

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської підготовки
Кафедра екології та охорони довкілля

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

на тему: Екологічна оцінка якості води річки Хорол

Виконав студент 2 курсу групи МЕБ-19
спеціальності 101- Екологія
Довгополий Микола Миколайович

Керівник к.геогр.н., доцент
Романчук Марина Євгенівна

Рецензент к.геогр.н., доцент
Бурлуцька Марія Едуардівна

Одеса 2021

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-наукова програма Екологічна безпека
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри екології та охорони довкілля

Сафранов Т.А.

«15» березня 2021 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Довгополого Миколая Миколайовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Екологічна оцінка якості води річки Хорол

Керівник роботи Романчук Марина Євгенівна, к.геогр.н., доцент

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від "23" лютого 2021 року №
16 "С" п.п.-09

2. Строк подання студентом роботи 11 травня 2021 року

3. Вихідні дані до роботи: Вихідна інформація надана відділом гідрохімії
Українського гідрометеорологічного інституту (УкрГМІ)

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Фізико-географічна характеристика басейну р.Хорол в межах Сумської і Полтавської областей (загальні дані про водний режим і басейн річки);

2. Характеристика підприємств-забруднювачів в басейні р.Хорол

3. Екологічна оцінка якості води р.Хорол

4. Характеристика змін у часі речовин сольового блоку

5. Характеристика змін у часі речовин трофо-сапробіологічного блоку

6. Характеристика змін у часі блоку речовин токсичної та радіаційної дії

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

а) карта розміщення пункту спостереження – м.Хорол;

б) графік зміни у часі блокових та інтегральних екологічних індексів;

в) графіки зміни у часі загальної мінералізації, її зв'язок з витратами води та головними іонами;

г) графік зміни у часі розчиненого кисню, завислих речовин; д) графік зміни у часі біохімічного споживання кисню (БСК₅);

д) графік зміни у часі біогенних речовин азотної групи в межах р.Хорол-м.Миргород;

є) графік зміни у часі кремнію та загального фосфору;

ж) графік зміни концентрації синтетичних поверхнево-активних речовин;

з) номограма перевищення концентрацій речовин токсичної дії;

і) графік зміни у часі шестивалентного хрому;

к) графік зміни у часі концентрацій цинку, міді, мангану;

л) графік зміни у часі загального заліза та фенолів

6. Консультанти розділів роботи

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 кваліфікаційної роботи магістра	Термін виконання етапів кваліфікаційної роботи магістра	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	<i>Фізико-географічна характеристика басейну р.Хорол в межах Сумської та Полтавської областей</i>	15.03.2021- 19.03.2021	80	добре
2	<i>Характеристика підприємств-забруднювачів водних об'єктів в басейні Хорола</i>	20.03.2021- 25.03.2021		
3	<i>Екологічна оцінка якості води р.Хорол – м.Миргород</i>	26.03.2021- 08.04.2021	82	добре
4	<i>Характеристика змін у часі речовин сольового блоку</i>	09.04.2021- 18.04.2021		
	Рубіжна атестація	19.04.2021- 24.04.2021	82	добре
5	<i>Характеристика змін у часі речовин трофо-сапробіологічного блоку</i>	25.04.2021- 29.04.2021		
6	<i>Характеристика змін у часі речовин токсичної дії</i>	30.04.2021- 04.05.2021	75	добре
7	<i>Узагальнення отриманих результатів. Підготовка електронної версії кваліфікаційної роботи магістра до передачі керівнику на остаточну перевірку і підпис</i>	05.05.2021- 08.05.2021		
8	<i>Підготовка заключної версії кваліфікаційної роботи магістра і презентаційного матеріалу до публічного захисту. Передача на процедуру встановлення ступеня оригінальності і відсутності ознак плагіату. Складення керівником протоколу, висновку та авторського договору про розміщення кваліфікаційної роботи магістра в репозитарії.</i>	09.05.2021- 11.05.2021	60	задов.
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)			

(до десятих)

Студент

_____ . Довгополий М.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ . Романчук М.Є.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Довгополий М.М. Екологічна оцінка якості води річки Хорол

Актуальність теми. Річка Хорол являється правою притокою Псла і впливає на якість його вод. На його берегах знаходяться міста Хорол і Миргород, питна вода для яких береться з річки. Також води Хорола використовуються для зрошення, риболовлі, в якості технічного водопостачання найближчих підприємств. У літературних джерелах надається мало інформації про сучасний стан р.Хорол, тому особливо важливо дослідити, як змінюються параметри якості води у часі.

Метою роботи являється визначення екологічної оцінки якості води р.Хорол, аналіз її змін у часі та визначення речовин, які найбільш негативно впливають на якість води.

Предметом дослідження є аналіз змін у часі екологічної оцінки якості води р.Хорол та речовин, що впливають на ці зміни.

Об'єкт вивчення – води р.Хорол в пункті спостереження м.Миргород.

Методи дослідження – Основними являються статистичний, аналітичний, графічний. Для визначення оцінки якості води р.Хорол за період 2004-2015рр. застосовувалась Методика екологічної оцінки якості води за відповідними категоріями.

Результати досліджень. За результатами розрахунку екологічної оцінки якості води р.Хорол з'ясовано, що за екологічним індексом незначно, але якість води погіршується у часі. За повторюваністю у 17% випадків вода річки характеризувалась, як «досить чиста» за ступенем чистоти (II клас 3-я категорія якості), у 83% випадків, як слабо забруднена (III клас 4-а категорія якості). Найбільш негативний вплив справляють речовини токсичної дії (III блок), а саме концентрації мангану, цинку, міді. Середні багаторічні значення перевищували рибогосподарські нормативи (ГДК_{рг}) відповідно в 13,8; 5,66 та 4,47 разів.

Наукова новизна – Була розрахована екологічна оцінка якості води р.Хорол в межах м.Миргород за період 2004-2015 рр. і достатньо повно проаналізовані зміни речовин у часі, що впливають на якість води річки.

Теоретичне та практичне значення. Отримані результати роботи можуть бути використані у відповідних органах міської влади для прийняття рішень щодо покращення стану води р.Хорол.

Структура та обсяг роботи. Складається зі вступу, 7 основних розділів, висновків, переліку посилань, додатків. Обсяг роботи складає 70 с., в т.ч. 29 рис., 19 табл., 23 літературних джерела та 9 власних (у співавторстві з науковим керівником) тез доповідей та статей.

Ключові слова: екологічна оцінка якості води, блокові індекси, гранично-допустима концентрація, екологічний інтегральний індекс

ANNOTATION

Dovhopolyi M. M. Environmental Assessment of Khorol River Water Quality

Actuality of theme. The Khorol River is a right tributary of the Psal and affects the quality of its waters. On its banks are the cities of Khorol and Myrhorod, for which drinking water is taken from the river. Khorol waters are also used for irrigation, fishing, as a technical water supply to nearby enterprises. There is little information in the literature about the current state of the Khorol River, so it is especially important to investigate how water quality parameters change over time.

The aim of the work is to determine the ecological assessment of water quality of the Khorol River, to analyze its changes over time and to identify substances that most negatively affect water quality.

The subject of the study is the analysis of changes in the time of ecological assessment of water quality of the Khorol River and substances that affect these changes.

The object of study is the waters of the Khorol River at the observation point in Myrhorod.

Research methods - The main are statistical, analytical, graphical. To determine the assessment of water quality of the Khorol River for the period 2004-2015. The Methodology of ecological assessment of water quality by relevant categories was applied.

Research results. According to the results of the calculation of the ecological assessment of the water quality of the Khorol River, it was found that the ecological index is insignificant, but the water quality deteriorates over time. In terms of recurrence, in 17% of cases the river water was characterized as "quite clean" in terms of purity (II class 3rd quality category), in 83% of cases as slightly polluted (III class 4th quality category). The most negative effect is exerted by toxic substances (block III), namely the concentrations of manganese, zinc, copper. Average long-term values exceeded fishery standards by 13.8; 5.66 and 4.47 times respectively.

Scientific novelty - The ecological assessment of the water quality of the Khorol River within the city of Myrhorod for the period 2004-2015 was calculated and the changes of substances over time that affect the river water quality were sufficiently analyzed.

Theoretical and practical significance. The obtained results of the work can be used in the relevant city authorities to make decisions on improving the water condition of the Khorol River.

Structure and scope of work. It consists of an introduction, 6 main sections, conclusions, a list of references, appendices. The volume of work is 70 pages, including 29 figures, 19 tables, 23 literary sources and 9 own (in co-authorship with the supervisor) abstracts and articles.

Key words: ecological assessment of water quality, block indices, maximum permissible concentration, ecological integral index

ЗМІСТ

	ВСТУП.....	9
1	ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	10
	1.1 Загальна характеристика басейну р.Хорол – м.Миргород.....	10
	1.2 Фізико-географічна характеристика Сумської та Полтавської областей.....	11
2	ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВ-ЗАБРУДНЮВАЧІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЯКІСТЬ ВОДИ Р.ХОРОЛ	13
3	ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ ЗА ВІДПОВІДНИМИ КАТЕГОРІЯМИ.....	17
	3.1 Методика екологічної оцінки якості води.....	17
	3.2 Екологічна оцінка якості води р.Хорол – м.Миргород	19
4	ХАРАКТЕРИСТИКА ЗМІН У ЧАСІ РЕЧОВИН СОЛЬОВОГО БЛОКУ (МІНЕРАЛІЗАЦІЯ ВОДИ ТА ГОЛОВНІ ІОНИ) В СТВОРІ Р.ХОРОЛ – М.МИРГОРОД	26
	4.1 Загальна характеристика мінералізації.....	26
	4.2 Види коефіцієнту кореляції та розрахунок кореляційних зв'язків між головними іонами, мінералізацією та витратами води.....	30
5	АНАЛІЗ ПРОСТОРОВО-ЧАСОВИХ ЗМІН РЕЧОВИН ТРОФО- САПРОБІОЛОГІЧНОГО БЛОКУ	38
	5.1 Аналіз змін у часі розчиненого кисню, завислих речовин, БСК ₅ та температури води р.Хорол в межах м.Миргород.....	38
	5.2 Аналіз змін біогенних речовин в басейні р.Хорол....	43
6	ХАРАКТЕРИСТИКА ЗМІНИ У ВОДІ Р.ХОРОЛ- М.МИРГОРОД	

	8
РЕЧОВИН ТОКСИЧНОЇ ДІЇ.....	47
ВИСНОВКИ.....	62
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	66
ДОДАТКИ.....	68

ВСТУП

Річка Хорол протікає в межах двох областей України: Сумській і Полтавській. Являється найбільшою правою притокою р.Псел і впливає на якість її вод. В свою чергу, Псел впадає в Дніпро (в межах суббасейну Середнього Дніпра) і формує якість його вод.

Характеристика хімічного складу вод р.Хорол вивчена недостатньо. Найбільш повно цій темі присвячена робота П.С. Лозовіцького «Гідрохімічний режим та якість води річки Хорол».

Наша робота присвячена вивченню питань зміни мінералізації і головних іонів (Ca, Mg, Na, HCO₃, SO₄, Cl), їх взаємозв'язок з витратами води; зміни у часі речовин токсичної дії (Fe, Cr, Zn, Cu, фенолів, СПАРів); біогенних речовин; гідрофізичних показників якості води та розрахунок екологічної оцінки якості води в створі р.Хорол – м.Миргород (0.5 км вище міста) за період 2004-2015 рр.

Предметом дослідження є аналіз змін у часі екологічної оцінки якості води р.Хорол та речовин, що впливають на ці зміни.

Об'єкт вивчення – води р.Хорол в пункті спостереження м.Миргород.

Оскільки, в цілому, по річці Хорол мало досліджень, то вивчення сучасного стану води, являється нагальною та *актуальною проблемою.*

Вихідна інформація надана відділом гідрохімії Українського гідрометеорологічного інституту (УкрГМІ).

За темою кваліфікаційної роботи магістра були опубліковані тези, з яких п'ять – на Міжнародних конференціях; по одній – на Всеукраїнській конференції та Конференції Молодих вчених. Також опубліковані дві статті, одна з яких фахова.

1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Загальна характеристика басейну р.Хорол – м.Миргород

Хорол – це річка у Сумській і Полтавській областях України, права притока річки Псла (басейн Дніпра). Бере початок із джерел на північ від с.Червона Слобода і тече Придніпровською низовиною. Хорол впадає в Псел біля с.Сухорабівка Решетилівського району (рис. 1.1). Довжина - 308 км (в межах Полтавщини – 241 км). Площа басейну - 3870 км². Річище нешироке. Дно мулисте. Падіння річки – 0,3 м/км. За середній по водності рік в гирлі річки витрата складає 5,5 м³/с, річний стік – 0,173 км². [1]



Рисунок 1.1 – Місце розташування пункту спостереження р.Хорол – м.Миргород

Живлення мішане, переважно снігове і становить 85% з усіх джерел. Для річки характерна повінь, що триває зазвичай з лютого по квітень. У жарку пору в верхній течії вона пересихає в середньому на півтора місяця (на 40-50 діб). Замерзає в листопаді - початку січня, вскривається в березні - на початку квітня. Лід на ній стоїть з листопада по січень.[2]

Долина у вигляді трапеції, часто асиметрична, із підвищеними правими й пологими лівими схилами, ширина долини досягає 10-12 км. Заплава заболочена, поросла чагарниками і лучною рослинністю; ширина від 0,2-0,5 до 1,5-2 км [3]. Із населених пунктів на берегах річки знаходяться міста Хорол і Миргород, питна вода для яких береться з річки. Також її води використовуються для зрошення і в якості технічного водопостачання найближчих підприємств. [4] З риб в Хоролі переважаючими видами є гірчак, вівсянка, і язь. [5]

1.2 Фізико-географічна характеристика Сумської та Полтавської областей

Сумська область розташована у північно-східній частині України. За розміром площі (23,8 тис. км², що становить 3,9 % від території держави) займає 16 місце в Україні. В північній частині області переважають сірі лісові та дерново-підзолисті ґрунти, для південної частини області характерні типові чорноземи, глибокі малогумусні, середньо- і легкосуглинкові та вилужені середньогумусні чорноземи. В заплавах річок переважають дернові лугові ґрунти. По території Сумщини протікає 1543 річки. Всі вони належать до басейна Дніпра і здебільшого є його лівими притоками. Річкова мережа Сумської області включає одну велику річку - Десну та 6 середніх рік – Сейм, Клевень, Сулу, Псел, Хорол і Ворсклу, загальна довжина яких у межах Сумської області 801 км. Крім того, в області налічується 1536 малих річок загальною довжиною 7182 км. У межах області розташовані 25 крупних озер, 2191 ставок та 43 водосховища із загальним об'ємом майже 223 млн. м³ води.

Надра краю багаті на різноманітні корисні копалини. Серед них найбільш важливе значення має паливно-енергетична сировина: нафта, природний газ, торф, а також неметалеві корисні копалини: фосфорити, кам'яна сіль, кварцити, крейда, мергель цегельна сировина, будівельні піски і камінь. Клімат області помірно-континентальний. [6]

Полтавщина розташована в центральній частині України в лісостеповій зоні з помірно-континентальним кліматом. Із загальної площі 28,75 тис. км² (4,5% площі України): 9,95% складають ліси та інші лісовкриті площі, 5,16% займають поверхневі водойми, 75,32% території – сільгоспугіддя, в тому числі рілля – 61,73%. Територія області належить до недостатньо вологої, теплої, крайній південний схід – до посушливої, дуже теплої агрокліматичної зони. Загальні гідрофізичні та гідрохімічні дані наведені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 - Гідрографічні і гідрологічні характеристики р.Хорол-м.Миргород

Ріка-пункт	Довжина км	Гідрографічні і гідрологічні характеристики основних річок Полтавщини							Витрата води за Багаторічний період, м ³ /сек.	Шар стоку мм
		Площина басейну кв. км	Висота /м/		Коефіцієнт звивистості	Швидкість течії м/сек	Пересічна ширина /м/			
			витоку	гирла			річища	заплав		
Хорол-	308	3870	142	71	2,22	0,1	30	200	8,8	51
м.Миргород	241	3181								

Примітка: В чисельнику - загальна, в знаменнику - в межах області

На території області відкрито багато нафтових, нафтогазоконденсатних, газових і газоконденсатних родовищ. В районі Кременчуцької аномалії зосереджені запаси залізних руд. Серед інших корисних копалин – торф, бішофіт, будівельні матеріали, мінеральні води.

