$ в еквівалентах;
- k_4 – $(Na^++K^+)/(Ca^{2+}+Mg^{2+}+Na^++K^+)$ в мілімолях;
- $C_{ТП}$ – значення функції тренду на початку спостережень;
- $C_{ТК}$ – значення функції тренду наприкінці спостережень;
- K_T – співвідношення функції тренду на початку і наприкінці періоду спостережень;
- C_5 – значення показника з 5% забезпеченістю;
- C_{10} – значення показника з 10% забезпеченістю;
- C_{Fi} – значення i -го показника з забезпеченістю F ;
- F – забезпеченість;
- $ЛОГНОРМОБР()$ – оператор в табличному редакторі *Excel*;
- $ЛОГНОРМРАСП()$ – оператор в табличному редакторі *Excel*;
- \check{C}_i – середнє значення логарифмованого ряду;
- \check{G}_i – стандартне відхилення логарифмованого ряду;
- \check{C}_{HTi} – середнє значення логарифмів ряду, нормованого за лінією експоненціального тренду;
- \check{G}_{HTi} – стандартне відхилення логарифмів ряду, нормованого за лінією експоненціального тренду;
- a і b – параметри експоненціального тренду;

ВСТУП

Актуальність проблеми. Україна має намір вступити до Європейського співтовариства. Для цього потрібне врегулювання усіх галузей вітчизняного законодавства, у тому числі й природоохоронного, із законодавством країн ЄС.

Згідно водного законодавства країн ЄС [1-6] якість поверхневих вод протягом деякого попереднього періоду часу відповідає вимогам норм, якщо кількість перевищень ГДК по кожному показнику складає не більш 5% (рибогосподарські норми) або 10% (санітарні норми) від загальної кількості спостережень за розглядуваний період часу. Ця умова повинна виконуватись і у майбутньому при розрахунках ГДС речовин зі стічними водами. Однак, існуючі методики визначення фонових значень показників не дозволяють оцінити їх ймовірність і тим самим перевірити, чи будуть виконуватися вимога норм ЄС за частотою перевищення ГДК у майбутньому. Таким чином вдосконалення методик розрахунку ГДС речовин є актуальним завданням.

Магістерська робота присвячена визначенню закономірностей часової мінливості показників якості вод нижньої частини річки Дністер та врахуванню цієї мінливості при розрахунках гранично допустимих скидів (ГДС) речовин зі стічними водами. Для виконання роботи використані результати спостережень СЕС на станції «Дністер» міста Біляївка за 2005-2019 роки.

Робота складається з двох частин.

У першій частині:

надається загальна характеристика річки Дністер;

виконано аналіз часової мінливості гідрохімічних, групових сумарної дії та іригаційних показників якості вод зі визначенням параметрів експоненціального тренду;

визначено закони розподілу показників якості вод і значення показників з 5 й 10% забезпеченістю;

виконано оцінка якості вод за рибогосподарськими і санітарними

нормами відповідно вимог законодавства країн ЄС.

У другій частині:

розглядаються теоретичні передумови розрахунку ГДС і фонових значень показників якості вод;

визначено параметри логнормального розподілу нормованих за лінією експоненціального тренду рядів спостережень за показниками якості вод;

виконано прогноз значень показників якості вод з забезпеченістю 5 і 10% та запропоновано заходи забезпечення вимог норм країн ЄС у майбутньому при розрахунках ГДС речовин зі стічними водами.

Об'єкт дослідження – якість вод річки Дністер.

Предмет дослідження – мінливість показників якості вод нижньої частини річки Дністер.

Мета дослідження – запропонування методики оцінки якості вод відповідно вимог норм країн ЄС та методики забезпечення вимог цих норм при розрахунках гранично допустимих скидів (ГДС) речовин зі стічними водами.

Завдання дослідження:

- за даними спостережень виконати аналіз часової мінливості показників якості вод річки Дністер і визначити параметри їх часового тренду;
- визначити параметри законів розподілу показників для оцінки і прогнозування якості вод річки Дністер;
- запропонувати заходи забезпечення вимог норм країн ЄС при розрахунках ГДС речовин зі стічними водами.

Елементи наукової новизни полягають в визначенні закономірностей мінливості показників груп сумації й іригаційних співвідношень катіонів, а також запропонуванні заходів забезпечення вимог норм країн ЄС при розрахунках ГДС речовин зі стічними водами на прикладі річки Дністер.

Матеріали і методи дослідження.

В роботі використані результати спостережень за якістю вод річки Дністер СЕС на водозабірної станції «Дністер» міста Білявка за 2005-

2019 роки.

Дослідження в роботі виконані з використанням *методів* математичної статистики (первинна і вторинна статистична обробка), порівняльного аналізу, лінійного регресійного аналізу.

Результати роботи опубліковані у матеріалах X Міжнародної науково-практичної конференції «Modern problems of science, education and society», яка відбулася 4-6.12.2023 у Києві.

Обсяг і структура роботи. Кваліфікаційна робота магістра має 66 сторінок комп'ютерного тексту. Зміст роботи включає вступ, перелік умовних скорочень, три розділи, висновки, список використаних джерел, додаток. Робота містить 9 таблиць й 36 рисунків. Список використаних літературних джерел складає 26 найменувань.

1 КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА НИЖНЬОГО ДНІСТРА

1.1 Загальні відомості

Початок річки Дністер [7-15] розташований на північному схилі Карпат. Дністер починається з джерел, які виходять на північно-західному схилі гори Розлуч, в селі Вовче. Впадає Дністер в Дністровський лиман Чорного моря, на відстані 35 км в північно-західному напрямку від міста Одеса. Виток річки знаходиться на висоті 760 метрів, ширина джерела - 1,0 метр, падіння річки взагалі становить 759 метрів, нахил водної поверхні в середньому - 1,78‰, максимальний нахил - 39,0‰ (на відстані 4 км), мінімальний нахил - 0,1‰ (в нижній течії річки). Довжина річки у цілому становить 1352 кілометри, площа її водозбору - 72100 квадратних кілометрів. Басейн Дністра має форму сильно витягнутого, зігнутого в середині овалу, приблизно 700 км у довжину з середньою шириною 120 км.

Ґрунти в більшій частині території басейну (Прикарпаття, Розточчя, Опілля і Подільське плато) переважно є середньо- і легкосуглинковими, головним чином пілуватими. На Покутті і Бессарабській височині ґрунти стають пілувато-важкосуглинковими і глинистими.

Найбільший масив боліт в басейні Дністра - це Великі Наддністрянські болота, які займають близько 100 квадратних кілометрів і розташовані в східній частині Сано-Дністровської рівнини. Ці болота простягаються вздовж правого берега Дністра від села Корналовичі майже до села Розвадів на протязі близько 40 кілометрів. Окремі заболочені ділянки також прилягають до основного масиву і розташовані вздовж нижніх течій річок Стрваж, Верещиця, Клодніца, Бистриця та Тисьменіца. Болота зустрічаються тільки обмеженими ділянками, переважно в долинах річок і займають близько 1,6% загальної площі басейну. Загальна площа боліт в басейні Дністра вище села Розвадів становить близько 250 квадратних кілометрів. Велика частина з них вже осушена і перетворена на луки з хорошими пасовищами і

сільськогосподарськими культурами. Окрім осушення за допомогою відкритих каналів також проводиться кальматація боліт водами річок Дністер і Стрваж.

Усі інші заболочені ділянки в басейні Дністра, в основному, є заплавними болотами і розташовані переважно в долинах річок Розточчя і Подільських приток, а також в долинах річок Ягорлик, Тростянець, Кучурган, Реут і Бик (в нижній течії). Заболочені невеликі ділянки також зустрічаються в плавнях Нижнього Дністра, які розташовані на Карпатських передгір'ях на висоті 400-500 метрів над рівнем моря, а також в басейнах річок Свіча і Лімниця.

1.2 Річкова мережа

Загальна гідрографічна мережа басейну Дністра подібна до структури пташиного пера, в якому основна артерія - річка Дністер, приймає свої притоки з обох берегів. Однією з ключових особливостей гідрографічної мережі Дністра є відсутність великих приток. Всього в басейні існує 16890 річок загальною довжиною 42761 км. Більшість з них є малими річками з довжиною до 10 км (16294 річки з загальною довжиною 26164 км); є також 449 річок довжиною 10-25 км, 86 річок - 26-50 км, 45 річок довжиною 51-100 км, 15 річок довжиною від 100 до 300 км і 1 (основна) річка довжиною понад 1000 км.

Річкова мережа має нерівномірний розподіл в різних частинах басейну: найбільше розвинена в Карпатській частині басейну, де густота становить 1-1,5 км/км², далі в лівобережній, Подільській частині (0,75 км/км²), та найменше розвинена в південній, степовій частині (0,20 км/км²). Розвиток річкової мережі на правому та лівому березі Дністра відрізняється в різних частинах басейну. У верхній третині течії річка переважно розвивається на правому березі, де розташовані річки, такі як Бистриця, Стрий, Свіча, Лімниця, Луква, Бистриця Солотвинська та Надвірнянська. В нижній частині

річки, головним чином в середній течії, річкова мережа складається переважно з лівобережних приток (Серет, Збруч, Стрипа, Смотрич, Ушиця, Лядова, Немія, Дерлей, Мурафа та інші). У нижній частині басейну знову збільшується кількість річок на правому березі, де розташовані річки Реут, Бик і Ботна.

Басейн Дністра також характеризується наявністю біфуркації річок. Під час високих рівнів води під час повеней або паводків частина води з Дністра переливається в річки басейну Сяну в районі Сано-Дністровської низини.

1.3 Водойми

В басейні річки Дністер відсутні значні озера. Проте в заплаві нижньої течії річки, особливо в районі плавнів, розташовані численні озера-стариці та озера-лимани, які в більшості випадків з'єднуються протоками між собою та з річкою. Значна кількість озер-стариць знаходиться на заплаві Дністра в його верхньому бігу між селами Кирилівка та містом Галич, і кілька озер існує в межах Наддністрянського болотного масиву.

В басейні Дністра поширені ставки та водосховища, особливо численні в долинах лівих приток Дністра, таких як Верещиця, Луг, Свірж, Золота Липа, Стрий, Серет, Збруч, і в меншій кількості в долинах річок Лядова, Мурафа, Русавка, а також на території Молдавської РСР (Реут і інші).

1.4 Заплава

Ширина заплави, розташованої нижче міста Бендери, коливається в межах від 4 до 6 кілометрів, а в селі Чобручі досягає 13,5 кілометрів. Розподіл плавневих ділянок між правим і лівим берегами річки неоднаковий, і основний масив плавнів приурочений до правого берега, де ширина заплави сягає 8-9 кілометрів, а в місці розгалуження рукаву Турунчук плавні переходять на лівий берег, утворюючи острівну зону того ж імені. Поверхня

плавнів неоднакова, і найвищі їх частини розташовані біля берегів основного русла і в озерах-старицях, піднімаючись над річкою на 1-3 метри. Ці вищі прибережні ділянки, в певному роді, обгороджують річку, вкриті густою деревною рослинністю, виноградниками та частково садами, і, в місцях, покритих нижчими рослинами, вони займаються городами. Більш низькі ділянки вкриті щільними заростями очерету та очерету. В деяких місцях заплавні території огорожені захисними дамбами та валами висотою від 1 до 4 метрів і, при високих рівнях води, затоплюються лише прибережні незабезпечені ділянки плавнів, і в разі прориву захисних споруд плавні повністю затоплюються водою. Поверхня плавнів пересічена численними дрібними протоками, вимоїнами, старицями і озерами, які в основному утворились на місці колишніх стариць (озера Плоске, Путрине, Підкова, Криве і інші). Більш піднята заплава складається з важко суглинистого і пілуватого ґрунту, тоді як менш піднята частина має глинистий ґрунт, багатий мулом.

Нижче села Олонешти характер плавнів дещо змінюється. Тут берегові гряди нижчі і більш схильні до розмивання, великі площі заплавні заболочені і покриті густими заростями очерету, рогозу та комишу. Ґрунти стають мулисто-торф'янистими і мулистими. Вищі прируслові ділянки, шириною до 0,5 кілометрів, вкриті лісами верби та осики. Весною протягом 1-2 місяців і більше плавні затоплюються водою на глибину від 1 до 3 метрів.

1.5 Русло річки

У нижній течії річки Дністер спостерігається сильна звивистість русла (коефіцієнт звивистості становить 2,5). Річка формує ряд широких петель з великими радіусами кривизни, русло досить розгалужене і нестійке. Основне русло Дністра, так само, як і його протоки, які мають постійний або тимчасовий зв'язок з ним, з часом зазнає помітних змін у своєму напрямку.

Знаходячись на відстані 1 кілометра нижче села Чобручі (з лівого

берега), на 148-му кілометрі від гирла, Дністер розділяється постійно діючим рукавом Турунчук завдовжки 58 кілометрів. Цей рукав впадає в Дністер через озеро Біле на 21-му кілометрі від гирла, у селі Біляївка. Русло руки Турунчук має виразну звивистість, є слабо розгалуженим і має ширину від 34 до 270 метрів, переважно 60-75 метрів. Глибина рукава коливається від 5 до 7 метрів, в деяких місцях досягає 10-13 метрів, а нижче впаду до 2-4 метрів. Швидкість течії в руслі Турунчук становить 0,5-1 метр на секунду, дно є піщано-глинистим, береги круті і обривисті, складені суглинками та вкриті рослинністю, такою як трава, чагарники і дерева. Нижче села Яськи, береги руки Турунчук заростають очеретом. Озеро Біле має довжину 2,5 кілометра і ширину 2 кілометри, його береги є низькими і пологими, та, як і всі інші озера, заростають густими заростями очерету, рогозу та осоки.