Найбільш поширені в області ґрунти – чорноземи, які займають майже дві третини території області. [7]

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВ-ЗАБРУДНЮВАЧІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЯКІСТЬ ВОДИ Р.ХОРОЛ

Якість води визначається кількістю населених пунктів, розташованих вздовж річки, зарегульованістю водного об'єкту (наявність водосховищ, ставків тощо), кількістю промислових підприємств, їх специфікою, кліматичними умовами та ін.

В табл.2.1 наведена характеристика протяжності р.Хорол в межах Сумської та Полтавської областей. Як видно, саме в Полтавській області знаходиться більша частина басейну ріки. Вздовж берегової лінії також більша кількість населених пунктів знаходиться на Полтавщині - 66 проти 5 в Сумській. Всього на річці Хорол знаходиться 30 гребель та водосховищ. Стічні води населених пунктів та зарегульованість річки призводять до погіршення якості води. В межах Сумської області через річку проходить один нафтопровод, а в межах Полтавської – 3 нафтопроводи та 3 газопроводи, що також може бути небезпечним для екологічного стану Хоролу.

Таблиця 2.1 – Характеристика р.Хорол в межах Сумської і Полтавської областей за [6, 7]

Назва річки	Протяжність по території регіону, км	Річковий басейн, до якого відноситься річка	Кількість населених пунктів вздовж берегової	Кількість гребель (водосховищ), од.	Кількість трубопроводів, що проходять через річку, од.				Кількість напірних каналізаційних колекторів, що перетинають водний об'єкт_ол
					газо-	. нафто-	аміако-	продукто	
Сумська область									
р. Хорол	60	Псел	5	3		1			
Полтавська область									
р. Хорол	241	Псел	66	7	3	3			

Найбільшими містами в межах басейну р.Хорол являються м.Хорол та м.Миргород, смт.Липова Долина. Саме там знаходиться найбільша кількість промислових, комунально-побутових підприємств, стічні води яких негативно впливають на якість води. Міста Хорол та Миргород розташовані в Полтавській області. В місті Миргород розвинуті наступні підприємства [8]:

Харчова промисловість

В місті представлена підприємствами:

ПАТ "Миргородський завод мінеральних вод" - Спеціалізується на виготовленні мінеральної, столової та питних вод.

ЗАТ завод продтоварів "Калинка" - Спеціалізується по випуску мінеральної води та харчових продуктів (хрін, гірчиця, кисіль).

ТДВ "Миргородський хлібозавод" - Спеціалізується по виробництву хліба, хлібобулочних виробів, макаронних та кондитерських виробів.

Переробна промисловість представлена підприємствами:

ТОВ "Миргородський елеватор" - Спеціалізується на наданні послуг по зберіганню зернових культур.

ДП ДАК "Хліб України "Миргородський комбінат хлібопродуктів № 1" - Спеціалізується по переробці сільгосппродукції.

ПП "Автостар" - Спеціалізується по переробці сільгосппродукції.

Машинобудування та металообробка

ВАТ "Арманром" - Спеціалізується на виробництві сталеві та кольорові арматури, рідкої сталі.

Деревообробна промисловість

ДП "Миргородське лісове господарство" - Спеціалізується на переробці деревини та виготовленні сувенірів із дерева.

Виробництво пластмасових виробів

ТОВ виробничо-комерційне підприємство "Миргородський завод термозберігаючих конструкцій" - Спеціалізується на виготовленні пластикових вікон.

Легка промисловість

ТОВ "Світлана" - Спеціалізується на виробництві спецодягу.

В місті Хорол діють такі підприємства:

Виробниче управління житлово-комунального господарства; Відкрите акціонерне товариство Хорольський «Райагропостач»; Відкрите акціонерне товариство Хорольське ремонтно-транспортне підприємство; Відкрите акціонерне товариство Хорольська «Сільгоспхімія»; Відкрите акціонерне товариство «Хорольський механічний завод»; Відкрите акціонерне товариство «Хорольський елеватор»; Відкрите акціонерне товариство «Хорольське автотранспортне підприємство 15346» та ін.

Селище міського типу Липова Долина знаходиться в Сумській області. Основними підприємствами являються: Липоводолинське дочірнє агролісогосподарське підприємство Липоводолинський агролісгосп; ТОВ МРІЯ (Виробництво продуктів борошномельно-круп'яної промисловості); Комунальне підприємство житлово-комунальне господарство (КП ЖКГ) Липоводолинське.

В басейні р.Хорол найбільш значним водокористувачем являється Миргородське виробниче управління водоканалізаційного господарства (ВУВКГ) (6,20 тис./м³ на добу). Об'єм скидів стічних вод Миргородського ВУВКГ становить 2,577 млн.м³ у рік. Уся вода, що скидається, оцінюється як недостатньо очищена [9].

В табл.2.2 приведені об'єми скидання зворотних вод та обсяги забруднюючих речовин, що потрапляють із зворотними водами у р.Хорол. Видно, що по підприємствах ОКВПВКГ «Миргородводоканал» (м.Миргород) та ПАТ «Хорольський молококонсервний комбінат дитячих продуктів» (м.Хорол) з 2013 по 2015 роки зменшувались як об'єми стічних вод так і обсяги забруднюючих речовин, що скидаються в річку. На протязі 2013-2015 рр. по підприємству ПАТ «Армапром», (м.Миргород) ці параметри практично не змінювались. По КП ЖКГ "Липоводолинське" - вони зросли: якщо, об'єми скидання зворотних вод збільшились тільки в 2015 році (в 1,1

рази), то обсяги забруднюючих речовин зростали кожного року і досягли значень у 2,26 разів більших, ніж в 2013 р.

Таблиця -2.2 Скидання забруднюючих речовин із зворотними водами у поверхневі водні об'єкти, за [6, 7]

Назва водокористувача- забруднювача	2013		2014		2015	
	об'єм скидання зворот- них вод, млн.м3	обсяг забруднюючих речовин, т	об'єм скидання зворот- них вод, млн.м3	обсяг забруднюючих речовин, т	об'єм скидання зворот- них вод, млн.м3	обсяг забруднюючих речовин, т
р. Хорол						
Сумська область						
КП ЖКГ "Липоводолинське"	0,020	19,06	0,020	26,21	0,022	43,01
Полтавська область						
ОКВПВКГ «Миргородводоканал», м.Миргород	1,758	2579	1,536	2278	1,301	1935
ПАТ «Армапром», м.Миргород	0,004	1,0	0,003	1,0	0,003	1,0
ПАТ «Хорольський молококонсервний комбінат дитячих продуктів», м.Хорол	0,355	513,0	0,303	460,0	0,279	431,0

3 ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ ЗА ВІДПОВІДНИМИ КАТЕГОРІЯМИ

3.1 Методика екологічної оцінки якості води

Методика екологічної оцінки включає три спеціалізованих блоки: 1) за критерієм сольового складу; 2) за трофо-сапробіологічними (еколого-санітарними) критеріями; 3) за критеріями вмісту специфічних речовин токсичної і радіаційної дії. Обчислення екологічної оцінки виконується в декілька етапів.

Вихідні дані про якість води за окремими показниками групуються в межах трьох зазначених блоків. Згруповані по блоках щодо кожного наявного показника якості води, вихідні дані (вибірки) піддаються певній обробці: обчислюються середньоарифметичні значення, визначаються мінімальні та максимальні (найгірші) значення, які всі разом характеризують мінливість величин кожного з показників якості води в реальних умовах виконання і аналізу результатів спостережень [10].

Екстремальні значення окремих показників якості води підлягають спеціальному аналізу: з'ясуванню природних чи антропогенних причин, які могли спричинити їх появу. Після такого аналізу приймаються рішення про використання чи вилучення екстремальних значень певних показників якості води.

На етапі визначення класів та категорій якості води відбувається зіставлення середніх і найгірших значень з критеріями спеціалізованих класифікацій та визначення класів і категорій якості води за окремими показниками в межах відповідних блоків.

Узагальнення отриманих показників полягає у визначенні середніх і найгірших значень для трьох блокових індексів якості води, а саме: для індексу забруднення компонентами сольового складу (I_1), для трофо-сапробіологічного (еколого-санітарного) індексу (I_2), для індексу

специфічних показників токсичної і радіаційної дій (I_3). Маючи значення блокових індексів якості води, легко визначити їх приналежність до певного класу та категорії якості води за допомогою системи екологічної класифікації..

Заключним етапом являється визначення об'єднаної оцінки якості води для певного водного об'єкта в цілому або для окремих його ділянок і полягає в обчисленні інтегрального або екологічного індексу I_E . Використання екологічного індексу якості води доцільно в тих випадках, коли зручніше користуватися однозначною оцінкою: для планування і опрацювання водоохоронної діяльності, здійснення екологічного і еколого–економічного районування, екологічного картографування тощо [10]. Значення екологічного індексу якості води визначається за формулою (3.1):

$$I_E = \{I_1 + I_2 + I_3\} / 3, \quad (3.1)$$

де I_1 – індекс забруднення компонентами сольового складу;

I_2 – індекс трофо–сапробіологічних показників;

I_3 – індекс специфічних показників токсичної і радіаційної дії.

Екологічний індекс якості води, як і блокові індекси, обчислюється для середніх і для найгірших значень категорій окремо.

Сольовий склад поверхневих вод оцінюється за сумою іонів та окремими інгредієнтами. При групуванні даних у просторі і часі оцінка дається за середніми і максимальними (найгіршими) значеннями показників.

Екологічна оцінка якості вод за трофо–сапробіологічними (еколого–санітарними) критеріями виконується на основі середніх та найгірших значень кожного з гідрофізичних, гідрохімічних, бактеріологічних показників, а також індексів сапробності. Для цього блоку бажана узагальнена оцінка, оскільки більшість показників є взаємопов'язаними і в кінцевому підсумку вони відповідають певному ступеню трофності та зоні сапробності вод.

Екологічна оцінка якості поверхневих вод та естуаріїв за *специфічними показниками токсичної і радіаційної дії* виконується за кожним показником окремо. Для даних, згрупованих у часі й просторі, оцінка дається за середнім та найгіршим значеннями кожного з показників.

Сучасність методики екологічної оцінки полягає в тому, що комплекс екологічних класифікацій якості поверхневих вод має гнучку систему ранжування критеріїв якості води.

3.2 Екологічна оцінка якості води р.Хорол – м.Миргород

Оцінка якості води р.Хорол – м.Миргород проводилася за «Методикою екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями» [11] на протязі періоду спостереження 2004-2015 рр.

Результати розрахунків по оцінці якості води були докладені на конференції молодих вчених і опубліковані у вигляді тез [1 Додаток А]

До I-го сольового блоку входять сума іонів та головні іони, такі як аніони (хлориди, сульфати, гідрокарбонати) і катіони (кальцій, магній, натрій, калій). За кожен рік були визначені класи та категорії якості для суми іонів, сульфатів та хлоридів. До II-го блоку (трофо-сапробіологічні показники) належать: водневий показник (рН), вміст завислих речовин, прозорість, біохімічне споживання кисню за 5 діб (БСК₅), біхроматна окислюваність, розчинений кисень, концентрація азоту амонійного, нітритного та нітратного, фосфору фосфатів. До III-го блоку (специфічні речовини токсичної дії) входять: нафтопродукти, синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАРи), залізо загальне, шестивалентний хром, феноли, мідь, манган. Кожній речовині в блоках надавались клас та категорія якості води. За визначеними категоріями було обчислено середнє арифметичне значення, яке і є блоковим індексом. Цьому індексу також надана категорія якості води. Середнє арифметичне за трьома визначеними блоками являється

екологічним індексом якості води (I_E). Розрахунок інтегрального індексу проводився за формулою (3.1).

Отримані результати наведені в табл.3.1.

Видно, що блокові індекси за кожен рік наведені у вигляді субкатегорій (колонки 2, 4, 6, 8) та категорій якості (колонки 3, 5, 7, 9).

Таблиця 3.1- Результати розрахунку екологічної оцінки якості води в басейні р.Хорол – м.Миргород за середніми значеннями (період 2004-2015рр.)

Рік	I блок	категорія	II блок	категорія	III блок	категорія	I інтегр.	категорія
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
2004	3,33	3	3,09	3	4,0	4	3,47	3
2005	3,67	4	3,09	3	4,0	4	3,59	4
2006	3,67	4	3,27	3	3,86	4	3,60	4
2007	3,67	4	3,09	3	3,57	4	3,44	3
2008	4,0	4	3,45	3	4,0	4	3,82	4
2009	4,33	4	3,27	3	4,29	4	3,96	4
2010	3,67	4	3,64	4	4,71	4	4,01	4
2011	3,67	4	3,45	3	4,43	4	3,85	4
2012	4,00	4	3,73	4	4,0	4	3,91	4
2013	4,33	4	3,45	3	4,29	4	4,02	4
2014	4,0	4	3,27	3	3,57	4	3,61	4
2015	3,67	4	3,45	3	3,86	4	3,66	4

За весь досліджуваний період було визначено, що у 92% випадків якість води за критерієм мінералізації за середніми значеннями показників характеризувалась II класом та 2-ою категорією. Це відповідає якості - вода «дуже добра» за станом або «чиста» за ступенем чистоти. Вода відноситься до «прісних олігогалинних» (мінералізація від 510 до 1000 мг/дм³). В створі мінералізація коливалась від 801 мг/дм³ (2012 р.) до 947 мг/дм³ (2013 р.). У 8% випадків від всіх років спостереження, вода в створі р.Хорол – м.Миргород відносилась до II класу та 3-ої категорії якості, тобто була «добра» за станом або «досить чиста» за ступенем чистоти (табл.3.2). Вода

належить до солонуватих β -мезогалинних (мінералізація від 1010 до 5000 мг/дм³). Тільки у 2009 році за період 2004-2015 рр. вода мала мінералізацію 1016 мг/дм³.

В табл.3.3 представлена класифікація якості води в басейні р.Хорол – м.Миргород за середніми значеннями показників сольового блоку (I₁). Як видно, вода в межах створу за екологічною класифікацією в основному (92% випадків) характеризується за станом як «задовільна» або «слабко забруднена» за ступенем чистоти і належить до III класу та 4-ої категорії якості. У 8% випадків (2004 р.) вода біля м.Хорол відносилась до II класу та 3-ї категорії якості («добра» за станом або «досить чиста» за ступенем чистоти).

Таблиця 3.2 - Класифікація якості води у басейні р.Хорол – м.Миргород за критерієм мінералізації за середніми значеннями за період 2004-2015 рр.

Клас якості		Категорія якості		Екологічна класифікація		Повторюваність, %
				за станом	за ступенем чистоти	
II	прісні	2	олігогалинні	дуже добрі	чисті	92
II	солонуваті	3	β -мезогалинні	добрі	досить чисті	8

Таблиця 3.3– Класифікація якості води в басейні р.Хорол – м.Миргород за середніми значеннями показників сольового блоку (I₁) за період 2004-2015рр.

Клас якості	Категорія якості	Екологічна класифікація		Повторюваність, %
		за станом	за ступенем чистоти	
II	3	добрі	досить чисті	8
III	4	задовільні	слабко забруднені	92

За середніми значеннями показників трофо-сапробіологічного блоку (I_2) за період 2004-2015 рр. характеристика якості води р.Хорол – м.Миргород наведена в табл.3.4.

Таблиця 3.4 – Класифікація якості води в басейні р.Хорол – м.Миргород за середніми значеннями показників трофо-сапробіологічного блоку (I_2) за період 2004-2015 рр.

Клас якості по I_2	Категорія якості	Екологічна класифікація				Повторюваність, %
		за сапробністю	за трофністю	за станом	за ступенем чистоти	
II	3	β^1 -мезосапробні	мезоевтрофні	добрі	досить чисті	83
III	4	β^2 -мезосапробні	евтрофні	задовільні	слабко забруднені	17

З табл. 3.4 видно, що в основному (у 83% випадків), на протязі періоду спостереження за середніми значеннями показників трофо-сапробіологічного блоку, якість води оцінюється як «добра» за станом, «досить чиста» за ступенем чистоти, β^1 -мезосапробна за сапробністю або «мезоевтрофна» за трофністю, тобто належить до II класу та 3-ої категорії якості. Погіршення якості води відбувалось у 2010 та 2012 роках, коли вода в межах м.Миргород відносилась до III класу та 4-ої категорії якості («задовільна» за станом, «слабко забруднена» за ступенем чистоти, β^2 -мезосапробна за сапробністю, евтрофна – за трофністю).

У 100% випадків за період 2004-2015 рр. якість води в створі р.Хорол – м.Миргород за середніми значеннями показників блоку специфічних забруднюючих речовин токсичної дії (I_3) оцінювалась III класом та 4-ою категорією (табл.3.5).

Таблиця 3.5 – Класифікація якості води в басейні р.Хорол – м.Миргород за середніми значеннями показників блоку специфічних забруднюючих речовин токсичної дії (I_3) за період 2004-2015 рр.

Клас якості по I_3	Категорія якості	Екологічна класифікація		Повторюваність, %
		за станом	за ступенем чистоти	
III	4	задовільні	слабко забруднені	100

Результати розрахунку інтегрального індексу за середніми значеннями представлені в табл. 3.6.

Графічно зміна у часі блокових та інтегральних індексів в басейні р.Хорол – м.Миргород за період 2004-2015 рр. представлена на рис.3.1

Таблиця 3.6 – Класифікація якості води в басейні р.Хорол – м.Миргород за інтегральним індексом(I_E) за середніми значеннями за період 2004-2015 рр.

Клас якості по I_E	Категорія якості	Екологічна класифікація		Повторюваність, %
		за станом	за ступенем чистоти	
II	3	добрі	досить чисті	17
III	4	задовільні	слабко забруднені	83

Як видно, найгірші показники якості води відносяться до блоку специфічних речовин токсичної дії, найкращі – до блоку трофосапробіологічних показників. З рис.3.1 можна бачити, що якість води в межах м.Миргород за екологічним індексом незначно, але погіршується у часі, про що свідчить зростання лінії тренду з 2004 до 2015 року.

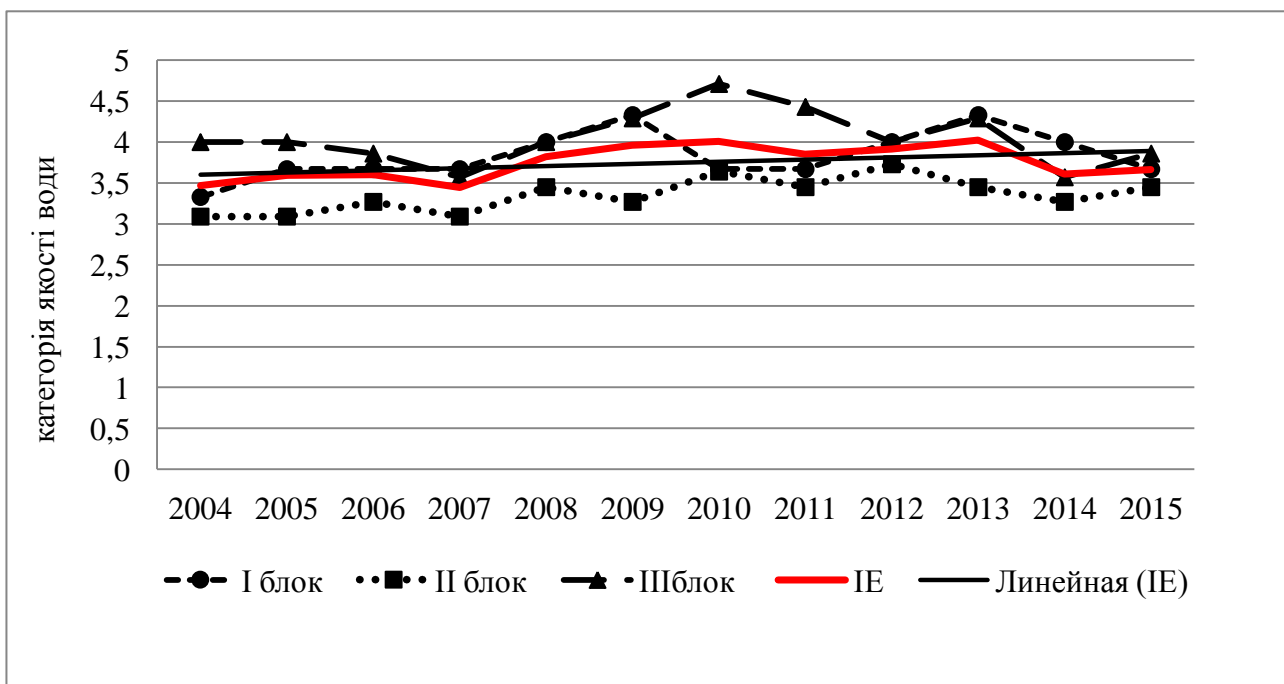


Рисунок 3.1 - Зміна блокових та інтегральних екологічних індексів в басейні р.Хорол – м.Миргород за період 2004-2015 рр.

Показники якості води, які мають категорію якості води не менше 6, представлені в табл.3.7.

З 2004 по 2015 роки найбільший вклад у погіршення якості води р.Хорол вносять концентрації завислих речовин та фосфору фосфатів (2009-2012 рр.), які відносяться до другого блоку і мають категорію якості 6. Ця категорія характеризується як «погана» за станом або «брудна» за ступенем чистоти. У 2004 році вміст фосфору фосфатів був найбільший і за цим компонентом якість води оцінювалась 7-ою категорією.

За речовинами токсичної дії 6-тій категорії якості води в 2011 році відповідала концентрація цинку. Найгірші показники по цьому блоку, тобто мали категорію 7, коли вода оцінювалась як «дуже погана» за станом або «дуже брудна» за ступенем чистоти, належали цинку (2010 р.) та фенолам (2013 р.).

Таблиця 3.7- Показники, які мають категорію не менше ніж 6

Рік	Показники	
	Категорія	
	6	7
<i>Трофо-сапрбіологічні</i>		
2004	Завислі речовини	Фосфор фосфатів
2005	Завислі речовини	
2006	Завислі речовини	
2007	Завислі речовини	
2008	Завислі речовини	
2009	Завислі речовини, фосфор фосфатів	
2010	Завислі речовини, фосфор фосфатів	
2011	Завислі речовини, фосфор фосфатів	
2012	Завислі речовини, фосфор фосфатів	
2013	Завислі речовини	
2014	Завислі речовини	
2015	Завислі речовини	
<i>Специфічні речовини токсичної дії</i>		
2010		Цинк
2011	Цинк	
2013		Феноли

4 ХАРАКТЕРИСТИКА ЗМІН У ЧАСІ РЕЧОВИН СОЛЬОВОГО БЛОКУ (МІНЕРАЛІЗАЦІЯ ВОДИ ТА ГОЛОВНІ ІОНИ) В СТВОРІ Р.ХОРОЛ – М.МИРГОРОД

4.1 Загальна характеристика мінералізації

Аналіз розподілу мінералізації води та головних іонів, що входять до її складу, в створі р.Хорол – м.Миргород (0,5 км вище міста) проводився за період 2004-2015 рр. (табл.4.1).

По цьому розділу були проведені дослідження, результати яких публікувались у вигляді статті та тез [2, 3 Додаток А]. Фахова стаття за спеціальністю 101 «Екологія» знаходиться у друку [4 Додаток А].

Таблиця 4.1 - Середньорічні значення концентрації мінералізації та головних іонів води р.Хорол – м.Миргород

Роки	Хлориди мг/дм ³ Cl	Сульфати, мг/дм ³ SO₄²⁻	Гідрокарбо нати, мг/дм ³ HCO₃⁻	Натрій, мг/дм ³ Na⁺	Магній, мг/дм ³ Mg²⁺	Кальцій мг/дм ³ Ca²⁺	Сума іонов, мг/дм ³
2004	111,23	87,8	452,5	87,4	51,4	93,38	882,75
2005	155,5	99,13	398	120,5	32,7	109,4	914,5
2006	85,1	103,5	422,5	109,83	20,75	107,95	849,75
2007	108,33	102,95	389,75	126,5	33,5	75,45	836
2008	128,9	158,78	382	130,45	58,2	83,58	931,25
2009	170,5	131,5	409	185	26,43	93,7	1016
2010	118,65	139,65	353,75	111,95	37,98	89,33	851,5
2011	91,9	150,25	374,5	77,53	40,23	109,25	843,5
2012	104,83	151	311,25	114,38	20,1	99,6	801,25
2013	163,28	154,5	340,25	170,75	20,9	97,35	947,25
2014	104,93	161,25	391,5	131,5	22,03	113,75	924,75
2015	110,98	148,25	383,13	135,63	17,94	112,23	908,375
середнє	121,18	132,38	384,01	125,12	31,84	98,75	892,24

Мінералізація - це загальний вміст у воді мінеральних речовин (розчинених іонів, солей і колоїдів) виражається звичайно у вигляді однієї із

таких величин: експериментально визначений сухий залишок; сума іонів; сума мінеральних речовин; розрахований сухий залишок. На 90% мінералізація – це сума аніонів (Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-) і катіонів (K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}).

Середньорічні значення мінералізації коливались за період спостереження від 801,3 мг/дм³ (2012 р.) до 1016 мг/дм³ (2009 р.), але за разовими спостереженнями ці межі коливань значно ширше: від 587 мг/дм³ 25.01.2010 р. до 1340 мг/дм³ 22.08.2008 р.

Лозовіцьким П.С. концентрації мінералізації за 1939-2002 рр (всього 226 виміри) були поділені на градації і визначена частота повторень значень мінералізації в кожному інтервалі [12] (табл. 4.2). Нами також був зроблений відповідний аналіз і отримані результати представлені в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Порівняльні дані мінералізації за 1939-2002 [12] та 2004-2015 рр. (за автором)

Характеристика	Градація рядів мінералізації									
	203,5-370,1	370,1-536,7	536,7-703,3	703,3-869,9	869,9-1036,5	1036,5-1203,1	1203,1-1369,7	1369,7-1536,3	1536,3-1702,9	ВСЬОГО
К-ть вимірів	За Лозовіцьким П.С (1939-2002 рр.)									
	6	9	36	60	50	34	18	7	6	226
у %	2,65	3,98	15,93	26,88	22,12	15,05	7,96	3,11	2,65	100
К-ть вимірів	На нашими даними (2004-2015 рр.)									
	-	-	5	18	21	6	2	-	-	52
у %	-	-	9,61	34,62	40,38	11,54	3,85	-	-	100

Видно, що крайових значень, тобто малої мінералізації (до 536,7 мг/дм³) та дуже великої мінералізації (вище за 1369,7 мг/дм³) за період 2004-2015 рр. не спостерігалось. Також можна відзначити, що за [12] найбільша кількість спостережень припадає на мінералізацію в межах 703,3-869,9

мг/дм³ та 869,9-1036,5 мг/дм³ (відповідно 26,88 та 22,12%) , у той час, як за нашими даними найбільша кількість спостережень також знаходиться в цих межах, але збільшилось кількість випадків потрапляння значень мінералізації у діапазон 869,9-1036,5 мг/дм³ – 40,38% від загальної кількості спостережень. За період спостереження 2004-2015 рр. з 52 вимірів було 11 випадків з мінералізацією вище за 1000 мг/дм³, що складає 21,15% від загальної кількості.

За критерієм мінералізації за багаторічний період (892,24 мг/дм³) вода р.Хорол в м.Миргород відноситься до прісної олігогалинної 2-ї категорії якості. За класифікацією якості прісних олігогалинних вод за критерієм забруднення компонентами сольового складу – до 3-ї категорії якості, тобто «доброї» як за класом так і категорією за її станом, або «чистої- досить чистої» за ступенем чистоти (за методикою [11]).

За сольовим складом вода за 2004-2015 рр. належить до хлоридно-гідрокарбонатного класу (за переважаючими аніонами) та кальцієво-натрієвої групи (за переважаючими катіонами). В %-екв. формі аніони розташувались наступним чином: 22,13 (сульфати), 27,43 (хлориди), 50,44 (гідрокарбонати); катіони - 20,17 (магній), 37,95 (кальцій), 41,88 (натрій) (табл. 4.3). Назва води дається за наявністю аніонів та катіонів, вміст яких більш за 25%-екв. у порядку збільшення іонів.

З табл.4.3 можна бачити, що в 2004-2007, 2011, 2014-2015 рр. за переважаючими аніонами вода р.Хорол за класом була гідрокарбонатною - іони HCO_3^- склали більше 50% від загальної кількості аніонів. За наявністю другого аніону, вміст якого перевищував би 25%, вода характеризується наступним чином: 2004-2005, 2007, 2009-2010, 2013, 2015 рр. – вода «хлоридно-гідрокарбонатна»; у 2006 році гідрокарбонати складають 60,3% від загальної кількості аніонів, тому її можна вважати «гідрокарбонатною»; в 2008 р. – вода «сульфатно-хлоридно-гідрокарбонатна»; у 2012 р. – вода «хлоридно-сульфатно-гідрокарбонатна»; в 2011 та 2014 рр. – «сульфатно-гідрокарбонатна».

Переважаючим катіоном майже у 67% від загальної кількості являється натрій. Більш ніж 50% його було в 2009 та 2013 рр. (54,01 та 53,03% відповідно). Але за другим за наявністю катіоном вода Хоролу за групою називається: в 2004 та 2011 роках вода була «натрієво-магнієво-кальцієвою»; в 2005-2006 рр. - «натрієво-кальцієвою»; в 2008 році вода змінилась на «кльцієво-магнієво-натрієву»; в 2010 р. вода «магнієво-кальцієво-натрієва»; в усі інші роки залишалася «кальцієво-натрієвою».

Таблиця 4.3 - Характеристика сольового складу води р.Хорол в мг-екв.формі

Роки	Хлориди	Сульфати	Гідрокарбонати	Натрій	Магній	Кальцій
2004	3,14	1,83	7,42	3,80	4,23	4,66
2005	4,39	2,06	6,52	5,24	2,69	5,46
2006	2,40	2,15	6,92	4,78	1,71	5,39
2007	3,06	2,14	6,39	5,50	2,76	3,76
2008	3,64	3,31	6,26	5,67	4,79	4,17
2009	4,81	2,74	6,70	8,05	2,18	4,68
2010	3,35	2,91	5,80	4,87	3,13	4,46
2011	2,59	3,13	6,14	3,37	3,31	5,45
2012	2,96	3,14	5,10	4,98	1,65	4,97
2013	4,61	3,22	5,58	7,43	1,72	4,86
2014	2,96	3,36	6,42	5,72	1,81	5,68
2015	3,13	3,09	6,28	5,90	1,48	5,60
середнє	3,42	2,76	6,29	5,44	2,62	4,93

Тип води, який визначається за співвідношенням між іонами (в еквівалентах), і притаманний воді р.Хорол для всього періоду спостереження дорівнює II.

Вміст переважаючого аніона – гідрокарбонату, в воді р.Хорол за період досліджування змінювався від 229 мг/дм³ (25.01.2010) до 562 мг/дм³ (26.01.2004), тобто мінімальне значення менше за максимальне у 2,45 рази.