В русла Дністра зустрічаються піщані пляжі та кіси, довжиною до декількох сотень метрів. Нахил річки дуже невеликий (приблизно 0,05‰) і рівномірно розподілений. Плеса і перекати чергуються безперервно. Ширина річки до відгалуження руки Турунчук зазвичай коливається від 100 до 200 метрів, нижче вона зменшується до 50-100 метрів, а в селі Біляївка досягає максимальних 600 метрів. Глибина на перекатах коливається від 1,6 до 2,5 метрів, в плесах вона становить 4,0-8,0 метрів, в деяких місцях досягає 10-12 метрів, і в селі Пуркарь до 16 метрів. Швидкість течії в руслі Дністра становить 0,2-0,4 метри на секунду, на перекатах вона досягає 0,5-0,9 метра на секунду.

Русло річки є відкритим, і в деяких місцях воно забруднене впалими деревами і корчами, а в нижній частині ріки, біля берегів, воно заростає очеретом, осокою і кропивою. Дно русла нерівне: вище міста Бендери в основному піщано-глинисте, нижче воно стає піщано-мулистим, і при впадінні ріки в лиман воно переважно піщано-глинисте і містить значний шар мулу. Береги річки є крутими і обривистими, висотою від 3 до 6 метрів, вони складаються з глини та піску, мають галькові та гравійні пляжі і вкриті рослинністю, такою як трава, чагарники і дерева. На прибережній ділянці

береги є низькими і пологими, вони заросли очеретом, осокою і рідкісними чагарниками.

1.6 Живлення річки

З урахуванням умов живлення, басейн Дністра, відповідно до географічних особливостей і кліматичних умов, можна поділити на три відокремлені області:

1. Карпатська частина (верхня правобережна частина басейну від верхів'їв до села Нижній) виступає головною зоною формування стоку Дністра. Стік у цій частині басейну рівномірно розподіляється протягом всього року.

2. Волино-Подільська частина (лівобережна частина басейну від впадання річки Верещиця до селища Кам'янка) виступає другорядною областю живлення. Основна частина стоку з цієї території проходить у зв'язку з таненням снігу у весняний період. Протягом інших частин року стік є незначним і відрізняється великою рівномірністю через природні та штучні регулювання.

3. Нижня частина басейну (нижче селища Кам'янка), де русло Дністра є транзитним, приймає дуже обмежені притоки з невеликими водозбірними площами, які не мають значного впливу на режим річки.

Відповідно до умов живлення Дністра, режим річки на окремих ділянках має виражені особливості, відповідні розподілу стоку в кожній з вищезазначених областей живлення. Для верхньої частини Дністра характерна велика кількість повеней протягом всього року. Повені можуть бути спричинені як короткочасними інтенсивними опадами під час теплового періоду, так і короткочасним таненням снігу в горах під час зимових танень та загальним таненням снігового покриву навесні. Лівобережні притоки характеризуються весняними повенями, а влітку опади в місцевості мають обмежений вплив на режим річки, хоча іноді спостерігаються окремі значні

повені. Водний режим нижнього русла річки є результатом комбінованого впливу правобережних та лівобережних притоків.

Отже, живлення річки є різноманітним: у весняний період основним джерелом стоку є талі снігові води, з травня по жовтень річка головним чином живиться дощовими опадами, після чого ґрунтові води починають грати ключову роль.

1.7 Стік

Різнманітність природних умов у окремих частинах басейну Дністра впливає на різноманітні умови стоку води в річці.

В верхній гірській частині басейну багато опадів, круті ухили і низькі температури, що призводить до великого стоку. Тут коефіцієнт стоку досягає 0,50-0,60.

У нижній частині басейну умови для стоку менш сприятливі, бо високий рівень випаровування та низький коефіцієнт стоку, що падає до 0,1 і нижче. Лівобережні притоки, що стікають з підвищеної частини Волинсько-Подільського плато, забирають 30% витрат води та покривають 20% площі басейну, але становлять трохи більше 20% загального стоку. Зимові розташування, разом зі значними ухилами та високою вологістю повітря, сприяють швидкому стоку і формують річковий пік. Завдяки численним повеням, період зменшення рівня слабо виражений, і розподіл стоку на місяці в річному розрізі відбувається рівномірно. Максимальні середні щомісячні витрати води припадають на березень і квітень, а літні витрати трохи менше від середніх витрат навесні. З жовтня починається зниження середніх витрат, яке триває до весняного підйому наступного року. У середньому річному розрізі близько 40-50% води стікає весняним періодом (березень-травень), 30-40% влітку-осіннім періодом (червень-жовтень) і 10-20% взимку. Максимальні витрати води на Дністрі виникають внаслідок весняного сніготанення, а також після інтенсивних літніх та осінніх дощів, які часто

охоплюють значні площі. В гірській частині річки дощові піки зазвичай більше весняних піків. Переходячи в рівнинну частину басейну, річка демонструє приблизно однакову частоту років з дощовими та сніговими максимумами. В нижній течії річки максимальні витрати води від весняного розташування, як правило, перевищують річні максимуми.

Паводковий характер стоку річки Дністер призводить до невизначеності в режимі зниження води, яке може тривати різночасне в різні роки. Літні низькі витрати можуть продовжуватися протягом практично усього року, весь літній сезон або розриватися на низькі витрати через часті дощові паводки, які в деякі роки, навіть в одному році, можуть переривати низькі витрати. Мінімальні щорічні витрати води спостерігаються в будь-якому місяці після закінчення весняних повеней і перед приходом льодоставу. Зимовий режим також характеризується нестабільністю, і в ньому часто спостерігаються відлиги, які супроводжуються підйомом рівня води і руйнуванням льодового покриву. У деяких випадках це може призводити до застою льоду, який впливає на природний хід рівня води.

1.8 Рівень

За характером коливань рівня впродовж року на Дністрі можна виділити три типи років:

1. Роки із переважаючою весняною повінню та меншими паводками у решту року.
2. Роки із відсутністю вираженої весняної повені та переважаючими літніми та осінніми паводками.
3. Роки із послідовним чергуванням паводків, однаково великими весняними та літніми-осінніми паводками.

Найвищі щорічні рівні, зазвичай, спостерігаються під час дощових паводків, особливо в нижній течії річки під час весняних повеней. Проте у окремі роки найвищі щорічні рівні можуть також виникати під час весняного

розташування, осінніх або навіть зимових паводків. Час досягнення максимального рівня вздовж всього річкового шляху коливається від січня до грудня, охоплюючи практично весь рік. Найнижчий щорічний рівень спостерігається з квітня до грудня, найнижчий зимовий рівень - від грудня до березня.

Весняні повені у басейні Дністра мають місце з середини січня до початку червня, тобто протягом першого півріччя. Зазвичай підйом рівня весною розпочинається в кінці лютого або на початку березня, з піком зазвичай між 17 та 28 березня. Найраніша дата досягнення максимального рівня спостерігається 18 січня (с. Розвадів), а найпізніша - 25 травня (с. Корналовичі). Повені часто супроводжуються дощами навесні, що призводить до кількох хвиль або піків повені. Висота другого або третього підйому води, обумовленого дощами, часто вища від висоти першого підйому, спричиненого лише таненням снігу. Спад рівня, як правило, триває до кінця квітня в верхів'ї та до кінця травня або початку червня в нижній течії річки. Середня інтенсивність підйому становить від 8 до 100 см на добу, максимальна - приблизно від 1 до 2 м на добу і в окремі роки досягає 3,5-5,5 м на добу.

Висота максимального весняного рівня відносно середнього меженого рівня на річці Дністр зазнає змін і залежить від її географічного положення. У верхній течії річки вона коливається в межах 1-3 метрів, в середній і нижній частинах річки ці показники збільшуються до 4,3-5,8 метрів. По мірі наближення до гирла Дністра висота весняного рівня зменшується і становить приблизно 0,7 метра. Проте, в окремі роки з надзвичайно великим весняним водопіллям висота води може сягати 6,1 метра в селі Чайковичі (1924 р.) і Залісці (1895 р.), 9,6 метра в місті Заліщики (1877 р.), 8,0 метра в селі Жванець та смт. Кам'янка (1932 р.), 7,6 метра в місті Бендери (1945 р.) і лише 1,4 метра в селі Маяки.

Зворотний спад рівня води відбувається помірно, з середньою швидкістю приблизно 10-15 сантиметрів на добу, але інколи може бути

навіть 1,0-1,5 метра або навіть 2,8-3,8 метра на добу. Час досягнення максимального рівня під час паводкового піку між різними контрольними пунктами зазвичай коливається в межах 0,5-1,5 діб, проте іноді може досягати 2-4 діб. В окремі роки були випадки досить раннього досягнення піку на нижньому річковому відрізку, що пояснюється нерівномірністю сніготанення в різних частинах басейну та відмінностями в обсягу опадів під час цього періоду. Максимальний рівень весняного водопілля найчастіше не співпадає з річним максимальним рівнем. Збіг між максимальним рівнем весняного та річного водопілля спостерігається не частіше ніж в 50% випадків.

Визначення періоду меження рівнів води на ріці Дністр є більш умовним, ніж визначення весняного водопілля. Тривалі та стійкі періоди з низьким рівнем води зазвичай не спостерігаються. Низькі рівні води спостерігаються зазвичай між двома послідовними природними дощовими паводками, і тривалість цих низьких рівнів залежить від часового інтервалу між двома суміжними природними дощовими паводками та тривалості саміх паводків. Низькі рівні води можуть спостерігатися в будь-який місяць.

Зазвичай влітку і восени спостерігається 3-5 паводок, іноді в окремі роки буває 12-15 паводків. Найбільшу кількість паводків було зафіксовано влітку 1927, 1941 і 1955 років, причому в 1941 і 1955 роках паводки спостерігалися в усі місяці від січня до грудня. У сухі роки іноді бувають лише 1-2 паводки (1946, 1950 роки). Середня тривалість паводків становить 10-25 днів, а найбільша досягала 55 днів (1948, 1955 роки). Інтенсивність підйому рівня води від 0,4-2 до 6,2 метрів на добу. Висота паводків над попереднім паводковим рівнем в середньому змінюється від 0,8 до 2,5 метрів, а в роки з дуже високими паводками - від 1,5 до 4,5 метрів. Наприклад, в селі Корналовичі у 1925 і 1948 роках висота паводків сягала 7,8 метра. У теплі зими може бути від 1 до 2-3 паводків тривалістю від 15 до 40 днів і більше (1948, 1955 роки). Найбільша кількість паводків (16) була зафіксована в 1955 році, мінімальна кількість (1-2) - в 1946 та 1950 роках. Нижче смт. Кам'янка,

на ділянці протяжністю близько 200 кілометрів, природний режим річки порушується діяльністю Дубоссарської Гідроелектростанції, що знаходиться в припортовій зоні. Амплітуда коливань води на цій ділянці річки різко знижується, і спостерігається змішування процесів напливу та стоку, що призводить до частих коливань з невеликою амплітудою.

1.9 Температура води

Середня місячна температура води взимку становить приблизно 0° , в квітні - від 6 до 10° , в травні - від 12 до 16° , в червні - від 18 до 20° . З червня до липня вона збільшується лише на $1-2^{\circ}$, і найвища температура води зазвичай спостерігається в другій декаді липня, і в окремі дні може досягати значень від 27 до 33° . З липня починається поступове зниження температури води, спочатку незначне, а потім більш різке. По мірі просування вниз по долині річки, температура води зростає на $1-1,5^{\circ}$ веснями та восени, але у літні місяці, особливо в червні і липні, збільшується на $5-7^{\circ}$.

1.10 Хімічний склад

Вода річки володіє середньою мінералізацією, протягом повені та паводка вміст іонів знижується і становить від 150 до 250 мг/дм³, у міжпаводковий період він зростає до $400-500$ мг/дм³, а в нижній частині річки може сягати $600-1000$ мг/дм³ і вище. З іонного складу переважають Ca^{2+} та HCO_3^- . Середня багаторічна концентрація Ca^{2+} становить $56,6$ мг/дм³, а HCO_3^- складає 200 мг/дм³. Жорсткість води помірна ($4-5$ мг-екв/дм³), максимальні значення жорсткості спостерігаються влітку і можуть досягати 7 мг-екв/дм³, взимку 13 мг-екв/дм³, а мінімальні значення (під час паводків) становлять $1,6-3$ мг-екв/дм³. Кількість окисненого кисню в верхній частині річки коливається в межах від 2 до 3 мгО/дм³ (мінімум) до $7-8$ мгО/дм³ (максимум).

Формування хімічного складу в нижній частині басейну Дністра зумовлене недостатньою зволоженістю та поширенням порід різної проникності, зокрема, у Кодрах – піщано-глинистих і глинистих порід.

2 ЧАСОВА МІНЛИВІСТЬ СКЛАДУ І ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОД НИЖНІЙ ЧАСТИНИ РІЧКИ ДНІСТЕР

2.1 Мінливість показників якості вод

Аналіз часової мінливості показників якості вод нижній частини річки Дністер виконано за результатами термінових спостережень на станції «Дністер», на якій здійснюється забір води для централізованого водопостачання міста Одеса.

На рис. 2.1–2.22 показано часовий хід гідрохімічних показників якості вод: мутність; pH ; розчинений O_2 ; BCK_{20} ; XCK ; NH_4^+ ; NO_2^- ; NO_3^- ; мінералізація; HCO_3^- ; SO_4^{2-} ; Cl^- ; Ca^{2+} ; Mg^{2+} ; $Na^+ + K^+$; алюміній; залізо; фториди; мідь; марганець; молібден та нафтопродукти. Хронологічний хід показників вмісту груп речовин з ефектом сумарної дії показано на рис. 2.23–2.25: санітарно-токсикологічної групи за санітарними нормами ($\Psi_{CT.CAH}$); санітарно-токсикологічної групи ($\Psi_{CT.PX}$) та токсикологічної групи ($\Psi_{T.PX}$) за рибогосподарськими нормами. Останнім був побудовано хронологічний хід іригаційних співвідношень концентрації головних катіонів в еквівалентах (рис. 2.26–2.29): $k_1=rNa^+/rCa^{2+}$; $k_2=rNa^+/(rCa^{2+}+rMg^{2+})$; $k_3=rMg^{2+}/(rCa^{2+}+rMg^{2+})$; $k_4=(Na^++K^+)/(Ca^{2+}+Mg^{2+}+Na^++K^+)$.

У більшості показників якості вод нижній частини річки Дністер спостерігається слабкий негативний часовий тренд (табл. 2.1). Тренд апроксимований експоненціальною залежністю – $y=a*\exp(bx)$. Параметр a цієї залежності є значенням функції тренду в початковий момент часу. В табл. 2.2 наведено співвідношення ($K_T=C_{TK}/C_{TP}$) значень лінії тренда за показниками на початку періоду спостережень (C_{TP}) і наприкінці (C_{TK}). При негативному тренді – $K_T < 1,00$, при позитивному – $K_T > 1,00$. Виражений (найбільшій) негативний тренд у часі ($K_T < 0,65$) простежується у 8 показників: аміак (за азотом); нітрати (за азотом); хлориди; натрій+калій; марганець; молібден; $k_1=rNa^+/rCa^{2+}$; $k_2=rNa^+/(rCa^{2+}+rMg^{2+})$. Середній негативний тренд

($0,65 \leq K_T < 0,90$) – 11 показників: мутність; ХСК; нітрити (за азотом); сульфати; фториди; нафтопродукти; $\Psi_{CT.CAH}$; $\Psi_{CT.P/X}$; $k_4 = (Na^+ + K^+) / \sum kat..$ Слабкий (незначний $0,90 \leq K_T < 1,00$) негативний тренд – 10 показників: рН; розчинений кисень; БСК₂₀; мінералізація; кальцій; магній; алюміній; залізо; $k_3 = rMg^{2+} / (rCa^{2+} + rMg^{2+})$. Позитивний тренд простежується тільки у: міді й $\Psi_{T.P/X}$ – середній ($1,10 < K_T \leq 1,35$); гідрокарбонатів – незначний ($1,00 < K_T \leq 1,10$).

Виражену сезонну мінливість мають 12 показників: мутність, O_2 , БСК₂₀, мінералізація; гідрокарбонати; сульфати; хлориди; кальцій; алюміній; залізо; мідь; $\Psi_{T.P/X}$. Це можна пояснити зв'язком цих показників зі стоком річки. Але встановити цей зв'язок не з'явилося можливим за відсутності синхронних спостережень за якістю вод і витратами води в річці.

За для оцінки якості вод у минулий період часу відповідно вимог норм країн ЄС було встановлено параметри логнормального розподілу показників якості вод (табл. 3) й розраховано значення показників C_5 і C_{10} з 5 та 10% забезпеченістю відповідно [20, 21]. Оскільки за нормами країн ЄС кількість перевищень ГДК за санітарними та рибогосподарськими нормами повинна складати не більш 5 або 10% від загальної кількості спостережень за розглядуваний період часу. Ця вимога буде виконано, якщо при оцінці якості вод з ГДК порівнювати значення показників C_5 і C_{10} .

Значення показників (C_{Fi}) із забезпеченістю F (0,05 або 0,10) розраховано за формулою (2.1)

$$C_{Fi} = \text{ЛОГНОРМОБР}(1-F; \check{C}_i; \check{G}_i), \quad (2.1)$$

де $\text{ЛОГНОРМОБР}()$ – оператор у табличному редакторі *Excel* [22-24];

\check{C}_i та \check{G}_i – параметри логнормального розподілу i -го показника (табл. 2.3), $\check{C}_i = [\ln(C_{ij})]_{CP}$ та $\check{G}_i = \sigma[\ln(C_{ij})]$;

C_{ij} – значення i -го показника.

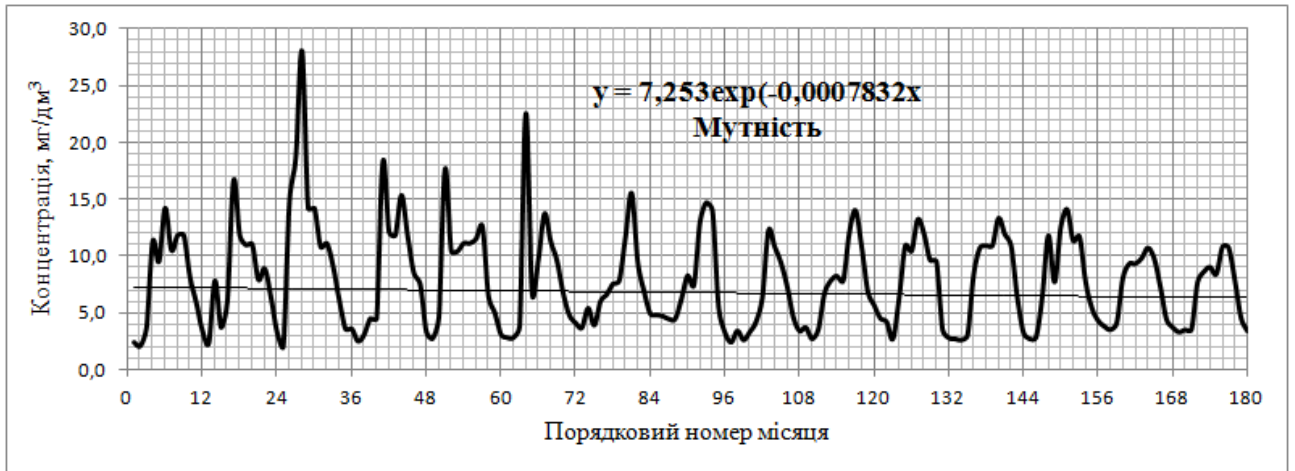


Рис. 2.1 – Хронологічний хід мутності



Рис. 2.2 – Хронологічний хід показника pH

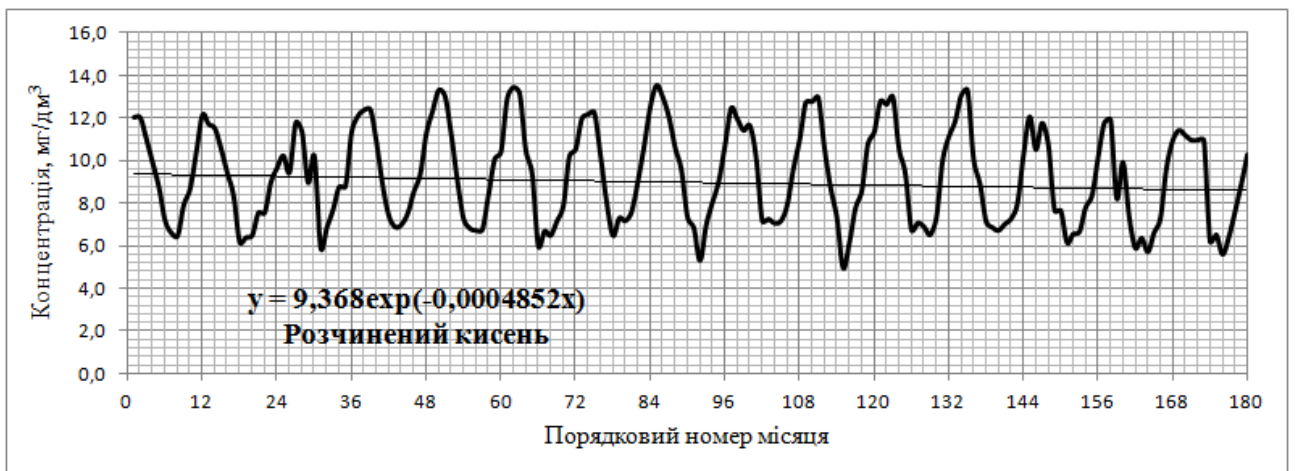
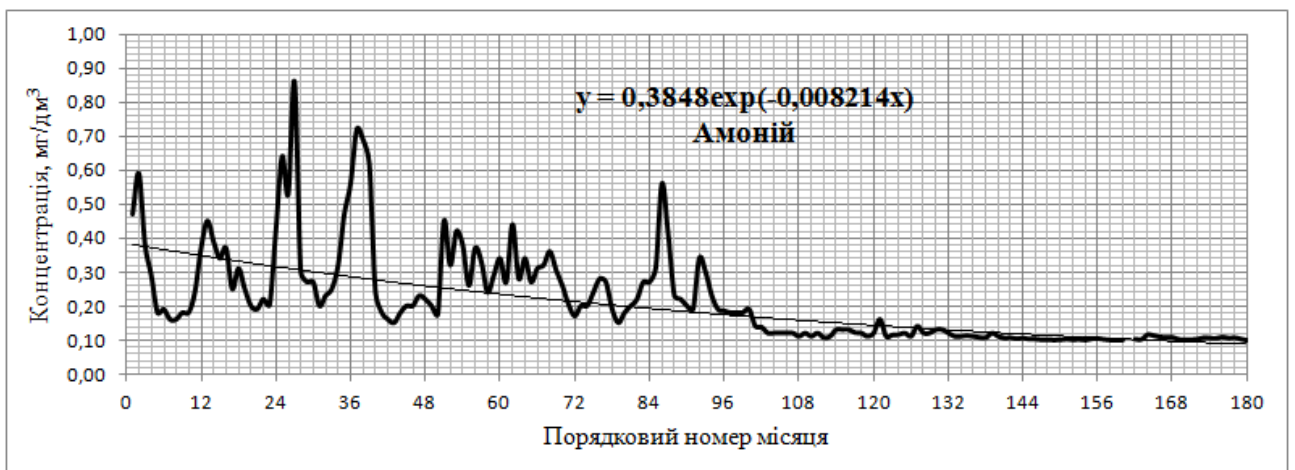
Рис. 2.3 – Хронологічний хід концентрації O₂

Рис. 2.4 – Хронологічний хід БСК₂₀

Рис. 2.5 – Хронологічний хід ХСК

Рис. 2.6 – Хронологічний хід концентрації NH_4^+

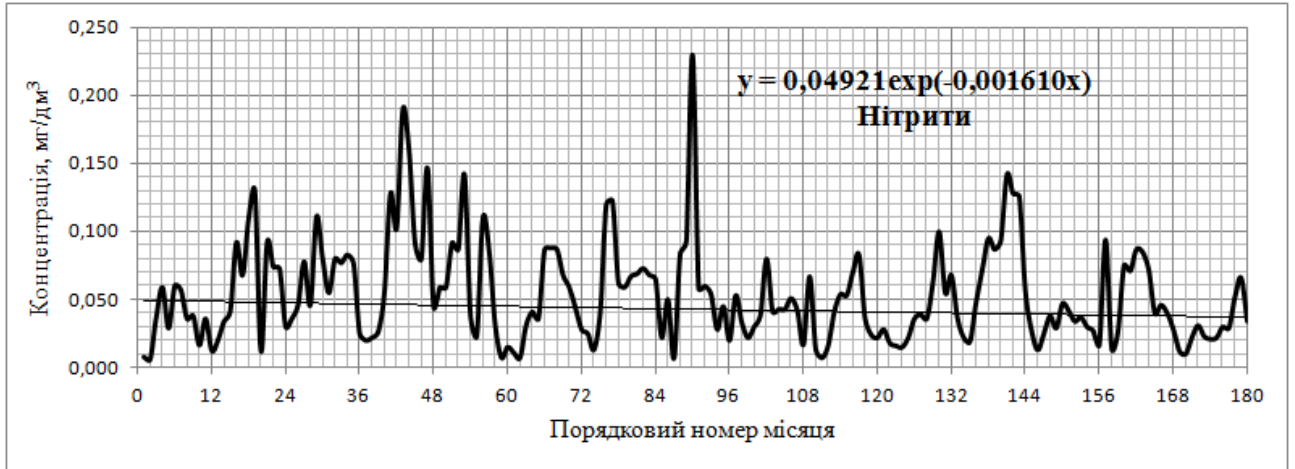
Рис. 2.7 – Хронологічний хід концентрації NO_2^- Рис. 2.8 – Хронологічний хід концентрації NO_3^- 

Рис. 2.9 – Хронологічний хід мінералізації

Рис. 2.10 – Хронологічний хід концентрації HCO_3^- Рис. 2.11 – Хронологічний хід концентрації SO_4^{2-} Рис. 2.12 – Хронологічний хід концентрації Cl^-