Вміст переважаючого катіона – натрію, змінювався від 0,8 мг/дм³ (25.01.2010) до 289 мг/дм³ (22.08.2008), що перевищує рибогосподарське ГДК в 2,41 рази (ГДКр.=120 мг/дм³). Середня багаторічна величина вмісту натрію у воді – 125,12 мг/дм³, що також вище за ГДКр.

Концентрація сульфатів у воді р.Хорол коливалась від 73,5 мг/дм³ (23.08.2004) до 249 мг/дм³ (22.08.2008). Середня багаторічна величина вмісту сульфатів у воді – 132,38 мг/дм³, що дозволяє віднести воду до 4-ї категорії якості, тобто «задовільна» за класом і категорією за станом вод, або «забруднена» за класом – «слабко забруднена» за категорією за ступенем чистоти.

Вміст хлоридів у воді змінювався від 44,3 (07.04.2008) до 294 мг/дм³ (20.11.2005 р.). Середнє багаторічне значення концентрації хлоридів в воді Хоролу – 121,18 мг/дм³, тобто вода за період 2004-2015 рр. відносилась, як і сульфати, до 4-ої категорії якості води.

Амплітуда коливань магнію у воді р.Хорол була в межах 5,8 мг/дм³ (01.05.2004) – 99,7 мг/дм³ (26.01.2004). Середньоарифметичне значення цього компонента за весь період дослідження становить 31,84 мг/дм³.

Вміст у воді Хоролу іонів кальцію змінювався в значних межах: від 42,5 мг/дм³ (07.04.192008) до 156 мг/дм³ (17.01.2006).

Були досліджені кореляційні зв'язки між окремими складовими суми іонів та загальною мінералізацією.

4.2 Види коефіцієнту кореляції та розрахунок кореляційних зв'язків між головними іонами, мінералізацією та витратами води

Коефіцієнти кореляції можна класифікувати за знаком та значенням: позитивний; нульовий; від'ємний (негативний). В залежності від даних, що аналізуються, розраховується коефіцієнт: Пірсона, Спірмена, Кендала, знаків Фехнера, багато рангової кореляції.

Метод Пірсона рекомендується використовувати для ситуацій, що потребують точного встановлення кореляційної сили; порівняння кількісних ознак. [13]

Властивості коефіцієнту кореляції.

Цієї статистичній характеристиці притаманні наступні властивості: значення коефіцієнту знаходиться у діапазоні від -1 до +1. Цей коефіцієнт безрозмірний. Чим ближче до крайових значень, тим сильніший позитивний або негативний зв'язок між лінійними параметрами. У разі нульового значення річ йде про відсутність кореляції між признаками; позитивне значення коефіцієнту свідчить про те, що у разі збільшення одного признака спостерігається збільшення і другого (позитивна кореляція); від'ємне значення - у разі збільшення значення одного параметру спостерігається зменшення другого (від'ємна кореляція); наближення значень показника до крайових точок (або -1, або +1) свідчить про наявність дуже сильного лінійного зв'язку. [13]

Різні автори пропонують різні підходи до інтерпретації значення коефіцієнта кореляції. В той же час, всі критерії є певною мірою умовними, і не повинні трактуватися надто прискіпливо. [13,14]

Для характеристики сили кореляційного зв'язку можна застосувати шкалу Челдока, в якій певному числовому значенню відповідає якісна характеристика. У разі позитивної кореляції при значенні: 0–0,3 – кореляційний зв'язок дуже слабкий; 0,3–0,5 – слабкий; при 0,5–0,7 – середньої сили; 0,7–0,9 – високий та 0,9–1,0 – дуже висока сила кореляції. Шкала може використовуватись і для негативної кореляції. В цьому випадку, якісні характеристики змінюються на протилежні. Можна користуватися і спрощеною шкалою Челдока, в якій виділяється всього 3 градації сили кореляційного зв'язку: дуже сильний – показники $\pm 0,7$ — ± 1 ; середня – показники $\pm 0,3$ — $\pm 0,699$; дуже слабка – показники 0 — $\pm 0,299$. [13]

Нижче наведена ще одна таблиця по визначенню сили кореляційного зв'язку:

Кореляція	Негативна	Позитивна
Відсутня	-0.09 до 0.0	0.0 до 0.09
Низька	-0.3 до -0.1	0.1 до 0.3
Середня	-0.5 до -0.3	0.3 до 0.5
Висока	-1.0 до -0.5	0.5 до 1.0

Кореляційний аналіз займається ступенем зв'язку між двома змінними x та y . [15, 16]

Нехай $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$ - вибірка з n спостережень пари змінних (X, Y) .

Вибірковий коефіцієнт кореляції r визначається як:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}}, \quad (4.1)$$

де \bar{x} , \bar{y} - вибіркові середні, які обчислюються наступним чином:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (4.2)$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$$

За допомогою статистичної обробки матеріалів та програмного забезпечення Microsoft Excel були розраховані коефіцієнти кореляції між основними іонами, що входять до складу мінералізації та мінералізацією, основними іонами та витратами води. Дані обчислень наведені в табл.4.4-4.5.

З табл. 4.4 видно, що за шкалою Челдока існує слабкий кореляційний зв'язок (0,3-0,5) між іонами натрію та магнію, натрієм та кальцієм, натрієм та сульфатами; середньої сили зв'язок (0,5-0,7) – між гідрокарбонатами та сумою іонів; високий кореляційний зв'язок (0,7-0,9) – між сумою іонів та хлоридами, сумою іонів та натрієм, натрієм і хлоридами. Слід зазначити, що між натрієм та магнієм і натрієм та кальцієм зв'язок зворотний, тобто, при збільшенні натрію у воді кількість кальцію та магнію зменшується.

На графіку (рис.4.1) представлений тісний зв'язок між сумою іонів та хлоридами (коефіцієнт кореляції складає 0,744), а на графіку (рис.4.2) – зв'язок між натрієм та мінералізацією (коефіцієнт кореляції складає 0,781) (табл. 4.4).

Таблиця 4.4– Визначення кореляційних зв'язків між іонами та мінералізацією

Параметри	Сума іонів, мг/дм ³	Магній, мг/дм ³	Хлориди, мг/дм ³	Сульфати, мг/дм ³	Гідрокарбонати, мг/дм ³	Натрій, мг/дм ³	Кальцій, мг/дм ³
Сума іонів, мг/дм ³	1	0,073	0,744	0,451	0,690	0,781	0,054
Магній, мг/дм ³	0,073	1	0,088	-0,130	0,286	-0,365	-0,091
Хлориди, мг/дм ³	0,744	0,088	1	0,227	0,188	0,707	-0,125
Сульфати, мг/дм ³	0,451	-0,130	0,227	1	-0,046	0,455	-0,038
Гідрокарбонати, мг/дм ³	0,690	0,286	0,188	-0,046	1	0,271	0,245
Натрій, мг/дм ³	0,781	-0,365	0,707	0,455	0,271	1	-0,328
Кальцій, мг/дм ³	0,054	-0,091	-0,125	-0,038	0,245	-0,328	1

Був проаналізований зв'язок між витратами води та сумою іонів, а також витратами води та кожним з аніонів (Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-) і катіонів (K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}).

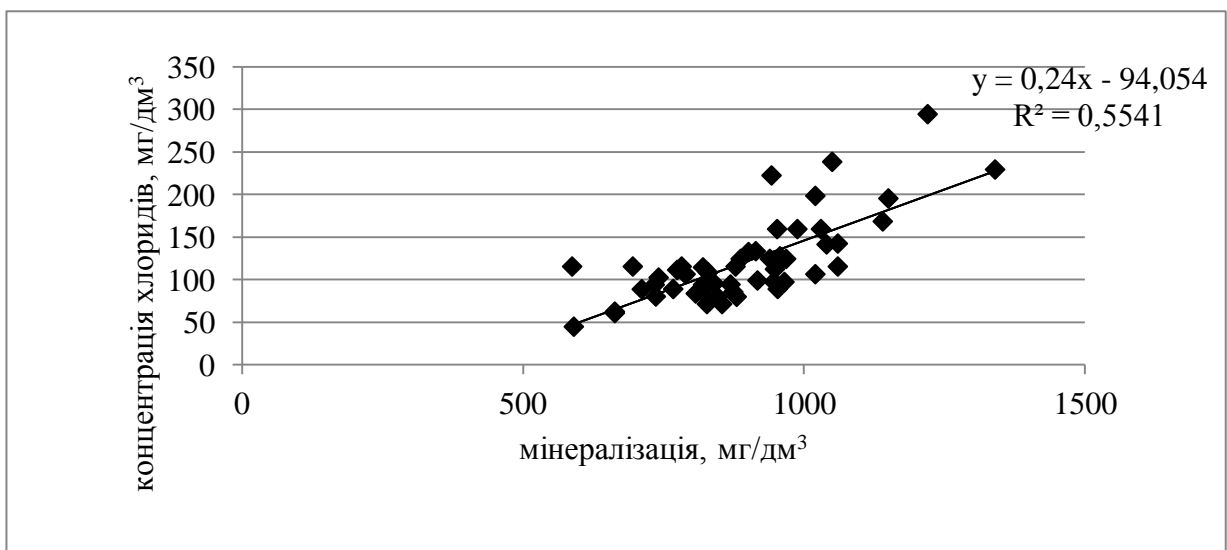


Рисунок 4.1 – Кореляційна залежність між концентрацією хлоридів та Σіон.

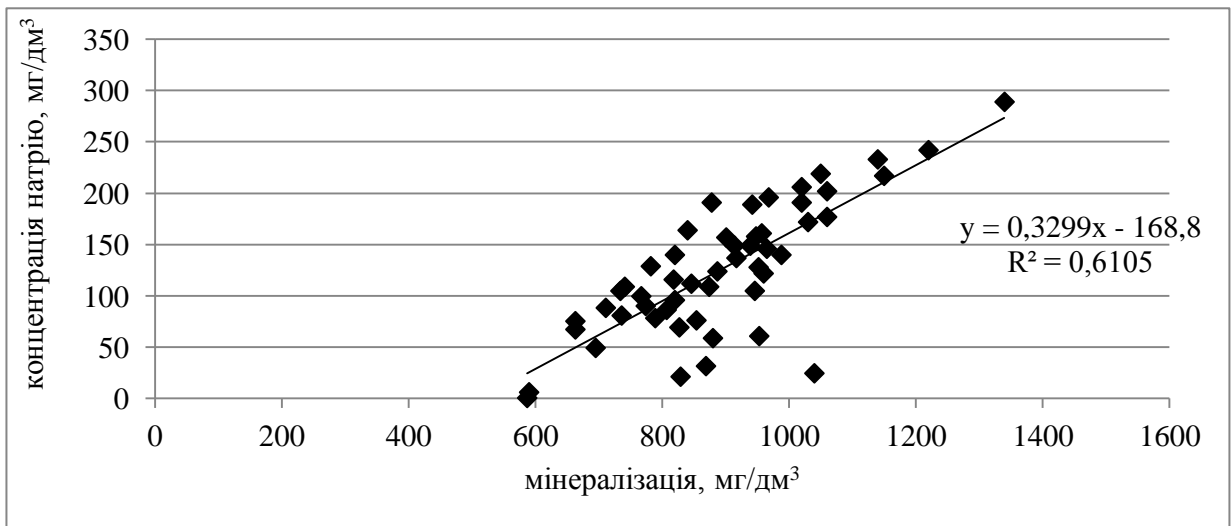


Рисунок 4.2 – Кореляційна залежність між концентрацією натрію та Σіон.

Відповідно до [12] «тісний зворотній логарифмічний кореляційний зв'язок між витратами води та мінералізацією й окремими іонами (HCO_3 , Na) виявлено за період 1961-1970 рр. Після зарегулювання стоку ця закономірність не підтверджена». Аналогічно, і в нашому випадку, не виявлено суттєво значущих зв'язків з жодним з параметрів (табл. 4.5 , рис. 4.3). Для прикладу, (для ілюстрації тісноти зв'язку або її відсутності) на рис. 4.4 наведений сумісний графік суми іонів та хлоридів, а на рис. 4.5 наведений сумісний графік суми іонів та витрат.

Значення витрат води за період дослідження коливались від $0,67 \text{ м}^3/\text{с}$ (22.01.2015 р.) до $56,2 \text{ м}^3/\text{с}$ (17.05.2006 р.), середнє багаторічне – $3,29 \text{ м}^3/\text{с}$.

Таблиця 4.5 – Визначення кореляційних зв'язків між іонами, мінералізацією та витратами води р.Хорол

Параметри	Сума іонів, $\text{мг}/\text{дм}^3$	Магній, $\text{мг}/\text{дм}^3$	Хлориди $\text{мг}/\text{дм}^3$	Сульфати $\text{мг}/\text{дм}^3$	Гідрокарбонати, $\text{мг}/\text{дм}^3$	Натрій, $\text{мг}/\text{дм}^3$	Кальцій $\text{мг}/\text{дм}^3$
Витрата ріки, $\text{м}^3/\text{с}$	-0,149	-0,112	-0,055	-0,224	-0,092	-0,036	-0,080

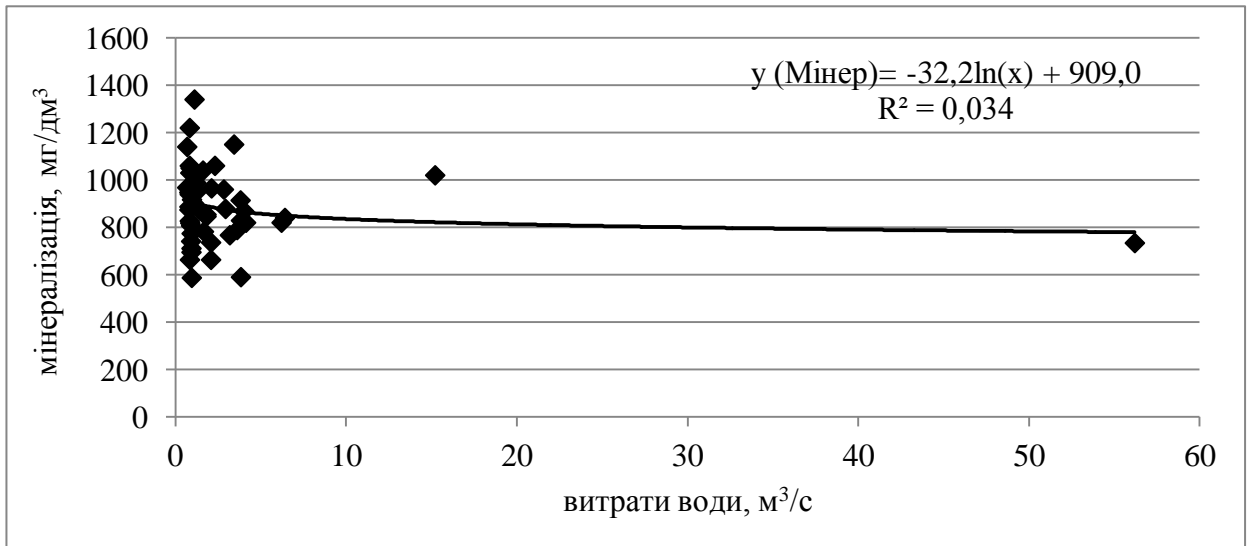


Рисунок 4.3-Графік зворотної логарифмічної кореляції між витратами води та мінералізацією води