Рис. 2.13 – Хронологічний хід концентрації Ca^{2+}



Рис. 2.14 – Хронологічний хід концентрації Mg^{2+}



Рис. 2.15 – Хронологічний хід концентрації $Na^{+} + K^{+}$

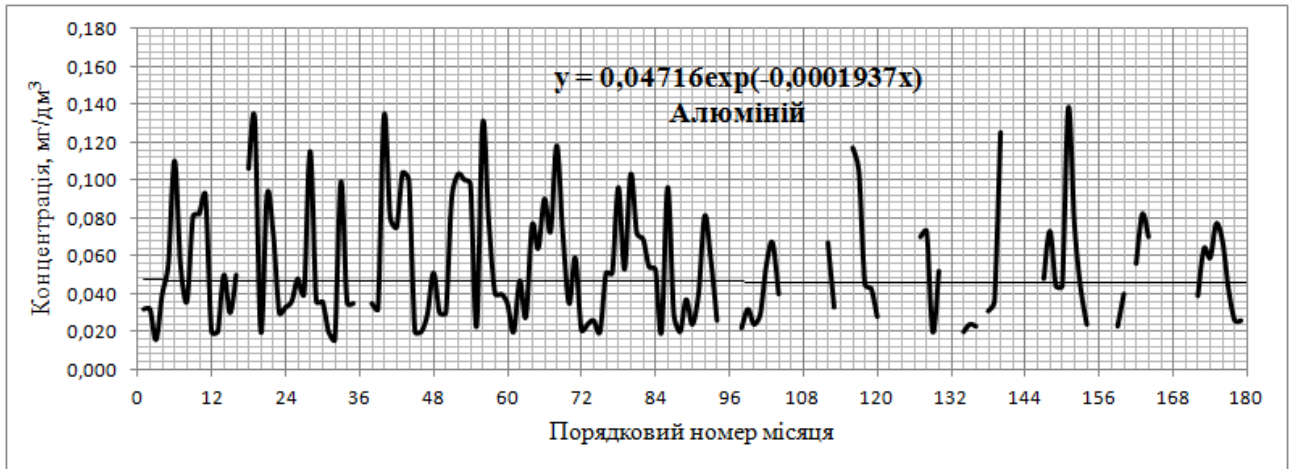


Рис. 2.16 – Хронологічний хід концентрації алюмінію

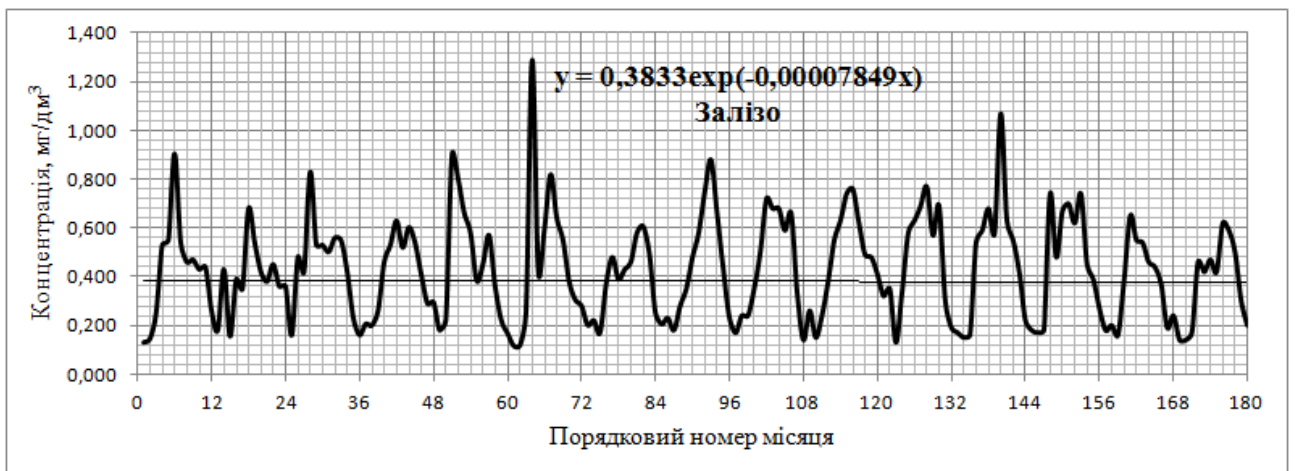


Рис. 2.17 – Хронологічний хід концентрації заліза



Рис. 2.18 – Хронологічний хід концентрації фторидів



Рис. 2.19 – Хронологічний хід концентрації міді



Рис. 2.20 – Хронологічний хід концентрації марганцю

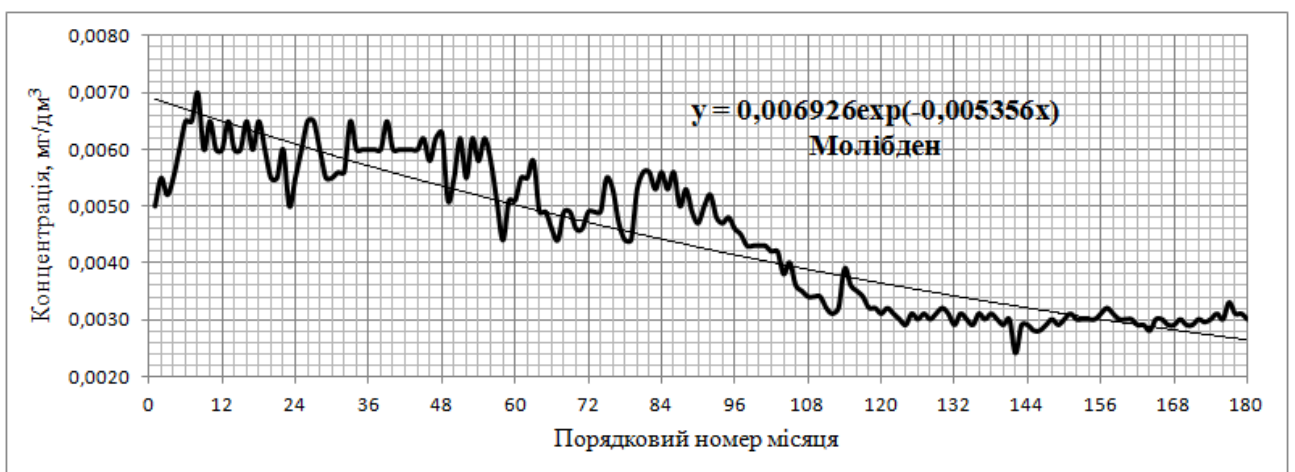
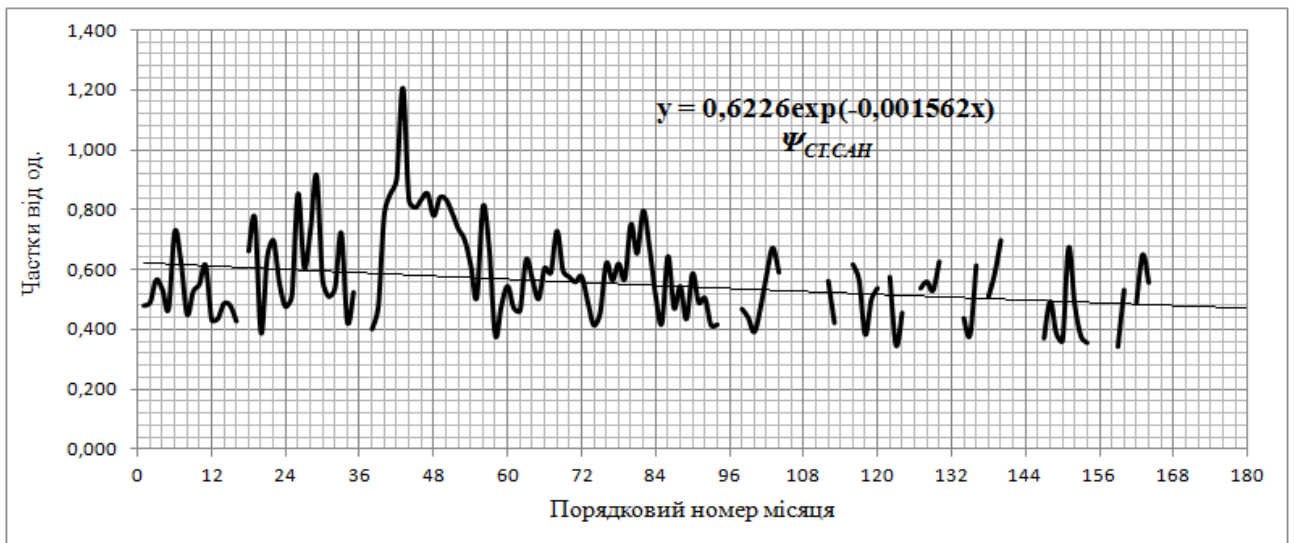
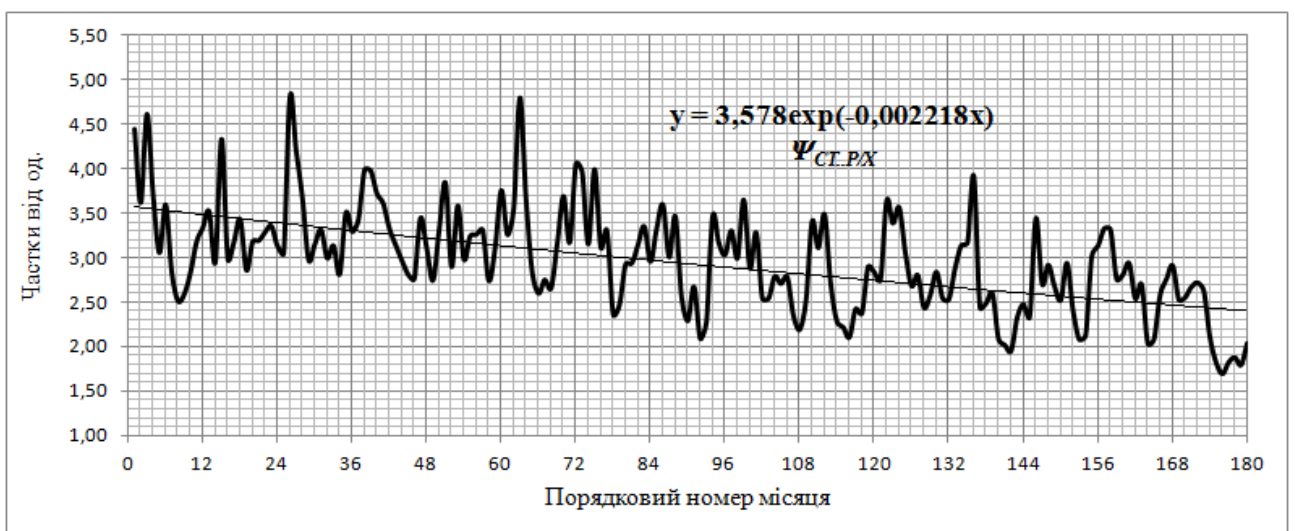


Рис. 2.21 – Хронологічний хід концентрації молібдену



Рис. 2.22 – Хронологічний хід концентрації нафтопродуктів

Рис. 2.23 – Хронологічний хід показника $\Psi_{СТ.САН}$ Рис. 2.24 – Хронологічний хід показника $\Psi_{СТ.РХ}$

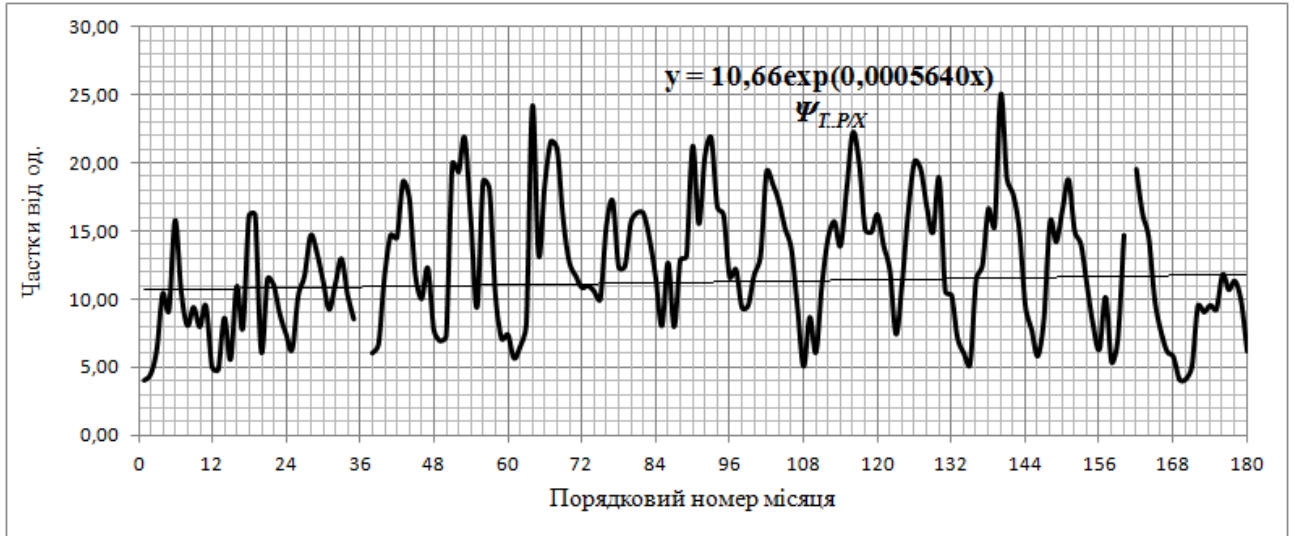


Рис. 2.25 – Хронологічний хід показника $\Psi_{T.P/X}$



Рис. 2.26 – Хронологічний хід співвідношення rNa^+/rCa^{2+}



Рис. 2.27 – Хронологічний хід співвідношення $rNa^+/(rCa^{2+}+rMg^{2+})$

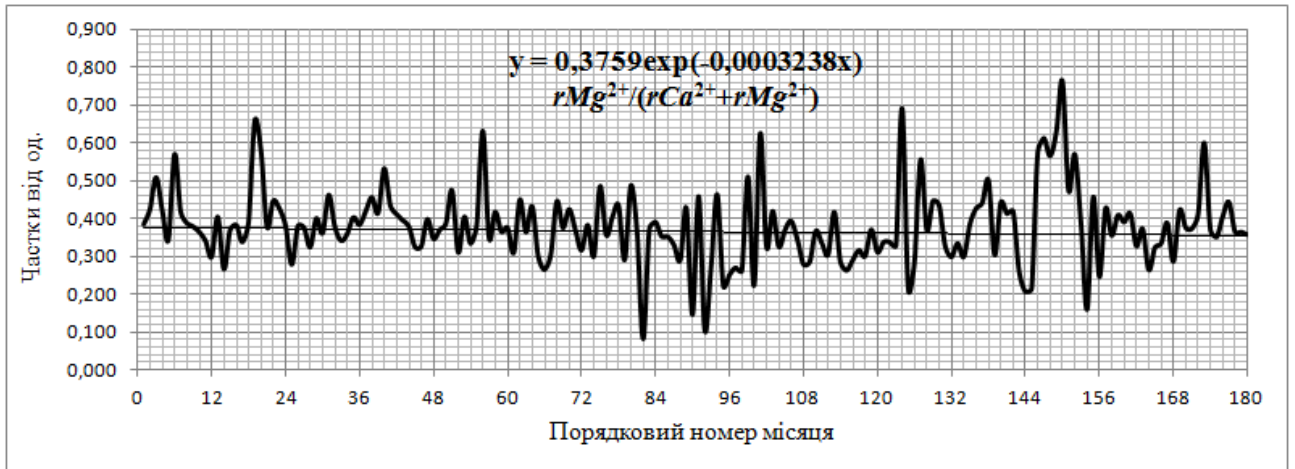


Рис. 2.28 – Хронологічний хід співвідношення $rMg^{2+}/(rCa^{2+}+rMg^{2+})$



Рис. 2.29 – Хронологічний хід співвідношення $(Na^{+}+K^{+})/(Ca^{2+}+Mg^{2+}+Na^{+}+K^{+})$