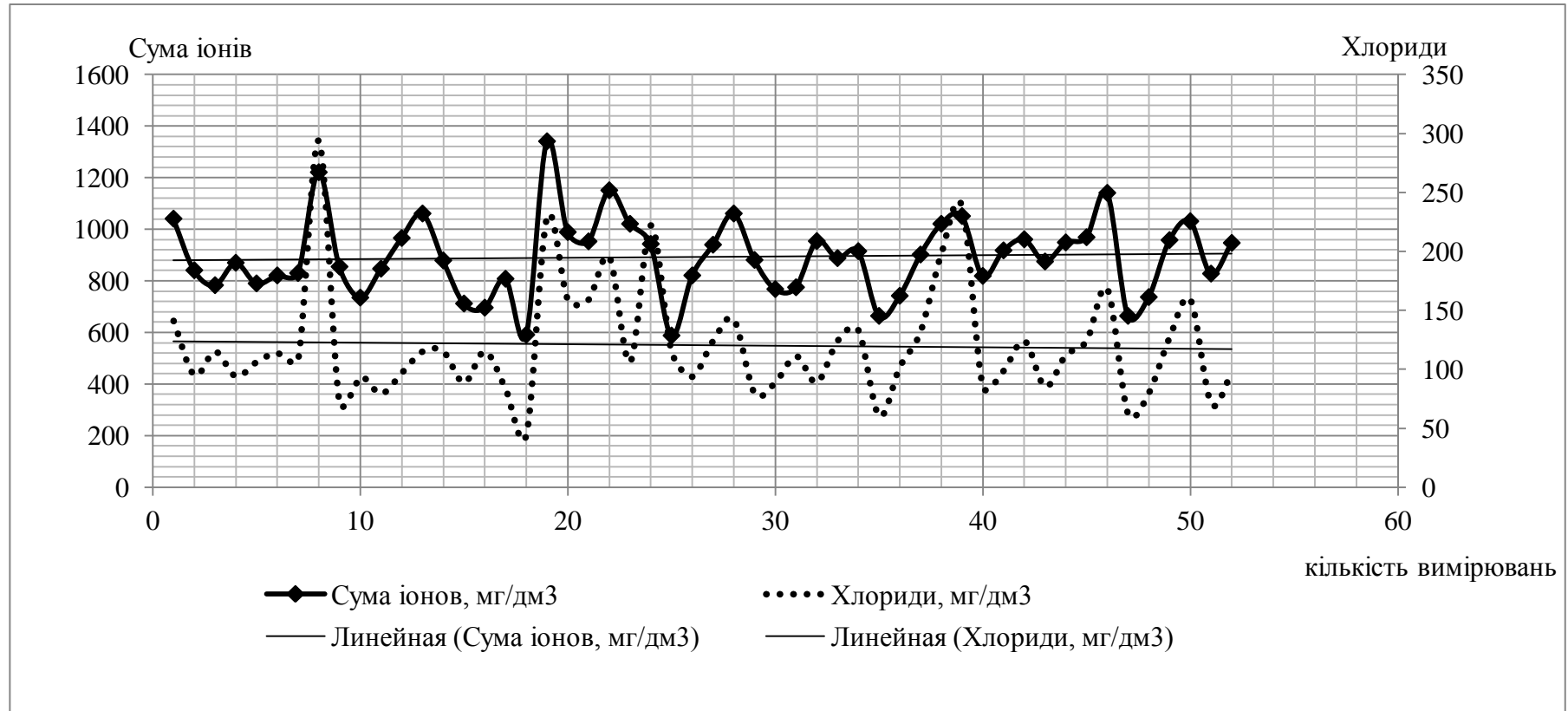


Рисунок 4.4 – Сумісний графік зміни у часі мінералізації (суми іонів) та концентрації хлоридів в воді р.Хорол – м.Миргород за 2004-2015 рр.

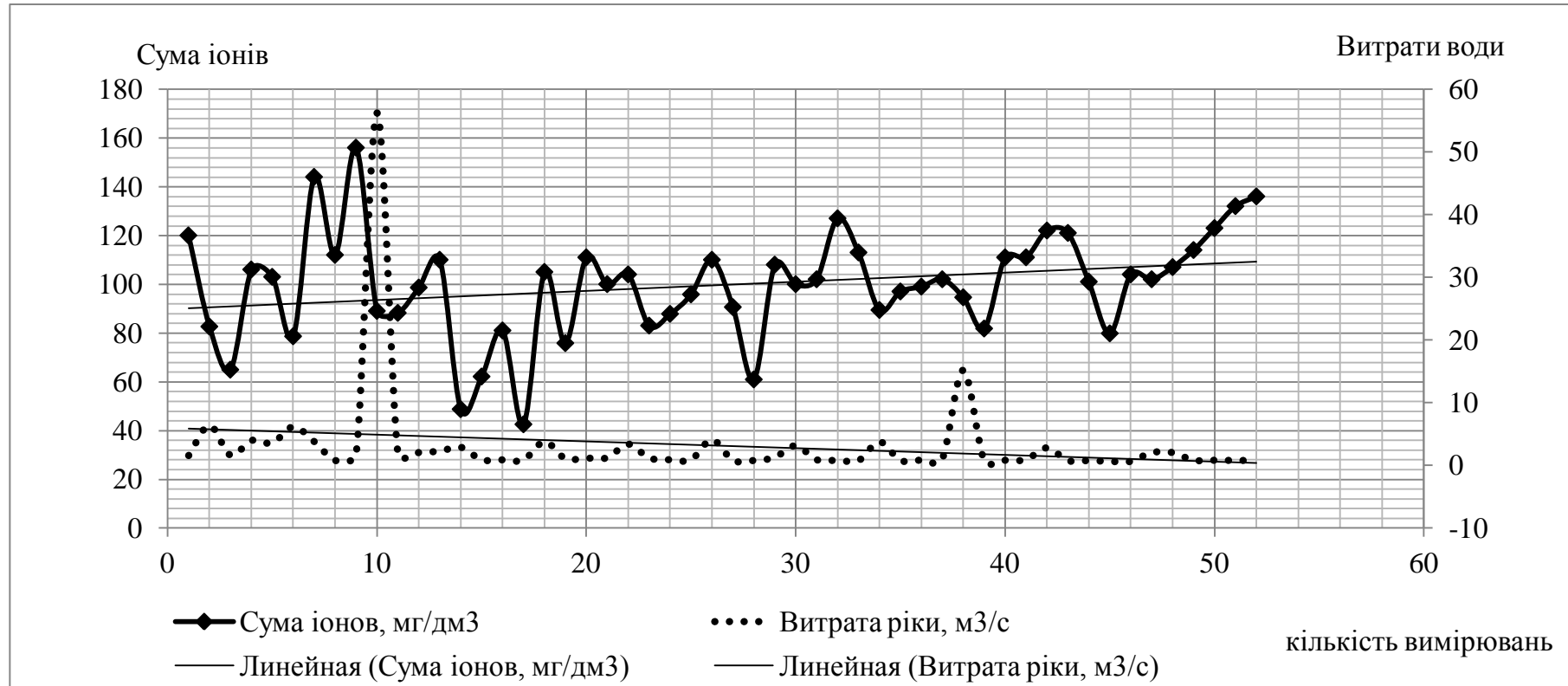


Рисунок 4.5 - Сумісний графік зміни у часі мінералізації (суми іонів) та витрат води р.Хорол – м.Миргород за 2004-2015 рр.

5 АНАЛІЗ ПРОСТОРОВО-ЧАСОВИХ ЗМІН РЕЧОВИН ТРОФО- САПРОБІОЛОГІЧНОГО БЛОКУ

5.1 Аналіз змін у часі розчиненого кисню, завислих речовин, БСК₅ та температури води р.Хорол в межах м.Миргород

Основними джерелами надходження кисню у водні об'єкти є газообмін з атмосферою (атмосферна аерація), фотосинтез, а також дощові і талі води, які, як правило, перенасичені киснем. Окислювальні реакції є основними джерелами енергії для більшості гідробіонтів. Основними споживачами розчиненого кисню є *процеси дихання* гідробіонтів і окислення органічних речовин. Низький зміст розчиненого кисню (анаеробні умови) позначається на всьому комплексі біохімічних і екологічних процесів у водному об'єкті.

Результати аналізу по даному розділу були опубліковані у вигляді тез [5, 6 Додаток А].

В табл. 5.1 надана інформація по середньорічних даних спостережень за концентрацією розчиненого кисню, завислих речовин, БСК₅ та температури води на протязі 2004-2015 рр.

Динаміка розчиненого кисню в воді р.Хорол представлена на рис.5.1. Наявність розчиненого кисню має важливе значення для окисних реакцій, що відбуваються у водному середовищі, а особливо впливають на умови життєдіяльності водних організмів. Рибогосподарські водні об'єкти можуть бути трьох категорій [10]:

– до вищої категорії належать місця розташування нерестовищ, масового нагулу та зимувальних ям особливо цінних видів риб та інших водних організмів, а також водні об'єкти для штучного розведення риб і інших водних організмів;

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

– до другої категорії належать водні об'єкти, які використовуються для інших рибогосподарських цілей.

Для водних об'єктів вищої та першої категорії рибогосподарський норматив повинен бути не менше 6 мг/дм³, а для об'єктів другої категорії – не менше 4 мг/дм³. За період дослідження спостерігається тенденція щодо зменшення концентрації речовини у часі (це підтверджує лінія тренду). Але, можна бачити, що вміст розчиненого кисню знаходиться в межах норми для об'єктів рибогосподарського призначення (ГДК_{рг.} = 6 мг/дм³).

Таблиця 5.1 – Середньорічні концентрації розчиненого кисню, завислих речовин, БСК₅ та температури води р. Хорол

Роки	Розчинений кисень, мгО ₂ /дм ³	Завислі речовини, мг/дм ³	БСК ₅ мг О ₂ /дм ³	Температура, оС
2004	10,68	12,98	1,80	10,05
2005	10,08	17,40	2,04	10,15
2006	9,49	18,78	2,42	10,50
2007	11,30	23,40	2,59	10,73
2008	10,14	19,80	1,51	9,58
2009	9,21	24,00	0,82	9,58
2010	7,88	24,45	0,90	11,33
2011	10,53	22,18	1,52	8,10
2012	9,61	23,48	1,38	12,18
2013	8,81	24,63	1,20	11,08
2014	10,40	21,05	1,48	9,45
2015	8,69	26,79	1,31	10,75
середнє за 2004-2015 рр.	9,73	21,58	1,59	10,3
ГДК рг.	6,0	---	3,0	---

Концентрації розчиненого кисню варіювали в межах від 6,37 мг/дм³ (25.01.2010 р.) до 13,3 мг/дм³ (24.10.2004 р.), а середньо багаторічне дорівнювало 9,73 мг/дм³, що у 1,55 рази нижче за ГДК_{рг.}

Джерелами завислих речовин можуть слугувати як природні, так і антропогенні фактори. До перших можна віднести: процеси ерозії ґрунтів і

гірських порід, перемішування донних відкладів, продукти метаболізму, розкладання водних організмів та продукти хімічних реакцій.

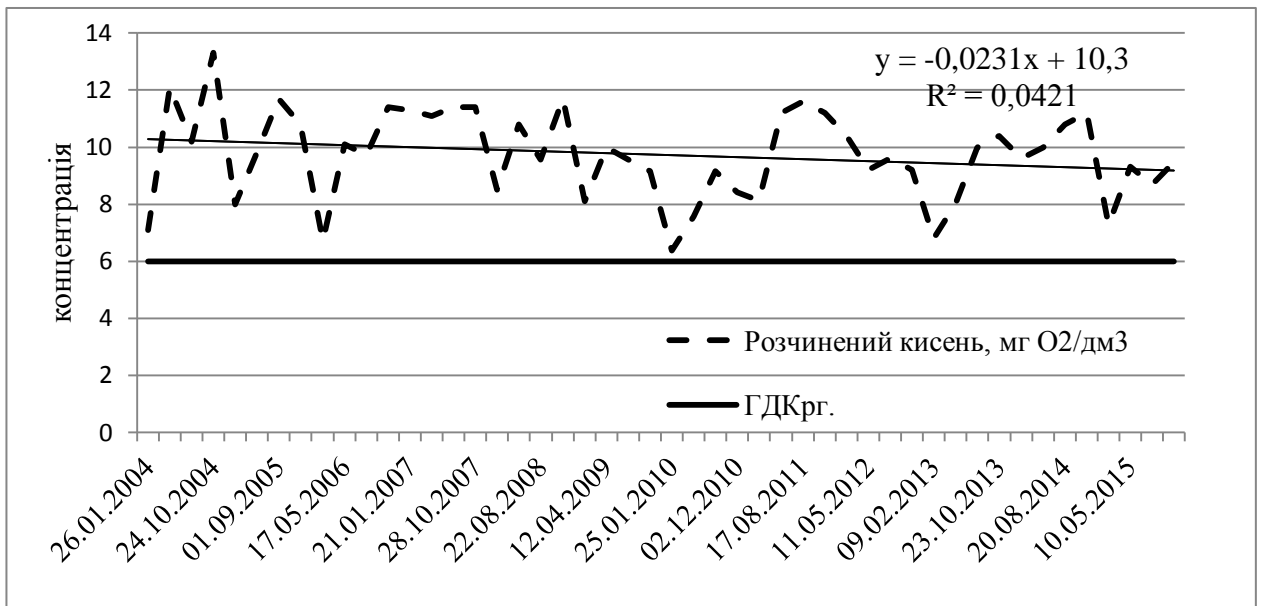


Рисунок 5.1 - Графік зміни концентрації розчиненого кисню в межах створу р.Хорол – м.Миргород (2004-2015 рр)

Антропогенними джерелами являються скиди стічних вод з промислових підприємств та сільськогосподарських угідь. Завислі речовини впливають на глибину проникнення сонячного світла, погіршують життєдіяльність гідробіонтів, замулюють водні об'єкти, що приводить до їх екологічного старіння, тобто евтрофування. Вміст завислих речовин в воді річок не нормується. Середньорічні показники наведені в табл.5.1. Графік зміни цієї речовини представлений на рис.5.2. Концентрації змінюються від 8,4 мг/дм³ (26.01.2004 р.) до 30,75 мг/дм³ (25.08.2015 р.). Середнє багаторічне значення склало 21,58 мг/дм³. Спостерігається збільшення завислих речовин у часі в межах створу спостереження.

Біохімічне споживання кисню відноситься до узагальнених показників якості води, оскільки характеризує забруднення води органічними речовинами, що легко окислюються. Зміна середніх річних показників БСК₅

надана в табл. 5.1. Графік зміни БСК₅ за період 2004-2015рр. представлений на рис. 5.3.