Рис. 2.30 – Хронологічний хід вмісту хлоридів з усуненим трендом



Рис. 2.31 – Хронологічний хід вмісту амонію з усуненим трендом



Рис. 2.32 – Хронологічний хід вмісту нітратів з усуненим трендом



Рис. 2.33 – Хронологічний хід вмісту молібдену з усуненим трендом

Таблиця 2.1 – Параметри експоненціальних часових трендів ($y=aexp(bx)$) і законів розподілу показників якості вод, нормованих за цими трендами (р. Дністер – м. Біляївка)

№	Показник	Параметри експоненціального часового тренду		Параметри законів розподілу показників, нормованих за експоненціальним трендом	
		a	b	\check{C}_{HT}	\check{G}_{HT}
1	Мутність	7,253	-0,0007832	0	0,5760
2	pH	8,121	-0,00008876	0	0,0170
3	Розчинений кисень	9,368	-0,0004852	0	0,2491
4	BCK_{20}	3,415	-0,0004714	0	0,2950
5	XCK	26,33	-0,001852	0	0,2002
6	Аміак (за азотом)	0,3848	-0,008214	0	0,3326
7	Нітрити (за азотом)	0,04921	-0,001610	0	0,7212
8	Нітрати (за азотом)	9,140	-0,002987	0	0,2592
9	Мінералізація	311,4	-0,0004570	0	0,1355
10	Гідрокарбонати	197,6	0,00003923	0	0,1204
11	Сульфати	79,90	-0,001731	0	0,2072
12	Хлориди	41,96	-0,002492	0	0,1508
13	Кальцій	56,86	-0,0002799	0	0,2188
14	Магній	21,20	-0,0006064	0	0,3453
15	Натрій + калій	34,70	-0,003356	0	0,3848
16	Алюміній	0,04716	-0,0001937	0	0,5606
17	Залізо	0,3833	-0,00007849	0	0,5342
18	Фториди	0,2803	-0,0008148	0	0,3112
19	Мідь	0,2120	0,0005896	0	0,6123
20	Марганець	0,06485	-0,004652	0	0,4795
21	Молібден	0,006926	-0,005356	0	0,1140
22	Нафтопродукти	0,01304	-0,001843	0	0,1343
23	$\Psi_{CT.CAH}$	0,6226	-0,001562	0	0,2306
24	$\Psi_{CT.PX}$	3,578	-0,002218	0	0,1597
25	$\Psi_{T.PX}$	10,66	0,0005640	0	0,4184
26	$k_1=rNa^+/rCa^{2+}$	0,5282	-0,002951	0	0,4349
27	$k_2=rNa^+/(rCa^{2+}+rMg^{2+})$	0,3214	-0,002867	0	0,4156
28	$k_3=rMg^{2+}/(rCa^{2+}+rMg^{2+})$	0,3759	-0,0003238	0	0,2894
29	$k_4=(Na^++K^+)/\sum кат.$	0,3919	-0,002081	0	0,2932

Таблиця 2.2 – Співвідношення значень функції тренду на початку і наприкінці періоду спостережень (р. Дністер – м. Біляївка)

№	Показник	Од. виміру	Значення функції тренду протягом періоду спостережень		K_T
			на початку $C_{ПП}$	наприкінці $C_{ТК}$	
1	Мутність	мг/дм ³	7,25	6,30	0,87
2	pH	ед. pH	8,12	7,99	0,98
3	Розчинений кисень	мгО/дм ³	9,37	8,58	0,92
4	BCK_{20}	мгО/дм ³	3,42	3,14	0,92
5	XCK	мгО/дм ³	26,3	18,9	0,72
6	Аміак (за азотом)	мгN/дм ³	0,385	0,0877	0,23
7	Нітриди (за азотом)	мгN/дм ³	0,0492	0,0368	0,75
8	Нітрати (за азотом)	мгN/дм ³	9,14	5,34	0,58
9	Мінералізація	мг/дм ³	311	287	0,92
10	Гідрокарбонати	мг/дм ³	198	199	1,01
11	Сульфати	мг/дм ³	79,9	58,5	0,73
12	Хлориди	мг/дм ³	42,0	26,8	0,64
13	Кальцій	мг/дм ³	56,9	54,1	0,95
14	Магній	мг/дм ³	21,2	19,0	0,90
15	Натрій + калій	мг/дм ³	34,7	19,0	0,55
16	Алюміній	мг/дм ³	0,0472	0,0455	0,97
17	Залізо	мг/дм ³	0,383	0,378	0,99
18	Фториди	мг/дм ³	0,280	0,242	0,86
19	Мідь	мг/дм ³	0,212	0,236	1,11
20	Марганець	мг/дм ³	0,0649	0,0281	0,43
21	Молібден	мг/дм ³	0,00693	0,00264	0,38
22	Нафтопродукти	мг/дм ³	0,0130	0,00936	0,72
23	$\Psi_{СТ.САН}$	част.від од.	0,623	0,470	0,75
24	$\Psi_{СТ.Р/Х}$	част.від од.	3,58	2,40	0,67
25	$\Psi_{Т.Р/Х}$	част.від од.	10,7	11,8	1,11
26	$k_1 = rNa^+ / rCa^{2+}$	част.від од.	0,528	0,311	0,59
27	$k_2 = rNa^+ / (rCa^{2+} + rMg^{2+})$	част.від од.	0,321	0,192	0,60
28	$k_3 = rMg^{2+} / (rCa^{2+} + rMg^{2+})$	част.від од.	0,376	0,355	0,94
29	$k_4 = (Na^+ + K^+) / \sum_{кат.}$	част.від од.	0,392	0,269	0,69

Таблиця 2.3 – Параметри логнормального закону розподілу показників якості вод (р. Дністер – м. Біляївка)

n	Показник	Параметри логнормального закону розподілу показників		Значення показників з забезпеченістю, %	
		С	Ѓ	5	10
1	Мутність	1,911	0,5774	17,5	14,2
2	pH	2,086	0,0176	7,83-8,29	7,88-8,24
3	Розчинений кисень	2,193	0,2504	5,94	6,50
4	БСК ₂₀	1,186	0,2961	5,33	4,78
5	ХСК	3,103	0,2223	32,1	29,6
6	Аміак (за азотом)	-1,695	0,5413	0,447	0,367
7	Нітриди (за азотом)	-3,157	0,7261	0,140	0,108
8	Нітрати (за азотом)	1,942	0,3023	11,5	10,3
9	Мінералізація	5,700	0,1376	375	356
10	Гідрокарбонати	5,290	0,1204	242	231
11	Сульфати	4,224	0,2260	99,1	91,3
12	Хлориди	3,511	0,1990	46,5	43,2
13	Кальцій	4,015	0,2193	79,5	73,4
14	Магній	2,999	0,3467	35,5	31,3
15	Натрій + калій	3,263	0,4180	52,0	44,7
16	Алюміній	-3,070	0,5606	0,117	0,0952
17	Залізо	-0,9662	0,5343	0,916	0,755
18	Фториди	-1,346	0,3140	0,436	0,389
19	Мідь	-1,498	0,6130	0,613	0,491
20	Марганець	-3,273	0,5105	0,0877	0,0729
21	Молібден	-5,457	0,3015	0,00700	0,006277
22	Нафтопродукти	-4,477	0,1441	0,0144	0,0137
23	$\Psi_{СТ.САН}$	-0,5913	0,2418	0,824	0,755
24	$\Psi_{СТ.РХ}$	1,074	0,1972	4,05	3,77
25	$\Psi_{Т.РХ}$	2,418	0,4195	22,4	19,2
26	$k_1=rNa^+/rCa^{2+}$	-0,8877	0,4579	0,874	0,740
27	$k_2=rNa^+/(rCa^{2+}+rMg^{2+})$	-1,377	0,4384	0,519	0,442
28	$k_3=rMg^{2+}/(rCa^{2+}+rMg^{2+})$	-1,008	0,2899	0,588	0,529
29	$k_4=(Na^++K^+)/\sum_{кат.}$	-1,113	0,3102	0,548	0,489

2.2 Оцінка якості вод річки Дністер за санітарними та рибогосподарськими нормами

Якість вод за санітарними та рибогосподарськими нормами виконується методом детального аналізу, який полягає в зіставленні значень кожного показника зі всього набору з його нормативом [19-21]. В табл. 2.4 і 2.5 наведено оцінка якості вод нижній частини річки Дністер за період спостережень за санітарними нормами по середнім значенням показників та по значенням зі 10% забезпеченістю. Значення із забезпеченістю 10% дозволяють виконати оцінку відповідно вимог норм країн ЄС.

Таблиця 2.4 – Оцінка якості вод річки Дністер за санітарними нормами з використанням середніх значень показників

ЛОШ	Клас небезп.	Показник	Од. вим.	C_{CPI}	$ГДК_i$	$\frac{C_{CPI}}{ГДК_i}$	Прим.
-	-	<i>pH</i>	ед.	8,1	6,5-8,5	-	-
-	-	Мінералізація	мг/дм ³	299	1000	-	-
-	-	Розчин. кисень	мгО/дм ³	9,0	4,0	-	-
-	-	<i>BCK</i> ₂₀	–"–	3,3	3,0	-	ні
-	-	<i>XCK</i>	–"–	22,3	15,0	-	ні
с-г	3	Аміак (за азотом)	мгN/дм ³	0,18	2,0	-	-
с-г	3	Нітрати (за азотом)	–"–	7,0	10,0	-	-
орг.	4	Сульфати	мг/дм ³	68	500	-	-
орг.	4	Хлориди	–"–	34	350	-	-
орг.	3	Залізо	–"–	0,38	0,3	-	ні
орг.	3	Мідь	–"–	0,22	1,0	-	-
орг.	3	Марганець	–"–	0,038	0,10	-	-
орг.	4	Нафтопродукти	–"–	0,011	0,30	-	-
с-г	2	Натрій	–"–	26	200	0,130	-
	2	Алюміній	–"–	0,046	0,5	0,092	
	2	Молібден	–"–	0,0043	0,25	0,017	
	2	Фториди	–"–	0,26	1,2	0,217	
	2	Нітрити (за азотом)	мгN/дм ³	0,043	1,0	0,043	
$\Psi_{CT.CAN}$						0,499	

Таблиця 2.5 – Оцінка якості вод річки Дністер за санітарними нормами з використанням значень показників зі забезпеченістю 10%

ЛОШ	Клас небезп.	Показник	Од. вим.	C_{10i}	$ГДК_i$	$\frac{C_{10i}}{ГДК}$	Прим.
-	-	<i>pH</i>	ед.	7,9/8,2	6,5-8,5	-	-
-	-	Мінералізація	мг/дм ³	356	1000	-	-
-	-	Розчин. кисень	мгО/дм ³	6,5	4,0	-	-
-	-	<i>БСК</i> ₂₀	–"–	4,8	3,0	-	ні
-	-	<i>ХСК</i>	–"–	29,6	15,0	-	ні
с-т	3	Аміак (за азотом)	мгN/дм ³	0,37	2,0	-	-
с-т	3	Нітрати (за азотом)	–"–	10,3	10,0	-	ні
орг.	4	Сульфати	мг/дм ³	91	500	-	-
орг.	4	Хлориди	–"–	43	350	-	-
орг.	3	Залізо	–"–	0,76	0,3	-	ні
орг.	3	Мідь	–"–	0,49	1,0	-	-
орг.	3	Марганець	–"–	0,073	0,10	-	-
орг.	4	Нафтопродукти	–"–	0,014	0,30	-	-
с-т	2	Натрій	–"–	44,7	200	0,224	-
	2	Алюміній	–"–	0,095	0,5	0,190	
	2	Молібден	–"–	0,0063	0,25	0,025	
	2	Фториди	–"–	0,39	1,2	0,325	
	2	Нітриди (за азотом)	мгN/дм ³	0,11	1,0	0,110	
$\Psi_{СТ.САН}$						0,874	

У цілому висновок про стан вод за показниками C_{CP} і C_{10} співпадає: якість вод не відповідає санітарним нормам за вмістом органічних речовин (*БСК*₂₀ і *ХСК*) та заліза. Але додатково вимогам норм країн ЄС не відповідає вміст нітратів (табл. 3.5).

Аналогічна картина простежується і при оцінці за рибогосподарськими нормами (табл. 2.6 і 2.7). Оцінка у цілому співпадає: вода не відповідає вимогам рибогосподарських норм за вмістом: органічних речовин (*БСК*₂₀); групи речовин з санітарно-токсикологічною і з токсикологічною ЛОШ. Але значення $\Psi_{СТ.Р/Х}$ і $\Psi_{Т.Р/Х}$, розраховані за значеннями показників C_5 , значно більше (табл. 2.6 і 2.7).

Таблиця 2.6 – Оцінка якості вод річки Дністер за рибогосподарськими нормами з використанням середніх значень показників

ЛОШ	Показник	Од. вим.	C_{CPI}	$ГДК_i$	$\frac{C_{CPI}}{ГДК}$	Прим.
-	pH	ед.	8,1	6,5-8,5	-	-
-	Розчин. кисень	мгО/дм ³	9,0	6,0	-	-
-	BCK_{20}	—"	3,3	3,0	-	ні
Сан.-т.	Кальцій	мг/дм ³	55,4	180	0,308	ні
	Магній	мг/дм ³	20,1	40	0,503	
	Натрій + калій	мг/дм ³	26,1	50	0,522	
	Нітрати (за азотом)	мгN/дм ³	7,0	9,1	0,769	
	Сульфати	мг/дм ³	68	100	0,680	
	Хлориди	мг/дм ³	34	300	0,113	
$\Psi_{CT.P/X}$					2,895	ні
Токс.	Аміак (за азотом)	мгN/дм ³	0,18	0,39	0,462	ні
	Нітриди (за азотом)	мгN/дм ³	0,043	0,02	2,150	
	Алюміній	мг/дм ³	0,046	0,04	1,150	
	Залізо	мг/дм ³	0,38	0,10	3,800	
	Фториди	мг/дм ³	0,26	0,75	0,347	
	Марганець	мг/дм ³	0,040	0,01	4,000	
$\Psi_{T.P/X}$					11,91	ні
P/x	Нафтопродукти	мг/дм ³	0,011	0,05	-	-

Слід відмітити, що значення групових показників $\Psi^*_{CT.CAH}$, $\Psi^*_{CT.P/X}$ і $\Psi^*_{T.P/X}$ (табл. 2.8), визначені за формулою (2.2) з використанням значень гідрохімічних показників зі малою забезпеченістю (позначимо їх з зірочкою), більш значень $\Psi_{CT.CAH}$, $\Psi_{CT.P/X}$ і $\Psi_{T.P/X}$, розрахованих за законом розподілу формула (2.1)

$$\Psi = \sum C_{Fi}/ГДК_i \leq 1. \quad (2.2)$$

Наприклад, в табл. 2.8 значення показника вмісту речовин санітарно-токсикологічної групи з ефектом сумарної дії за санітарними нормами, визначене за формулою (2.1), з забезпеченістю 5% дорівнює $\Psi_{CT.CAH5}=0,824$, а

значення того ж показника за формулою (2.2) складає $\Psi^*_{CT.CAH5}=1,03$. Із забезпеченістю 10% – $\Psi_{CT.CAH10}=0,755$, а $\Psi^*_{CT.CAH10}=0,871$.

Таблиця 2.7 – Оцінка якості вод річки Дністер за рибогосподарськими нормами з використанням значень показників зі забезпеченістю 5%

ЛОШ	Показник	Од. вим.	C_{5i}	$ГДК_i$	$\frac{C_{5i}}{ГДК}$	Прим.
-	<i>pH</i>	ед.	7,8-8,3	6,5-8,5	-	-
-	Розчин. кисень	мгО/дм ³	5,94	6,0	-	-
-	<i>БСК</i> ₂₀	–"–	5,33	3,0	-	ні
Сан.-т.	Кальцій	мг/дм ³	79,5	180	0,442	ні
	Магній	мг/дм ³	35,5	40	0,888	
	Натрій + калій	мг/дм ³	52,0	50	1,040	
	Нітрати (за азотом)	мгN/дм ³	11,5	9,1	1,264	
	Сульфати	мг/дм ³	99,1	100	0,991	
	Хлориди	мг/дм ³	46,5	300	0,155	
$\Psi_{CT.P/X}$					4,78	ні
Токс.	Аміак (за азотом)	мгN/дм ³	0,45	0,39	1,154	ні
	Нітриди (за азотом)	мгN/дм ³	0,14	0,02	7,000	
	Алюміній	мг/дм ³	0,12	0,04	3,000	
	Залізо	мг/дм ³	0,92	0,10	9,200	
	Фториди	мг/дм ³	0,44	0,75	0,587	
	Марганець	мг/дм ³	0,088	0,01	8,800	
$\Psi_{T.P/X}$					29,74	ні
P/x	Нафтопродукти	мг/дм ³	0,014	0,05	-	-

Таблиця 2.8 – Зіставлення значень групових показників з забезпеченістю 5, 10, 90 і 95%, розрахованих по формулам (2.1) і (2.2) (р. Дністер – м. Біляївка)

№	Показник	Розрахунок значення показника з забезпеченістю F по формулі (2.1)				Розрахунок значення показника з забезпеченістю F по формулі (2.2)			
		5	10	90	95	5	10	90	95
23	$\Psi_{CT.CAH}$	0,824	0,755	0,406	0,372	1,03	0,871	0,295	0,255
24	$\Psi_{CT.P/X}$	4,049	3,769	2,27	2,12	4,77	4,27	1,98	1,78
25	$\Psi_{T.P/X}$	22,37	19,21	6,56	5,63	29,6	24,1	5,76	4,72

Аналогічна ситуація спостерігається і з показниками вмісту груп речовин з ефектом сумарної дії за рибогосподарськими нормами (табл. 2.8). Тобто, при оцінці якості вод (табл. 2.5 і 2.7) розрахунок за формулою (2.2) призводить до того, що висновок про стан вод буде погіршеним у порівнянні з його дійсним станом.

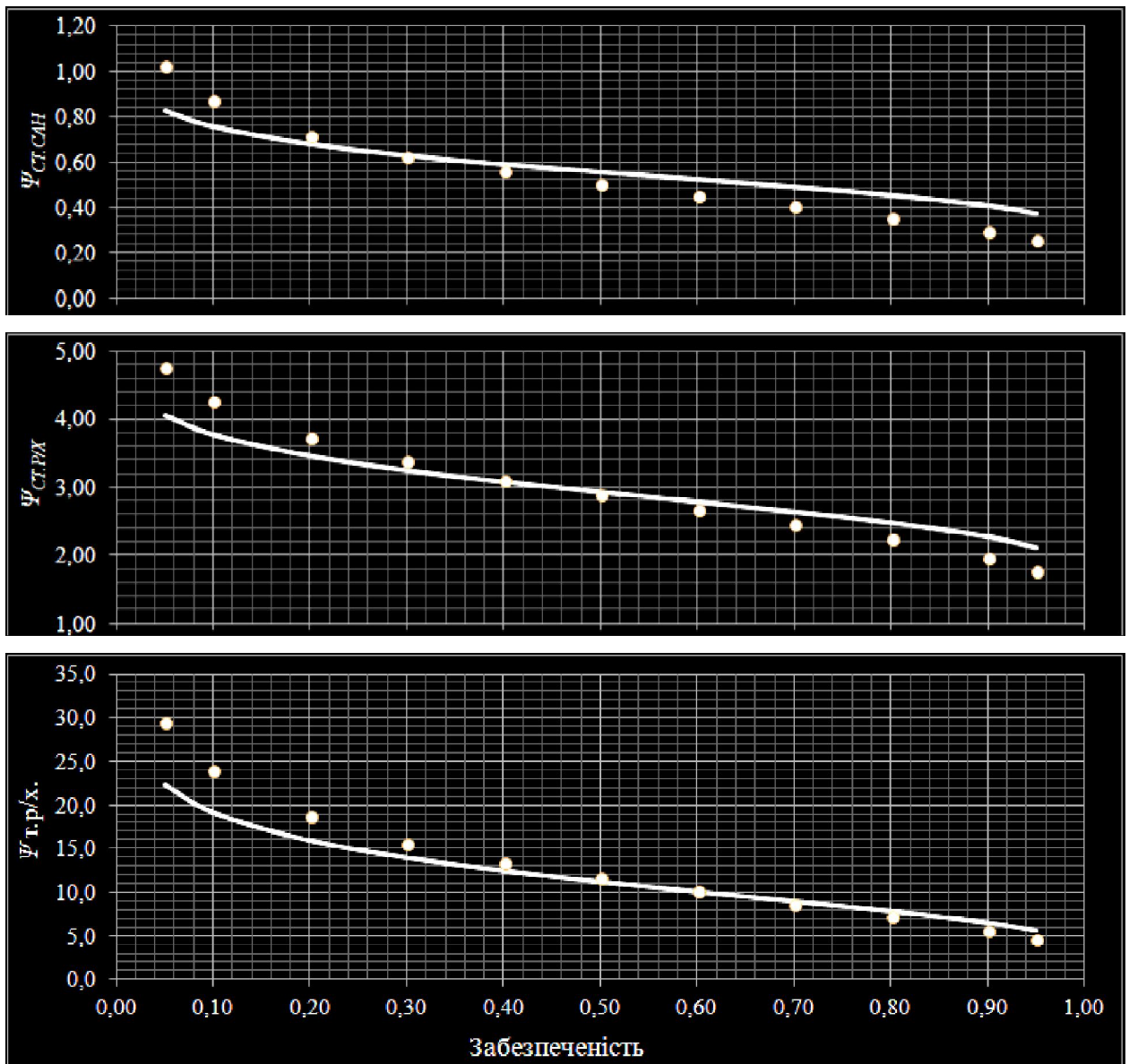


Рис. 2.34 – Відхилення значень показників вмісту груп речовин з ефектом сумарної дії, розрахованих за формулою (2.2), від їх емпіричного закону розподілу: маркер коло – значення розраховані за формулою (2.2); суцільна лінія – емпіричний закон розподілу (табл. 2.3)

2.3 Оцінка якості вод Дністра за іригаційними співвідношеннями катіонів

Значення показників іригаційних співвідношень катіонів, розраховані зі використанням значень гідрохімічних показників C_F з малою забезпеченістю за формулами (2.3)–(2.6), навпаки відхиляються в меншу сторону від емпіричного закону розподілу (табл. 2.9, рис. 2.35):

$$k_1 = rNa^+ / rCa^{2+} < 1,0; \quad (2.3)$$

$$k_2 = rNa^+ / (rCa^{2+} + rMg^{2+}) < 0,70; \quad (2.4)$$

$$k_3 = rMg^{2+} / (rCa^{2+} + rMg^{2+}) < 0,50; \quad (2.5)$$

$$k_4 = (Na^+ + K^+) / \sum(Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^+) < 0,65. \quad (2.6)$$

Наприклад, показник $k_{1;5}$, розрахований за значеннями концентрації натрію і кальцію з забезпеченістю 5% за формулою (2.3), дорівнює 0,570 (в табл. 2.9 підкреслено), його значення забезпеченістю 5% за законом розподілу $k_{1;5}$ складає 0,874.

Таблиця 2.9 – Зіставлення значень іригаційних показників з забезпеченістю 5, 10, 90 і 95%, розрахованих по формулі (2.1) і по іригаційним співвідношенням з використанням значень гідрохімічних показників C_F з відповідною забезпеченістю (р. Дністер – м. Біляївка)

№	Показник	Розрахунок значення показника з забезпеченістю F по формулі (2.1)				Розрахунок значення показника по іригаційним співвідношенням формули (2.3)–(2.6)			
		5	10	90	95	5	10	90	95
26	$k_1 < 1,0$	<u>0,874</u>	0,740	0,229	0,194	<u>0,570</u>	0,530	0,319	0,296
27	$k_2 < 0,70$	0,519	0,442	0,144	0,123	0,328	0,311	0,211	0,200
28	$k_3 < 0,50$	0,588	0,529	0,252	0,227	0,424	0,413	0,336	0,326
29	$k_4 < 0,65$	0,548	0,489	0,221	0,197	0,396	0,384	0,297	0,285

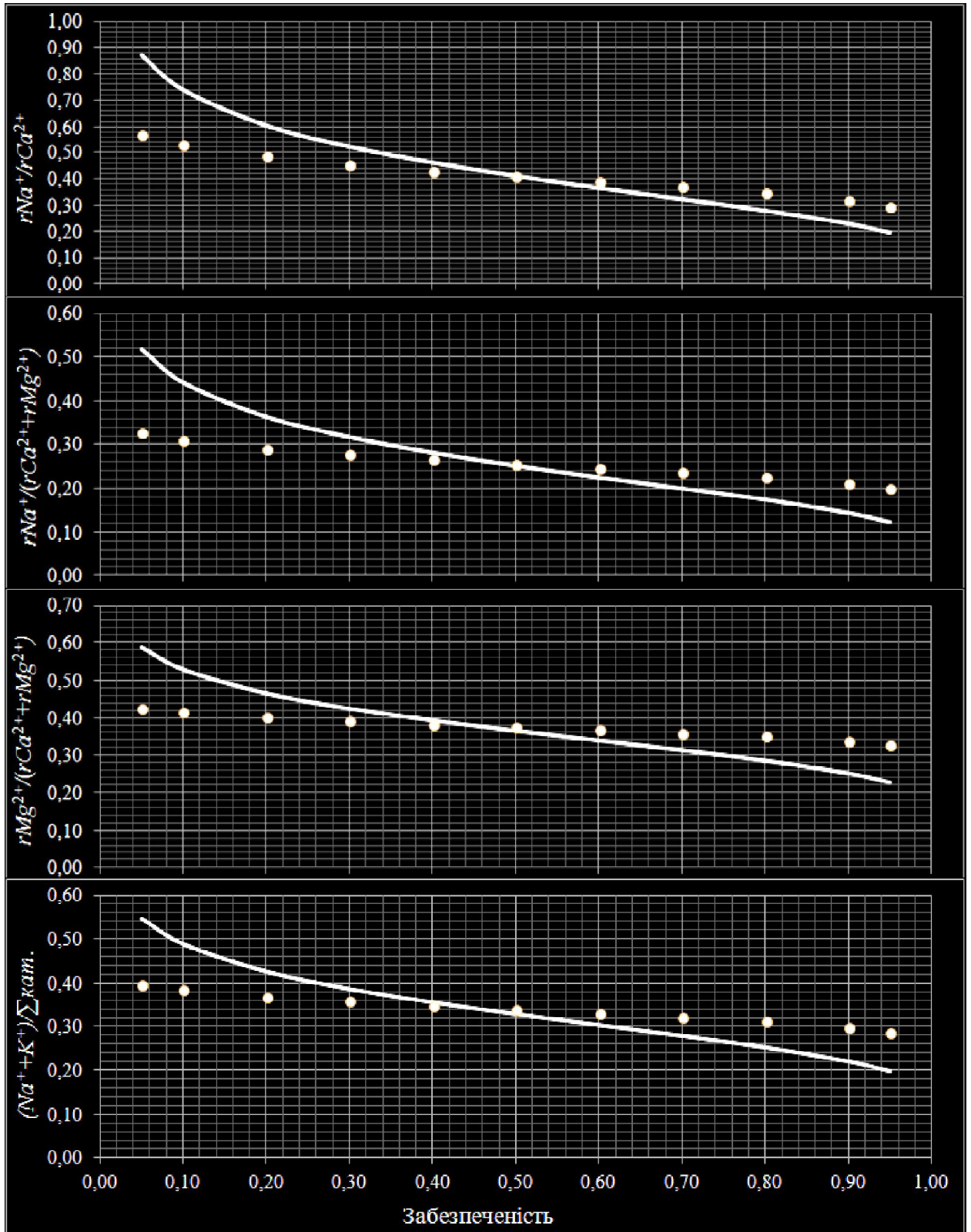


Рис. 2.35 – Відхилення значень іригаційних показників, розрахованих за формулами (2.3)–(2.6), від їх емпіричного закону розподілу: маркер коло – значення розраховані за формулами (2.3)–(2.6); суцільна лінія – емпіричний закон розподілу (табл. 2.3)

Иригаційні показники, розраховані за формулами (2.3)–(2.6) по значенням гідрохімічних показників з малою забезпеченістю, призводять до того, що висновок про якість вод буде покращеним відносно їх дійсного стану.