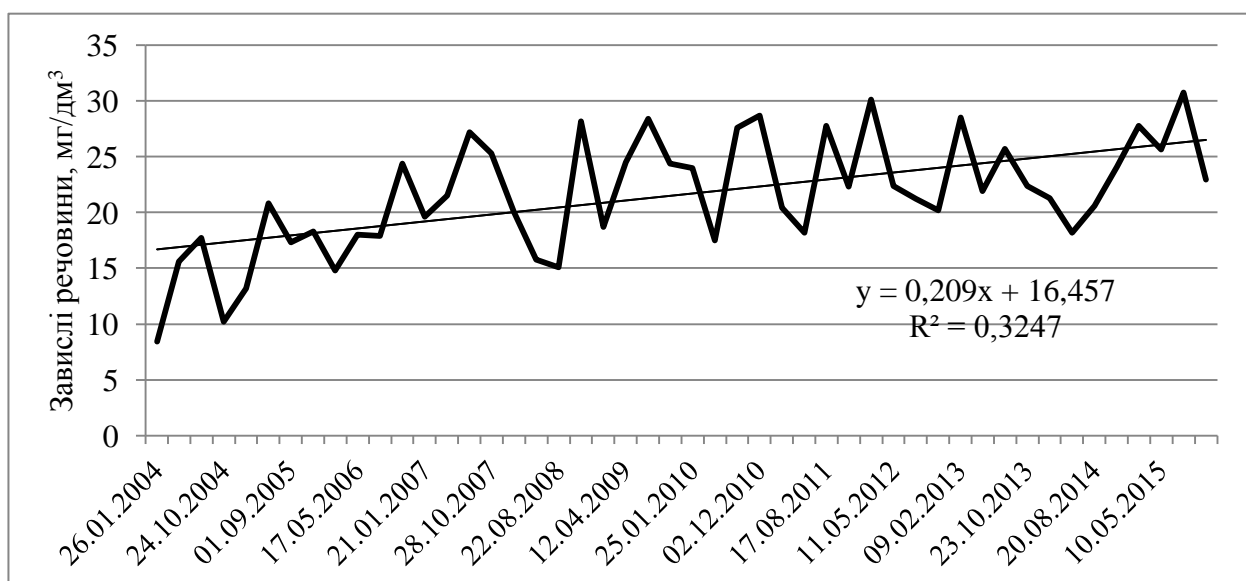


Рисунок 5.2 - Графік зміни завислих речовин в межах створу р.Хорол – м.Миргород (2004-2015 рр)

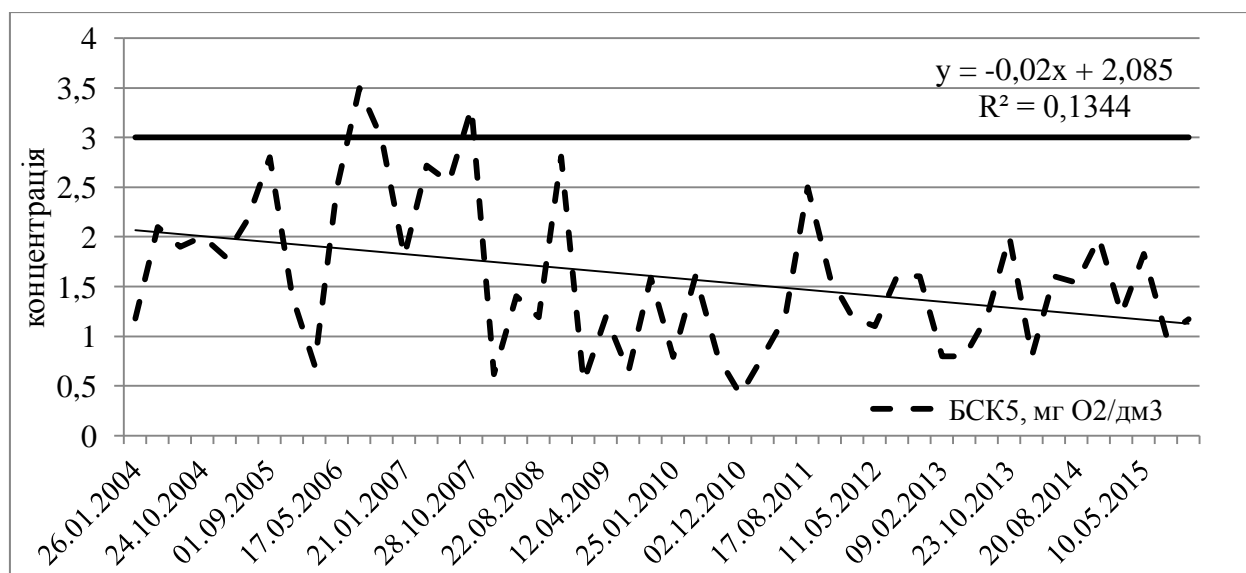


Рисунок 5.3 - Графік зміни БСК₅ в межах створу р.Хорол – м.Миргород (2004-2015 рр)

Тільки 31.08.2006 р. та 28.10.2007 р. спостерігалось незначне перевищення рибогосподарських нормативів якості води і концентрації склали відповідно 1,17 та 1,10ГДКрг. Значення БСК₅ коливались в межах 0,41 мг/дм³ (02.12.2010р.) – 3,5 мг/дм³ (31.08.2006 р.). Середня концентрація за період дослідження дорівнювала 1,59 мг/дм³. В цілому, можна бачити суттєве зниження вмісту біохімічного споживання кисню у часі в воді р.Хорол.

Можна зробити висновок, що за вмістом кисню якість води р.Хорол-м.Миргород (0.5 км вище міста) в цілому відповідає нормативним вимогам, а концентрація завислих речовин погіршує якість води для умов існування гідробіонтів.

Температура води - параметр, що визначає тепловий стан води. Температура води є важливою характеристикою, яка в значній мірі визначає швидкість, а іноді и напрямок зміни її якості. Температура води - важливий фактор, який впливає на фізичні, хімічні, біохімічні і біологічні процеси, які відбуваються у водоймі, і від якого в значній мірі залежить кисневий режим, інтенсивність процесів самоочищення і т.д. [17].

На рис. 5.3 представлена зміна середньорічних температур води у часі біля створу р.Хорол – м.Миргород.

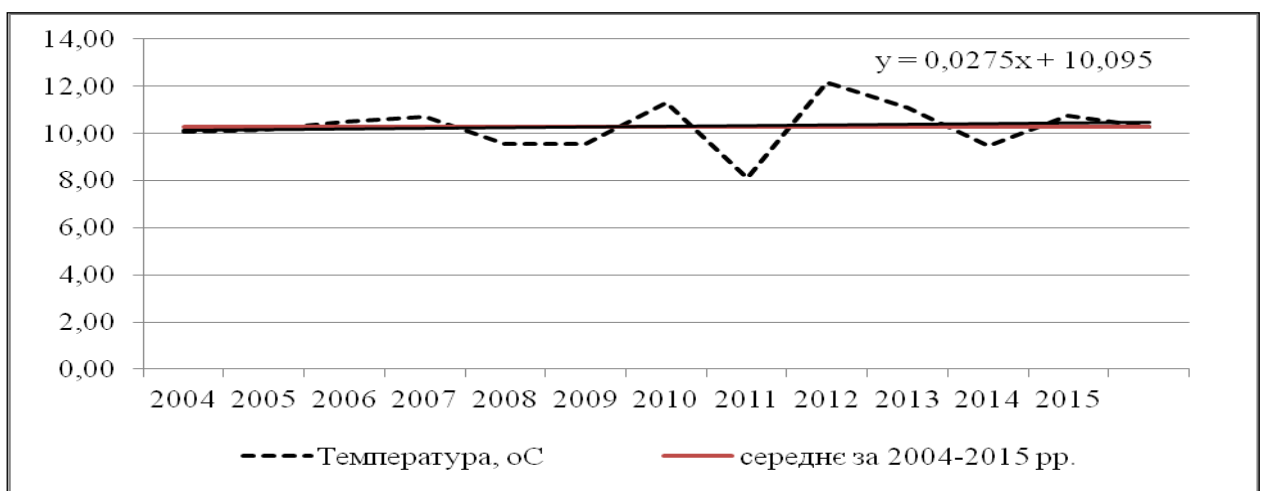


Рисунок 5.3 - Графік зміни температури води в межах створу р.Хорол – м.Миргород (2004-2015 рр)

Значення коливаються в межах 8,1 °С (2011р.) – 12,2 °С (2012 р.) (табл.5.1). Середній показник за період спостереження дорівнює 10,3°С. Найменші температури відзначаються в січні, найбільші – в серпні і змінюються від 0,1°С (25.03.2010, 24.01.2012рр.) – до 25°С (22.08.2008, 2008.2014рр.). З рис.5.3 за лінією тренду видно, що з 2004 до 2015 року температура води незначно, але зростає.

5.2 Аналіз змін біогенних речовин в басейні р.Хорол

Середньорічні концентрації речовин представлені в табл.5.2. Значення азоту амонійного коливались від 0,14 мг/дм³ (2007 р.) до 0,54 мг/дм³ (2010 р.). Зміна у часі біогенних речовин азотної групи в пункті р.Хорол – м.Миргород представлена на рис.5.4.

Таблиця 5.2 – Середньорічні концентрації біогенних речовин в воді р. Хорол

Роки	Азот амонійний, мг N/дм ³	Азот нітритний, мгN/дм ³	Азот нітратний, мгN/дм ³	Кремній мг/дм ³	Фосфор загальний, мгP/дм ³
2004	0,195	0,016	0,13	2,33	0,371
2005	0,183	0,035	0,103	3,75	0,233
2006	0,195	0,015	0,17	2,7	0,681
2007	0,143	0,03	0,183	2,45	0,381
2008	0,508	0,025	0,135	3,58	0,497
2009	0,285	0,017	0,278	3,83	0,483
2010	0,54	0,03	0,21	3,83	0,52
2011	0,413	0,022	0,255	2,53	0,407
2012	0,485	0,039	0,315	4,2	0,527
2013	0,41	0,02	0,16	3,33	0,42
2014	0,37	0,03	0,195	3,28	0,321
2015	0,41	0,032	0,113	3,15	0,279
середнє за 2004-2015 рр.	0,345	0,026	0,187	3,247	0,427
ГДК рг.	0,39	0,02	9,0	-	-

Для об'єктів рибогосподарського призначення гранично-допустима концентрація за вмістом азоту амонійного дорівнює 0,39 мг/дм³. Найбільші

концентрації NH_4 за період дослідження були зафіксовані у 2010 році ($0,84\text{мг/дм}^3$ 25 січня і $0,79\text{мг/дм}^3$ 2 грудня) та 30.01.2008р. ($0,8\text{ мг/дм}^3$) (рис.5.5). В цілому, спостерігається збільшення концентрації у часі.

Середні річні концентрації азоту нітритного змінювались від $0,015\text{мг/дм}^3$ у 2006р. до $0,039\text{ мг/дм}^3$ у 2012р. Серед фактичних даних спостережень максимальні показники відзначались 26.08.2010р. та 17.02.2012р.– $0,08\text{мг/дм}^3$ та $0,081\text{ мг/дм}^3$ відповідно, що у 4 рази вище за ГДКрг (рис.5.6).

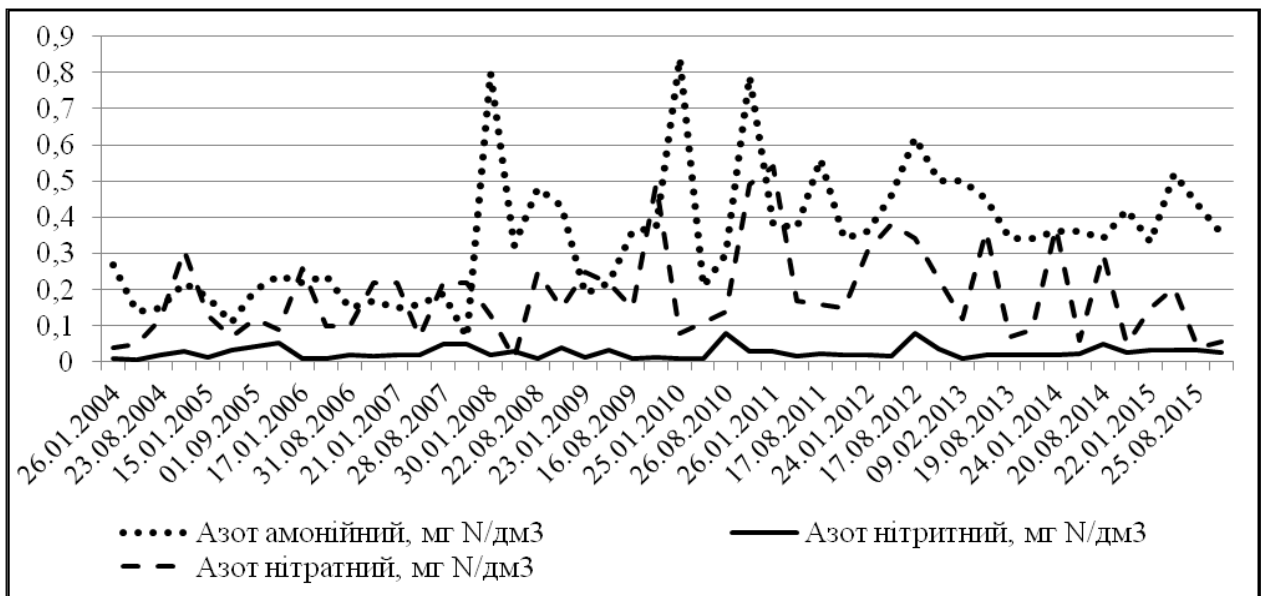


Рисунок 5.4 – Графік зміни у часі біогенних речовин азотної групи в пункті р.Хорол – м.Миргород

Концентрації азоту нітратного не перевищували жодного разу рибогосподарські ГДК (ГДКрг.= 9 мг/дм^3) на протязі всього періоду спостереження і знаходились в межах $0,10\text{ мг/дм}^3$ (2005 р.) - $0,32\text{ мг/дм}^3$ (2012р.) - для середньорічних значень та $0,01\text{ мг/дм}^3$ (07.04.2008 р.) - $0,54\text{ мг/дм}^3$ (26.01.2011 р.)- серед разових вимірів.

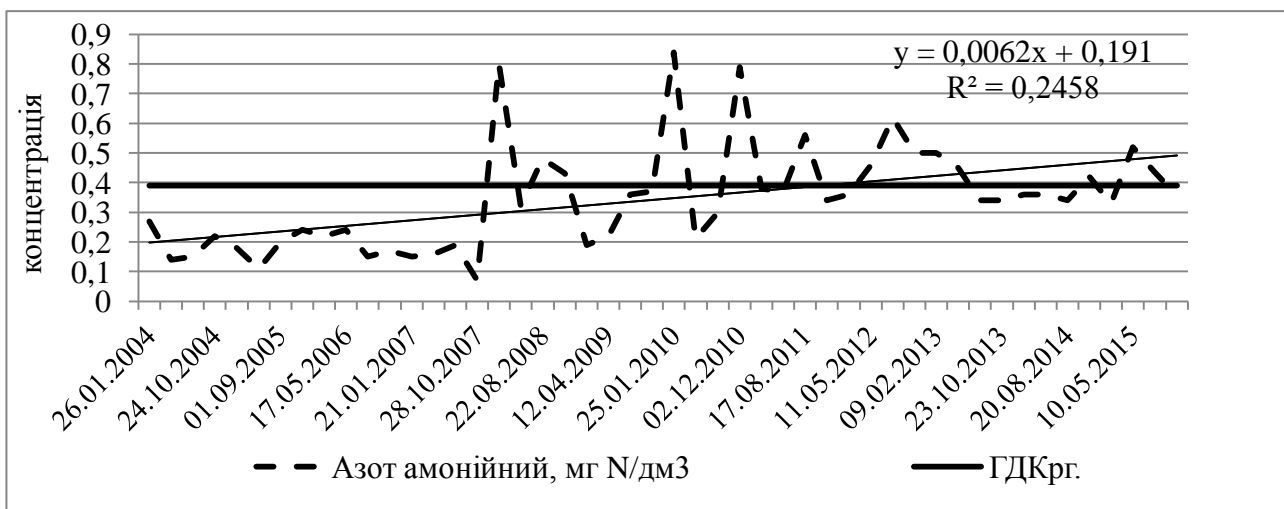


Рисунок 5.5—Графік зміни у часі азоту амонійного в пункті р.Хорол-м.Миргород

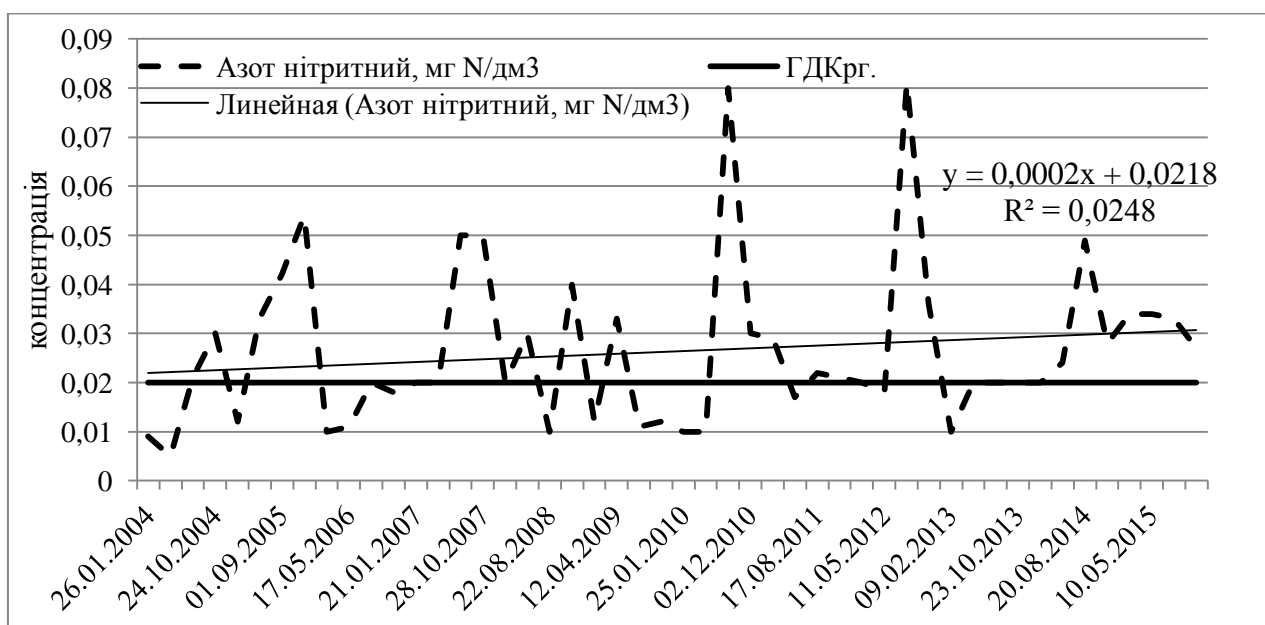


Рисунок 5.6 – Графік зміни у часі азоту нітритного в пункті р.Хорол – м.Миргород

Можна відзначити достатньо синхронний характер змін азоту амонійного, азоту нітритного та азоту нітратного у часі.