Таким чином, при оцінці якості вод за санітарними, рибогосподарськими та іригаційними нормами значення групових показників з заданою забезпеченістю краще визначати за законами їх розподілу.

При іригаційної оцінки якості вод за минулий період зручніше визначати забезпеченість ($F_{ГРi}$) граничних значень (формули (2.3)–(2.6)) співвідношень головних іонів ($k_{ГРi}$) за законами їх розподілу:

$$F_{ГРi} = 1 - \text{ЛОГНОРМРАСП}(k_{ГРi}; \check{C}_i; \check{G}_i), \quad (2.7)$$

де $\text{ЛОГНОРМРАСП}()$ – оператор в табличному редакторі *Excel*;

$k_{ГРi}$ – граничне значення i -го співвідношення іонів;

\check{C}_i і \check{G}_i – параметри логнормального закону розподілу i -го співвідношення іонів (табл. 2.3).

При необхідності визначення перспективи поливу можна використовувати таку формулу:

$$F_{ГРi} = 1 - \text{ЛОГНОРМРАСП}(k_{ГРi}/C_{ГРi}; 0; \check{G}_{HTi}), \quad (2.8)$$

де $C_{ГРi} = a_{Ki} * \exp(j b_i)$ – значення функції тренду i -го співвідношення іонів в прогностний період часу;

a_{Ki} – значення функції тренду i -го співвідношення іонів наприкінці періоду спостережень;

j – момент часу (порядковий номер місяця при щомісячних спостереженнях), що відраховується з моменту закінчення періоду спостережень;

b_i – параметр лінії тренду i -го співвідношення (табл. 2.1)

0 і \check{G}_{HTi} – параметри логнормального розподілу нормованого за лінією тренду i -го співвідношення іонів (табл. 2.1).

Приклади.

1. Визначити можливість магнезівосолонцювання ґрунту при використанні вод Дністра для поливу за співвідношенням $k_3 = rMg^{2+} / (rCa^{2+} + rMg^{2+}) < 0,50$ за період спостережень.

Рішення. Вихідні дані. Параметри закону розподілу згідно табл. 2.3 дорівнюють: $\check{C}_i = -1,008$; $\check{G}_i = 0,2899$. Граничне значення показника згідно формулі (2.5) складає – $k_{ГРi} = 0,5$. Ймовірність перевищення (забезпеченість) граничного значення за формулою (2.7) буде дорівнювати:

$$F_{ГРi} = 1 - \text{ЛОГНОРМРАСП}(k_{ГРi}; \check{C}_i; \check{G}_i) = \\ = 1 - \text{ЛОГНОРМРАСП}(0,5; -1,008; 0,2899) = 0,139 \approx 14\%.$$

Тобто, приблизно 14% теплого періоду води річки Дністер можуть сприяти магнезівосолонцюванню ґрунту.

2. Визначити можливість магнезівосолонцювання ґрунту при використанні для поливу вод річки Дністер у наступні 2 роки після закінчення спостережень.

Рішення. Вихідні дані. Параметри закону розподілу згідно табл. 2.1 дорівнюють: $\check{C}_{HTi} = 0$; $\check{G}_{HTi} = 0,2894$. Параметри експоненціального тренду показника – $a = 0,3759$ і $b = -0,0003238$. Граничне значення показника згідно формулі (2.5) складає – $k_{ГРi} = 0,5$. Тривалість періоду спостережень – 180 місяців, прогнозний період – 24 місяця, за розрахунковий момент приймаємо середину прогнозного періоду 12 місяців. Таким чином, від начала періоду спостережень розрахунковий момент часу – $j = 192$ місяця, тоді значення функції тренду в розрахунковий момент часу буде дорівнювати:

$$C_{ГРi} = a * \exp(b * j) = 0,3759 * \exp(-0,0003238 * 192) = \underline{0,3532}.$$

Тоді ймовірність магнезівосолонцювання дорівнює:

$$F_{ГРi} = 1 - \text{ЛОГНОРМРАСП}(k_{ГРi} / C_{ГРi}; 0; \check{G}_{HTi}) = \\ = 1 - \text{ЛОГНОРМРАСП}(0,5 / 0,3532; 0; 0,2894) = 0,115 \approx 11\%.$$

У даному випадку в наслідок дуже малого тренду у наступні 2 роки після закінчення періоду спостережень ймовірність магнієвого осолонцювання ґрунту практично не змінюється і складає 11%.

Примітка. При визначенні значення функції тренду в розрахунковий момент часу в якості параметра a можна використовувати значення функції тренду наприкінці періоду спостережень $a_{Ki} = C_{TKi}$, тоді j буде дорівнювати 12 місяців: значення функції тренду наприкінці періоду спостережень дорівнює

$$a_{Ki} = C_{TKi} = a * \exp(b * j) = 0,3759 * \exp(-0,0003238 * 180) = 0,3546;$$

в розрахунковий момент часу

$$C_{TPi} = a_{Ki} * \exp(b * j) = 0,3546 * \exp(-0,0003238 * 12) = \underline{0,3532}.$$

Розрахунки за двома варіантами співпадають.

Значення функцій часового тренду за показниками якості вод річки Дністер знаходяться в табл. 2.2.

3. ВРАХУВАННЯ МІНЛИВОСТІ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ВОД ПРИ РОЗРАХУНКАХ ГДС

3.1 Загальні положення розрахунку ГДС

Задачу розрахунку ГДС можна сформулювати так: скільки речовини можливо скинути у водний об'єкт, щоб якість вод у контрольному створі відповідала вимогам встановлених норм.

Згідно Інструкції [16] величину ГДС речовин для всіх категорій водокористування необхідно визначати як добуток максимальної годинної витрати (q) вод на допустиму концентрацію забруднювальної речовини ($C_{ГДС}$):

$$ГДС = q * C_{ГДС}. \quad (3.1)$$

Зазвичай величина максимальної годинної витрати визначається виходячи із режиму водовідведення та вибирається як найбільша у році. Ця величина пов'язана із технологією виробництва та не змінюється при оптимізації скидів у водні об'єкти. У переважній більшості випадків нормується величина концентрації забруднювальної речовини, що відводиться. Тому нормування – це визначення $C_{ГДС}$, що забезпечує нормативну якість води у контрольному створі.

В умовах водовідведення зворотних вод, що впливають на стан рибогосподарських водостоків, норми якості поверхневих вод або їх природний склад та властивості повинні витримуватися протягом всієї ділянки водокористування, починаючи із контрольного створу, але не далі ніж 500 метрів від місця скиду стічних вод.

Інша важлива вимога, як відзначалося вище, – це те, що для всіх нормуємих речовин при рибогосподарському водокористуванні ГДС встановлюється так, щоб для усіх речовин з однаковою ознакою шкідливості

(ЛОШ), що містяться у воді водного об'єкту, сума відношень концентрації кожної речовини до відповідних $ГДК$ не перевищувала одиниці [16].

У випадку, коли у якоїсь речовини фонові концентрація перевищує $ГДК$, $ГДС$ встановлюється виходячи із віднесення нормативних вимог до складу та властивостей води водних об'єктів до самих стічних вод.

Для неконсервативних речовин допустима концентрація визначається за формулою (3.2):

$$C_{ГДС} = n * ((ГДК - C_0)e^{kt} - C_{\phi} + C_0) + C_{\phi}, \quad (3.2)$$

де n – кратність загального розводження стічних вод у контрольному створі водотоку;

$ГДК$ – гранично допустима концентрація, $г/м^3$;

C_0 – розрахункова природна фонові концентрація забруднювальних речовин у водостоку, $г/м^3$;

C_{ϕ} – розрахункова фонові концентрація, $г/м^3$;

t – час руху води від місця випуску до розрахункового створу, діб;

k – коефіцієнт неконсервативності, 1/добу.

Інша розрахункова формула речовин не враховує їх перетворення (трансформацію) під час переміщення до контрольного створу. Для консервативних речовин допустима концентрація скиду визначалася за формулою (3.3):

$$C_{ГДС} = n * (ГДК - C_{\phi}) + C_{\phi}. \quad (3.3)$$

Для групи речовин, що мають ефект сумарної дії, пропонується наступна формула [16, 26]

$$C_{Пдi} = \mu_i n [1 - \sum ((1 - 1/n) \zeta_j C_{\phi_j} + (1 - \zeta_j) C_{0j}) / ГДК_j] / (\sum \zeta_j \mu_j / ГДК_j), \quad (3.4)$$

де μ_i – розрахунковий частковий вміст речовини в стічних водах («бажане співвідношення концентрацій речовин однієї групи сумарно у зворотних водах» [16]);

$i = 1, 2, \dots, L$; L – кількість речовин однієї групи сумарно;

$\zeta_j = \exp(k_{Hj}t)$;

C_{Ej} і C_{0j} – розрахункова фонові і природна фонові концентрації речовини;

$j = 1, 2, \dots, L$.

Для консервативних речовин $\zeta=1$.

Не важко помітити, що:

1. результат розрахунку GDC суттєво залежить від точності визначення фонових значень показників якості вод;

2. неможливо відповісти на питання, чи будуть виконуватись вимоги норм країн ЄС до кратності перевищення GDK при розрахованому GDC .

3.2 Загальні положення розрахунку фонових значень показників якості вод

За фонову концентрацію речовини береться статистично обґрунтована верхня довірча межа можливих середніх значень концентрацій цієї речовини, розрахована за наслідками гідрохімічних спостережень для найбільш несприятливих гідрологічних умов або найбільш несприятливої відносно якості води пори року. Верхня довірча межа визначається в різних випадках по-різному, залежно від того чи є кореляція між концентрацією розглянутої речовини і витратою чи ні. Таким чином:

$$C_{\Phi} = C_{E'} + S_{E'} \quad (3.5)$$

де $C_{E'}$ – середня концентрація речовини, яка за наявності регресійного зв'язку розраховується по рівнянню регресії, за відсутності регресійного

зв'язку – це середнє арифметичне із спостережуваних значень;

$$S_E' = t_{95} \sum (C_i - C_E)^2 / [k(k - m)], \quad (3.6)$$

де t_{95} – коефіцієнт Стюдента для довірчої ймовірності 0,95 при вибірці об'ємом k .

Із розглянутого розрахунку видно, що для отриманих фонових значень показників якості вод за формулами (3.5) і (3.6) неможливо визначити їх забезпеченість. І, таким чином, встановити ймовірність перевищення ГДК (відповідно вимог країн ЄС) показниками якості води, значення яких розраховані з використанням цих фонових значень.

Вирішити цю проблему можливо при використанні в якості фона значень показників якості вод з заданою забезпеченістю F . Забезпеченість F доцільно прийняти орієнтуючись на норми країн ЄС: за деякий попередній період часу якість вод відповідає вимогам санітарних норм, якщо кількість перевищень ГДК за кожним показниками не перевищувала 10% від усій кількості спостережень за розглядуваний період часу, за рибогосподарськими нормами – 5%.

3.3 Прогноз значень показників якості вод

Прогноз значення i -го показника якості вод забезпеченістю F на момент часу j (C_{Fij}) можна виконати за формулою (3.7)

$$C_{Fij} = a * \exp(j b_i) * \text{ЛОГНОРМОБР}(1-F; 0; \check{G}_{HTi}), \quad (3.7)$$

де a – параметр лінії тренду, значення функції тренду i -го показника на початку (наприкінці) періоду спостережень (табл. 2.1);

j – момент часу (порядковий номер місяця при щомісячних спостереженнях), що відраховується з моменту початку (наприкінці) періоду

спостережень;

b_i – параметр лінії тренду i -го показника (табл. 2.1).

Схема прогнозу показано на рис. 3.1.

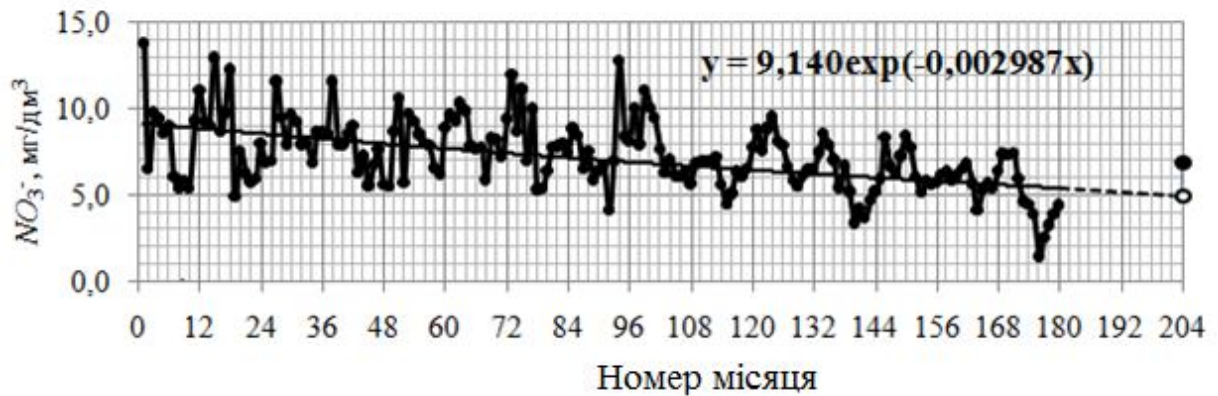


Рис. 3.1 – Схема визначення прогнозного значення показника із заданою забезпеченістю

Якщо припустити, що у контрольному створі при скиді стічних вод кількість речовини у воді збільшується на деяку добавку (ΔC_i) у порівнянні з її фоновою кількістю (до місця скиду). І усі часові коливання вмісту цієї речовини у воді річки до скиду стічних вод (рис. 2.20) у контрольному створі теж збільшуються на ΔC_i (хоча насправді це не так, тому що кратність розводження стічних вод у контрольному створі, визначена при їх постійній витраті і витраті води в річці у межень, буде змінюватися в більшу сторону в інші сезони року, в залежності від витрати води у річці, розрахунок з таким припущенням є розрахунком з запасом), то розрахунок ГДС по C_{Fij} із забезпеченістю 5 або 10%, дозволить отримати $C_{ГДС}$, при якій концентрація речовини в контрольному створі буде дорівнювати ГДК з забезпеченістю 5 або 10%, тобто відповідати вимогам норм країн ЄС.