Наявність кремнію у воді не нормується. Його середньорічні концентрації в воді р.Хорол – м.Миргород змінювались від 2,33 мг/дм³

(2004р.) до $4,2 \text{ мг/дм}^3$ (2012 р.). Можна зазначити, що кількість кремнію збільшується у часі (рис.5.7).

Як і кремній, загальний фосфор (сума мінерального та органічного) не нормується (рис.5.7).

Вміст фосфору коливався в межах $0,23$ (2005 р.) – $0,68 \text{ мг/дм}^3$ (2006 р.) і практично не змінюється на протязі періоду спостереження. Серед разових вимірів максимальна концентрація загального фосфору була зафіксована 31.08.2006 р. і дорівнювала $1,44 \text{ мгР/дм}^3$.

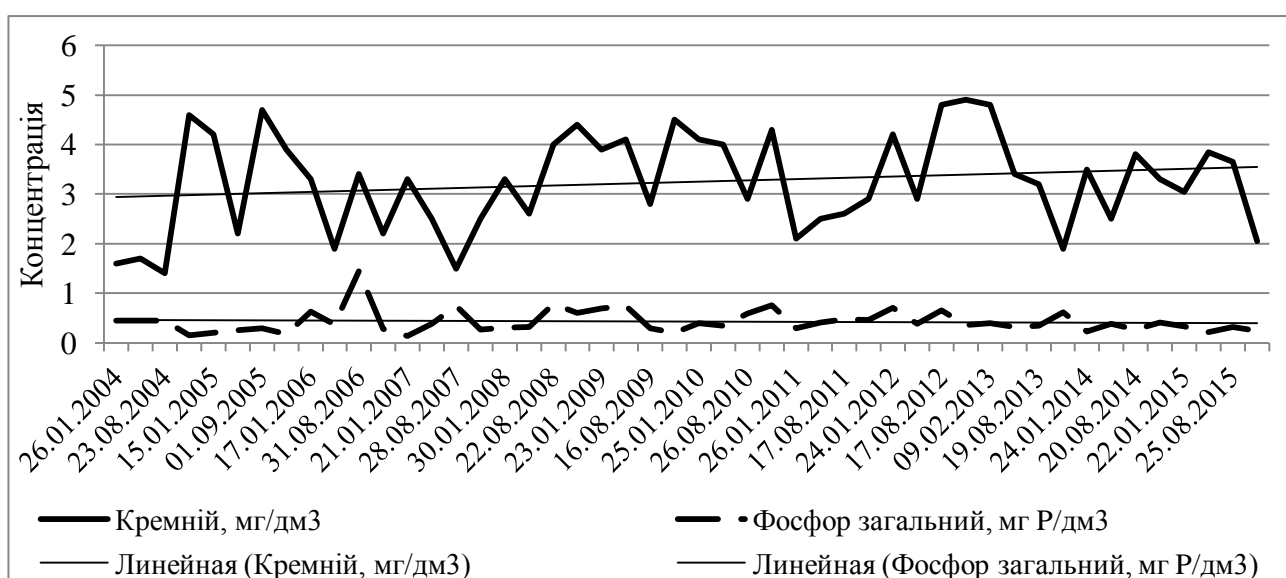


Рисунок 5.7 – Графік зміни у часі кремнію та загального фосфору в пункті р.Хорол – м.Миргород

6 ХАРАКТЕРИСТИКА ЗМІНИ У ВОДІ Р.ХОРОЛ- М.МИРГОРОД РЕЧОВИН ТОКСИЧНОЇ ДІЇ

Серед всіх забруднюючих речовин особливо негативний вплив на якість води справляють речовини токсичної дії, до яких відносяться: синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР), нафтопродукти (НП), феноли, мідь, манган, залізо загальне, цинк, хром та ін. «У прикладних роботах до числа важких металів (Pb, Cu, Zn, Ni, Cd, Co, Sb, Sn, Bi, Hg) найчастіше додають Pt, Ag, W, Fe, Au, Mn». [17, 18]

Деякі з цих елементів необхідні для існування живих організмів, що населяють водні об'єкти, але в надмірних кількостях дуже шкідливі, навіть призводять до загибелі.

В роботі розглядались зміни у часі концентрації наступних речовин: заліза загального, міді, цинку, шестивалентного хрому, мангану, фенолів, СПАРів.

Якість води за означеними речовинами та елементами оцінювалась в пункті р.Хорол – м.Миргород за період 2004-2015 роки. За нафтопродуктами спостережень в створі не відбувалось.

Основні положення по даній темі були опубліковані у співавторстві з науковим керівником в роботах [7, 8, 9 Додаток А]

В табл.6.1 приводяться значення середньорічних концентрацій речовин токсичної дії, які були визначені в воді р.Хорол.

СПАРи

Синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР) або детергенти є основною сировиною для виробництва синтетичних миючих засобів (СМЗ). СПАР одержують з продуктів переробки нафти. Вони являють собою органічні високомолекулярні сполуки, які знижують поверхневий натяг рідин та адсорбуються на межі розподілу фаз. [19]

Таблиця 6.1 - Середньорічні концентрації речовин токсичної дії в воді р.Хорол – м.Миргород (2004-2015 рр) (за автором)

Роки	Залізо загальне, мкг/дм ³	Мідь, мкг/дм ³	Цинк, мкг/дм ³	Хром 6+, мкг/дм ³	Манган, мкг/дм ³	Феноли, мкг/дм ³	СПАР, мкг/дм ³
2004	135	2,30	36,50	3,50	196,25	4,8	45,0
2005	340	2,10	46,75	3,25	177,00	3,5	80,0
2006	295	1,30	33,50	2,00	126,00	4,8	72,5
2007	53	2,40	18,25	3,00	152,50	4,0	67,5
2008	80	3,10	28,75	2,50	143,75	3,8	60,0
2009	155	2,60	53,38	3,25	158,00	3,5	92,5
2010	133	5,90	219,00	3,50	143,00	2,5	90,0
2011	60	16,35	115,00	3,75	150,75	2,8	52,5
2012	105	2,30	76,00	3,25	82,75	3,0	57,5
2013	108	12,27	17,00	2,50	106,75	25	47,5
2014	125	1,20	14,25	2,25	131,75	3,0	55,0
2015	124	1,93	18,13	3,00	111,63	3,4	58,8
Середнє за 2004-2015	137	4,47	56,6	2,94	137,5	3,5	63,3
мінімаль-не	20	0,00	4	1,00	43,00	1,0	40
(дата)	28.08.07 18.10.11	14.05.05 01.09.05 17.01.06 31.08.06 21.01.07 28.08.07	19.10.14	02.12.06 07.04.08	10.05.15	02.12.10	26.01.04 23.08.04 24.11.04 26.01.11 18.11.11 24.04.13 23.11.13
максималь-не	750	58,2	300	6,00	300	9,0	140
(дата)	17.05.06	12.04.11	02.12.10	26.01.04 01.09.05	28.10.07	24.10.04 31.08.06	12.04.09

СПАР не тільки негативно впливають на якість води, але й підсилюють дію багатьох інших речовин, зокрема інгредієнтів стічних вод, у певних концентраціях сприяють інтенсивному розвитку мікрофлори, зокрема і сапрофітної [20, 21].

Концентрації СПАРів на протязі всіх років в воді р.Хорол не перевищували ГДКрг. При ГДК рибогосподарського призначення в 200 мкг/дм³ середньорічні концентрації СПАРів у воді змінювались від 45 мкг/дм³ (2004р.) до 93 мкг/дм³ та 90 мкг/дм³ в 2009 та 2010 роках відповідно

(рис. 6.1). Можна також бачити, що концентрації СПАРів у воді зменшуються у часі.

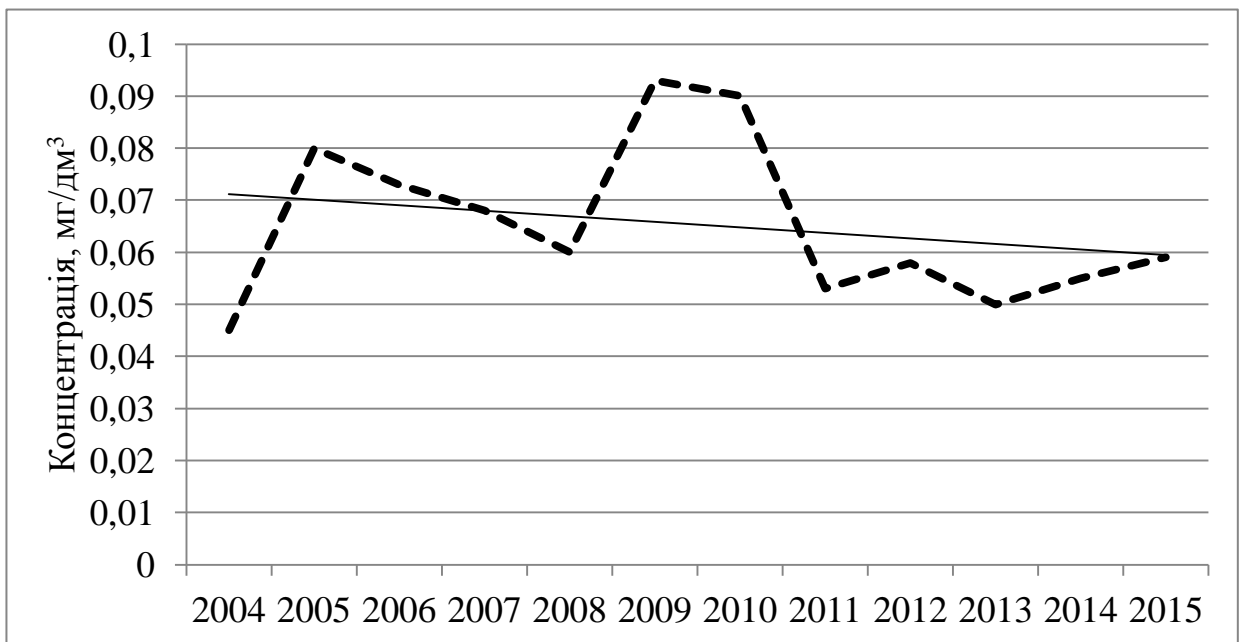


Рисунок 6.1 – Графік зміни концентрації СПАРів в створі р.Хорол-м.Миргород за період 2004-2015 рр.

По всіх інших показниках токсичної дії спостерігались значні перевищення ГДК для рибогосподарського використання.

На рис.6.2 представлена кругова діаграма, на якій показано перевищення концентрацій речовин токсичної дії над ГДКр. в створі р.Хорол-м.Миргород, осереднених за період спостереження.

З графіку видно, що найбільші перевищення ГДКр. спостерігались за вмістом мангану, цинку, міді. Нижче наведена характеристика всіх речовин токсичної дії, які мали місце в воді Хоролу біля створу спостереження.

Хром

У поверхневій воді сполуки трьох- і шестивалентного хрому потрапляють в результаті вилугування з порід (хроміт, крокоїт, уваровіт та ін.). Деякі кількості надходять в процесі розкладання організмів і рослин, з

грунтів. Значні кількості можуть надходити у водойми зі стічними водами гальванічних цехів, фарбувальних цехів текстильних підприємств, шкіряних заводів і підприємств хімічної промисловості. [18] Гранично-допустима концентрація для об'єктів рибогосподарського використання дорівнює 0,001 мг/дм³.

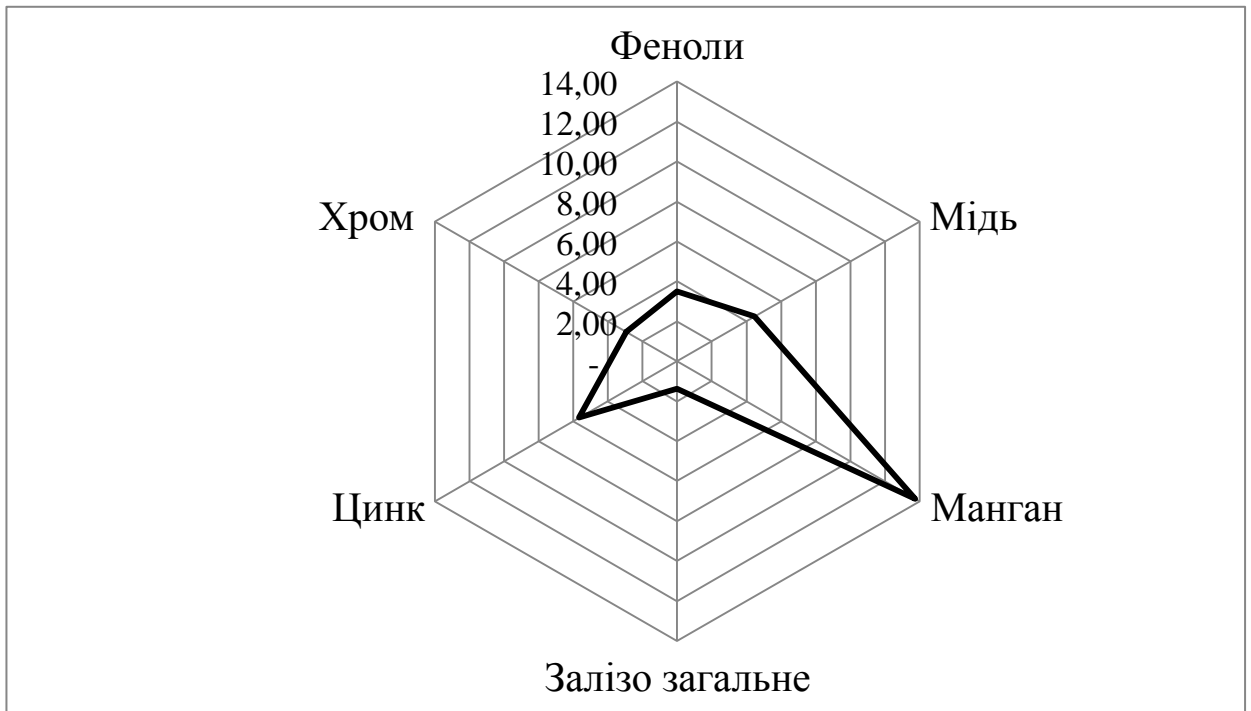


Рисунок 6.2 - Графік перевищення концентрацій речовин токсичної дії над ГДКр. (осереднених за 2004-2015 рр.)