На рис. 2.20 показано закон розподілу показника $\Psi_{СТ.САН}$ (нижня крива), його норматив дорівнює 1. Значення $\Psi_{СТ.САН.10}$ з 10% забезпеченістю дорівнює 0,70, якщо прийняти $\Psi_{СТ.САН.10}$ за фонове, то при розрахунку ГДС буде отримано таке $\Psi_{СТ.САН.ГДС}$ у стічних водах, при якому у контрольному створі

значення $\Psi_{СТ.САН.КС}$ буде дорівнювати 1,0 (нормативу). Забезпеченість нормативу – 10%. Постійна добавка к усім значенням 0,30. Закон розподілу спотворених значень показника за рахунок скиду стічних вод – верхня крива на рис. 3.2.

Таким чином, розрахунок $ГДС$ по $С_{\phi}$ із забезпеченістю 5 або 10%, дозволить отримати таку $С_{ГДС}$, при якій концентрацій речовини у контрольному створі буде дорівнювати $ГДК$ з забезпеченістю 5 або 10%.

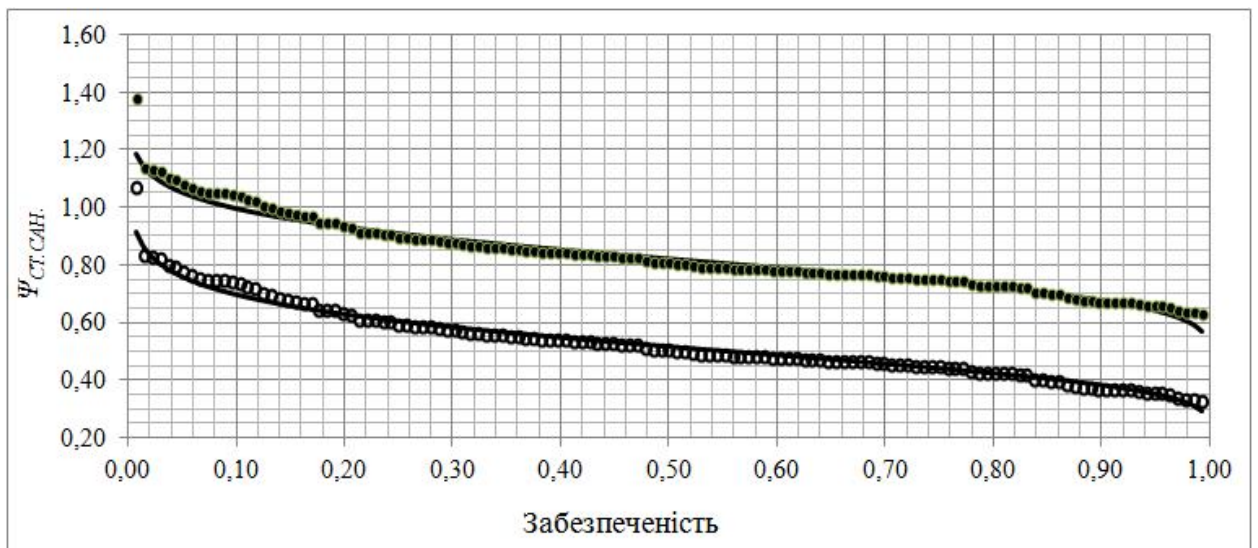


Рис. 3.2 – Збільшення значень показника на постійну добавку у контрольному створі

ВИСНОВКИ

За результатами досліджень можна зробити наступні висновки.

1. Практично усі показники якості вод нижній частини річки Дністер мають негативний тренд: виражений негативний тренд простежується у 8 показників (аміак (за азотом); нітрати (за азотом); хлориди; натрій+калій; марганець; молібден; $k_1=rNa^+/rCa^{2+}$; $k_2=rNa^+/(rCa^{2+}+rMg^{2+})$; середній негативний тренд мають 11 показників (мутність; ХСК; нітроти (за азотом); сульфати; фториди; нафтопродукти; $\Psi_{CT.CAH}$; $\Psi_{CT.P/X}$; $k_4=(Na^++K^+)/\sum kam.$); слабкий (незначний) негативний тренд у 10 показників (рН; розчинений кисень; БСК₂₀; мінералізація; кальцій; магній; алюміній; залізо; $k_3=rMg^{2+}/(rCa^{2+}+rMg^{2+})$). Позитивний середній тренд простежується тільки у міді й $\Psi_{T.P/X}$; незначний у гідрокарбонатів.

2. Виражену сезонну мінливість мають 12 показників: мутність, O_2 , БСК₂₀, мінералізація; гідрокарбонати; сульфати; хлориди; кальцій; алюміній; залізо; мідь; $\Psi_{T.P/X}$. Це можна пояснити зв'язком цих показників зі стоком річки. Останні показники не мають вираженої сезонної мінливості.

3. Відповідно Директивам країн ЄС якість вод водного об'єкту за деякий попередній період часу відповідає вимогам норм, якщо кількість перевищень ГДК за показниками складає не більше 10% (за санітарними нормами) і 5% (за рибогосподарськими). Для оцінки якості вод відповідно цим норм необхідно використовувати значення показників із забезпеченістю 5 або 10%.

4. Оцінка якості вод Дністра за вітчизняними нормами (з використанням середніх значень показників) і за нормами ЄС (з використанням значень з забезпеченістю 5 і 10%) у цілому співпадає, вода не відповідає вимогам: санітарних норм за вмістом органічних речовин (БСК і ХСК) і заліза; рибогосподарських норм за вмістом органічних речовин (БСК), а також речовин токсикологічної і санітарно-токсикологічної груп сумарної дії. Але за нормами ЄС додатково недопустимий вміст нітратів (санітарні

норми) і значення показників вмісту речовин сумарної дії значно вище.

5. При оцінці якості вод за груповими показниками вмісту речовин сумарної дії значення цих показників необхідно розраховувати за законами їх розподілу. У зв'язку з тим, що значення групових показників $\Psi^*_{CT.CAH}$, $\Psi^*_{CT.P/X}$ і $\Psi^*_{T.P/X}$, визначені з використанням гідрохімічних показників з забезпеченістю 5 і 10%, більш значень $\Psi_{CT.CAH}$, $\Psi_{CT.P/X}$ і $\Psi_{T.P/X}$ з відповідною забезпеченістю, розрахованих за законами їх розподілу. Використання значень $\Psi^*_{CT.CAH}$, $\Psi^*_{CT.P/X}$ і $\Psi^*_{T.P/X}$ може суттєво погіршувати оцінку у порівнянні з реальним станом вод.

6. Іригаційну оцінку якості вод за співвідношеннями катіонів теж рекомендується виконувати з використанням законів їх розподілу. Тому, що на відміну від групових показників співвідношення катіонів, розраховані за значеннями їх концентрації з малою забезпеченістю, значно покращують уявлення про реальний стан вод.

При оцінюванні можливості використання вод для поливу бажано знаходити ймовірність граничних значень співвідношень іонів. Це дозволяє оцінити період часу в частках от одиниці, коли вода не відповідає іригаційним кондиціям за розглядуваним співвідношенням іонів.

7. При розрахунках гранично допустимих скидів забруднювальних речовин зі стічними водами в якості фона бажано використовувати значення показників з забезпеченістю 5 або 10%. Тоді розрахований ГДС буде забезпечувати виконання вимог норм країн ЄС при скидах речовин.

ПРЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. COUNCIL DIRECTIVE 75/440/EEC of 16 June 1975 concerning the quality required of surface water intended for the abstraction of drinking water in the Member States.
Retrieved from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:31975L0440&from=en>. (in English)
2. COUNCIL DIRECTIVE 76/160/EEC of 8 December 1975 concerning the quality of bathing water. Retrieved from: <http://river.bio.auth.gr/wp-content/uploads/2016/09/Directive-76-160-EEC-Bathing-Water.pdf> (in English)
3. COUNCIL DIRECTIVE 78/659/EEC of 18 July 1978 on the quality of fresh waters needing protection or improvement in order to support fish life. Retrieved from: http://www.cawater-info.net/water_quality_in_ca/files/eu_659-78.pdf (in English)
4. COUNCIL DIRECTIVE 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption. Retrieved from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:31998L0083&from=EN>. (in English)
5. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. Retrieved from: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:5c835afb-2ec6-4577-bdf8-756d3d694eeb.0004.02/DOC_1&format=PDF (in English)
6. DIRECTIVE (EU) 2020/2184 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2020 on the quality of water intended for human consumption. Retrieved from: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2020/2184/oj> (in English)
7. Вишневський В.І., Косоцький О.О. 2003. Гідрологічні характеристики річок України. Київ, 324 с.
8. Гончар О. М. 2011. Загальний аналіз гідрологічного режиму річок у

- басейні Дністра // Науковий вісник Чернівецького університету: Збірник наукових праць. Географія. Чернівці: Чернівецький нац. ун-т. С. 83-88.
9. Dniester River Water Resources Study. Main Report. World Bank, Delft Hydraulist. 1996, 190p.
 10. Паламарчук М.М., Закорчевна Н.Б. 2001. Водний фонд України (Довідковий посібник). Київ.
 11. Малі річки України: Довідник / За ред. А.В. Яцика. К.: Урожай, 1991. 296 с.
 12. Гідрохімічний режим та якість поверхневих вод басейну Дністра на території України: Монографія / За ред. В. К. Хільчевського та В. А. Сташука. К.: Ніка-Центр, 2013. 256 с. ISBN 978-966-521-570-7.
 13. Крепис О.І., Шарапановська Т.Д., Лобченко В.В. 1999. Сучасний стан нерестовищ Середнього та Нижнього Дністра і ефективність їх використання рибаками // Збереження біорізноманіття басейна Дністра: Матер. Міжнарод. конф. (Кишинів, 7-9 квіт. 1999 р.). Кишинів, с.109-111.
 14. Cocirta P. 1999. Some considerations on environmental protection and ecological monitoring in river Dniester basin // Сохранение биоразнообразия бассейна Днестра: Матер. Международ. Конф. Кишинев, 7-9 октября 1999г. Р. 100-104.
 15. Гідролого-гідрохімічна характеристика мінімального стоку річок басейну Дніпра / За ред. В. К. Хільчевського. К.: Ніка-центр, 2007. 184 с.
 16. 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.
 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. Методи оцінки якості природних вод. Конспект лекцій / Викладач Юрасов

- С.М. Одеса, вид-во «ТЕС», 2019 р. 91 с.
19. Юрасов С.М., Сафранов Т.А., Чугай А.В. 2012. Оцінка якості природних вод: Навчальний посібник / Одеса: Екологія, 168 с. URL: http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/872/1/UrasovSM_Ocinka_yacosty_vod_NP_2011.pdf
 20. Юрасов С.М., Кур'нова С.О. 2017. Оцінка якості вод за санітарними і рибогосподарськими нормами та її вдосконалення на прикладі Кілійського гирла Дунаю / «Молодий вчений»: Науковий журнал, № 8(48). С. 10-14. (in Ukrainian) Retrieved from: <http://molodyvcheny.in.ua/files/journal/2017/8/3.pdf>
 21. Юрасов С.Н., Курьянова С.А. 2021. Качество вод: оценка, изменчивость, прогноз, нормирование. LAP LAMBERT Academic Publishing. 60 p. Retrieved from: <https://www.morebooks.de/store/gb/book/%D0%BA%D0%B0%D1%87%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE-%D0%B2%D0%BE%D0%B4:-%D0%BE%D1%86%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%B0,-%D0%B8%D0%B7%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%87%D0%B8%D0%B2%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C,-%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D0%BD%D0%BE%D0%B7,-%D0%BD%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5/isbn/978-620-4-20356-0> (in Russian)
 22. Inverse Lognormal Distribution Excel. Retrieved from: <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/excel/functions/inverse-lognormal-distribution-excel/> (in English)
 23. Leemis L. 2020. Mathematical statistics. 518 p. ISBN-10: 0982917465. (in English).
 24. Log-normal distribution. Retrieved from: https://en.wikipedia.org/wiki/Log-normal_distribution. (in English).
 25. Lognormal Distribution. Retrieved from:

<https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/lognormal-distribution#:~:text=A%20lognormal%20distribution%20is%20a,then%20has%20a%20lognormal%20distribution>. (in English).

26. Юрасов С.М., Кур'нова С.О. 2015. Нормування скидів речовин за груповим показником їх вмісту у водному середовищі / «Молодий вчений»: Науковий журнал. Частина 1, № 9(24). С. 134-138. Retrieved from: <http://molodyvcheny.in.ua/files/journal/2015/9/30.pdf> (in Ukrainian).

ДОДАТОК А

Перелік публікацій за темою кваліфікаційної роботи магістра

1. Майнов О.О., кер. Юрасов С.М. Мінливість якості вод і її врахування при оцінці якості вод (на прикладі річок Дністер і Дунай). Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції «Modern problems of science, education and society», 4-6.12.2023 Київ, Україна. 2023. С. 591-598. URL: <https://sci-conf.com.ua/wp-content/uploads/2023/12/MODERN-PROBLEMS-OF-SCIENCE-EDUCATION-AND-SOCIETY-4-6.12.2023.pdf>