На рис.6.3 представлений графік зміни середньорічних концентрацій шестивалентного хрому в воді р.Хорол – м.Миргород. Межі коливань за період 2004-2015рр.: 2,0 мкг/дм³ (2006 р.) – 3,75 мкг/дм³ (2011 р.). Розподіл у часі концентрацій хрому за всі дати спостереження, зображений на рис. 6.4. На ньому більш чітко простежується зменшення концентрацій у часі. На протязі всього періоду було зафіксовано перевищення норм ГДКр. і тільки 02.12.2006р. та 07.04.2008р. спостерігається найменше значення хрому у воді Хоролу, яке дорівнювало ГДКр. (1,0 мкг/дм³). Максимальне відношення до

ГДКр. було 26.01.2004р. та 01.09.2005р. і перевищувало гранично-допустиму концентрацію в 6,0 разів.(табл.6.1 , рис.6.4).

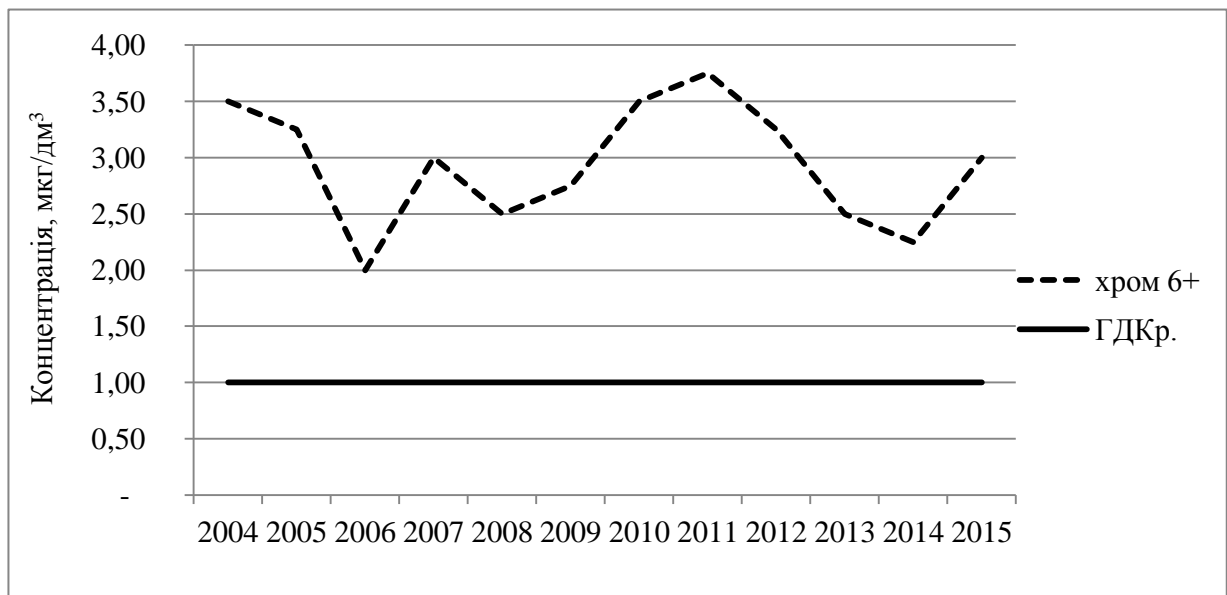


Рисунок 6.3 - Графік зміни шестивалентного хрому в воді р.Хорол-Миргород (середньорічні значення за період 2004-2015 рр.)

Цинк

Потрапляє у природні води в результаті природних процесів руйнування і розчинення гірських порід та мінералів (сфалерит, цинкіт, глосларит, смітсоніт, каламін), а також зі стічними водами рудозбагачувальних фабрик і гальванічних цехів, виробництв пергаментного паперу, мінеральних фарб, віскозного волокна та ін. [18].

Із разових спостережень (табл.6.1, рис.6.5) максимальна концентрація цинку була 300 мкг/дм³ (02.12.2010р.) при ГДКр.= 10.0 мкг/дм³, тобто перевищення над нормативом склало 30 ГДКр. Починаючи з 2013 року вміст цинку в воді р.Хорол зменшився. В межах нормативу концентрації цинку були: 14.05.2005 та 09.02.2013 (7,0 мкг/дм³), а найменше значення з разових вимірювань було 19.10.2014р. і дорівнювало 4,0 мкг/дм³.

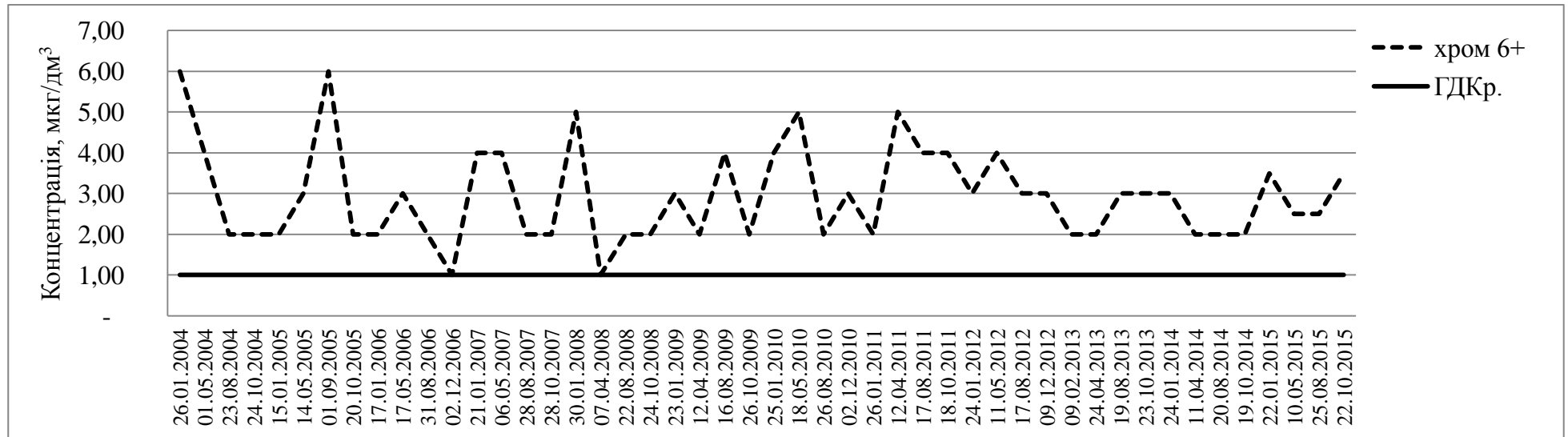


Рисунок – 6.4 Графік зміни концентрацій хрому в воді р.Хорол – м.Миргород (дати вимірювань за період 2004-2015 рр.)

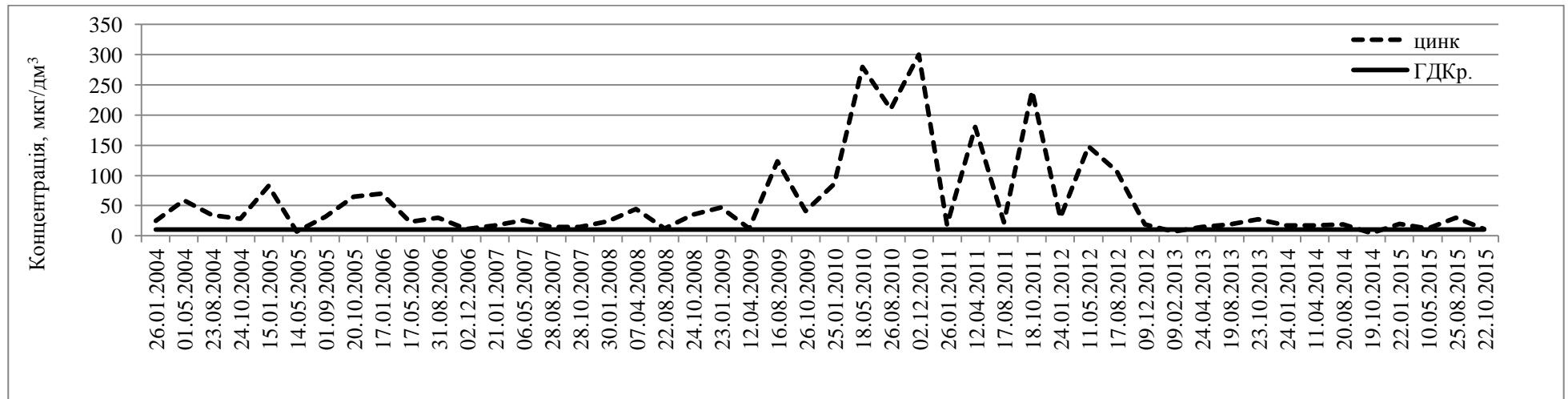


Рисунок 6.5 – Графік зміни концентрацій цинку в воді р.Хорол – м.Миргород (дати вимірювань за період 2004-2015 рр.)

Зміна вмісту середньорічних значень цинку в воді р.Хорол-м.Миргород представлена на рис.6.6. Найбільші середньорічні концентрації цинку за період спостереження зафіксовані у 2010 та 2011 роках – 21,9 та 11,5 ГДКр. відповідно. Мінімальні значення цинку були в 2014 році і дорівнювали 1,43 ГДКр.

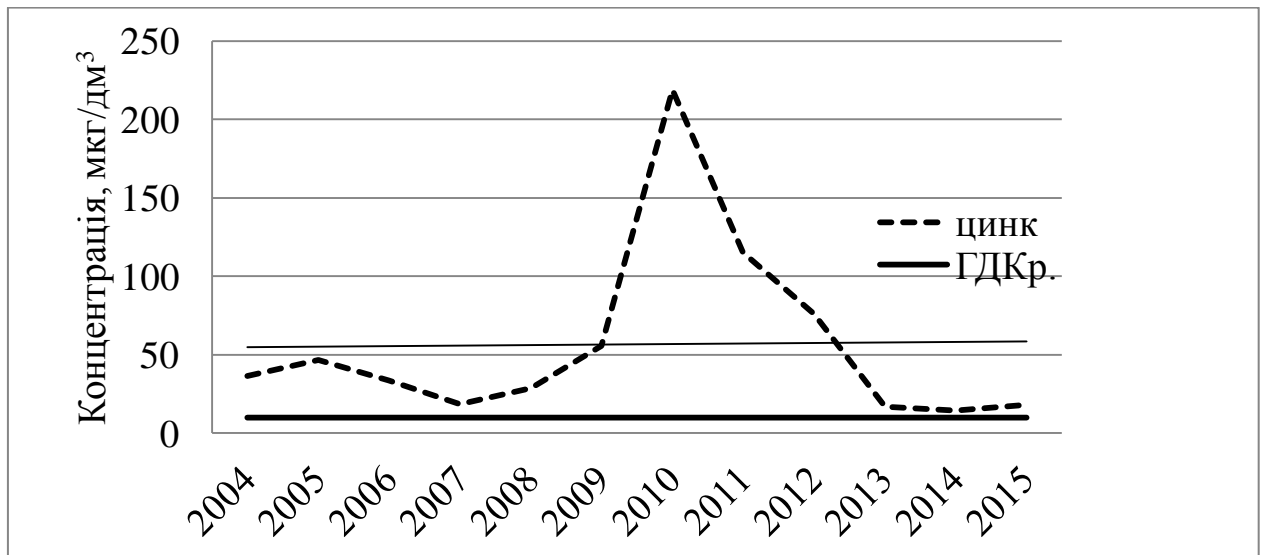


Рисунок 6.6 - Розподіл середньорічних значень концентрацій цинку в воді р.Хорол – м.Миргород за 2004-2015 рр.

Мідь

Мідь - один з найважливіших мікроелементів. Фізіологічна активність міді пов'язана головним чином із включенням її до складу активних центрів окислювально-відновних ферментів. Недостатній вміст міді в ґрунтах негативно впливає на синтез білків, жирів і вітамінів і сприяє безплідності рослинних організмів. Мідь бере участь у процесі фотосинтезу і впливає на засвоєння азоту рослинами. Разом з тим, надлишкові концентрації міді надають несприятливий вплив на рослинні та тваринні організми. [18]

В розподілі міді в воді р.Хорол – м.Миргород (рис. 6.7) простежуються два піки підвищення концентрацій. Найвищі середньорічні значення міді були в 2011 та 2013 рр. - 16,35 і 12,27 ГДКр. відповідно (при ГДКр.=1. мкг/дм³). Найменший вміст міді у воді спостерігався в 2006 та 2014

рр. – 1,3 та 1,2 ГДКр. відповідно. З табл.5.1 та рис.6.8 видно, що за одиничними вимірами максимальна концентрація була: 12.04.2011 р.-58,2 мкг/дм³ та 24.04.2013 р. –32,8 мкг/дм³.

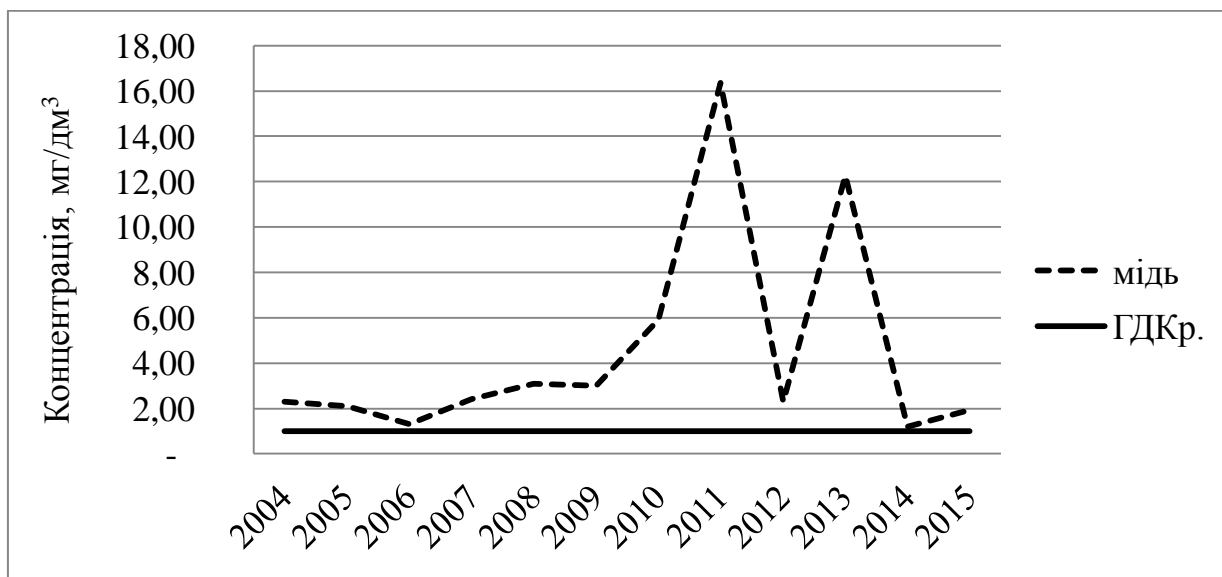


Рисунок 6.7- Розподіл середньорічних значень концентрацій міді в воді р.Хорол – м.Миргород за 2004-2015 рр.

Манган

У поверхневій воді манган поступає в результаті вилуговування залізоманганних руд та інших мінералів, що містять манган (піролюзит, псиломелан, брауніт, манганіт, чорна охра).

Значні кількості мангану надходять в процесі розкладання водних тваринних і рослинних організмів, особливо синьо-зелених, діатомових водоростей і вищих водних рослин. Сполуки мангану виносяться у водойми зі стічними водами марганцевих збагачувальних фабрик, металургійних заводів, підприємств хімічної промисловості і з шахтними водами.

З рис. 6.9 видно, що середні річні концентрації мангану у воді р.Хорол на протязі всього періоду спостереження значно перевищували ГДКр. і змінювались від 82,8 мкг/дм³ в 2012 р. (8,28 ГДКр.) до 196,3 мкг/дм³ в 2004 році (19,63 ГДКр.).

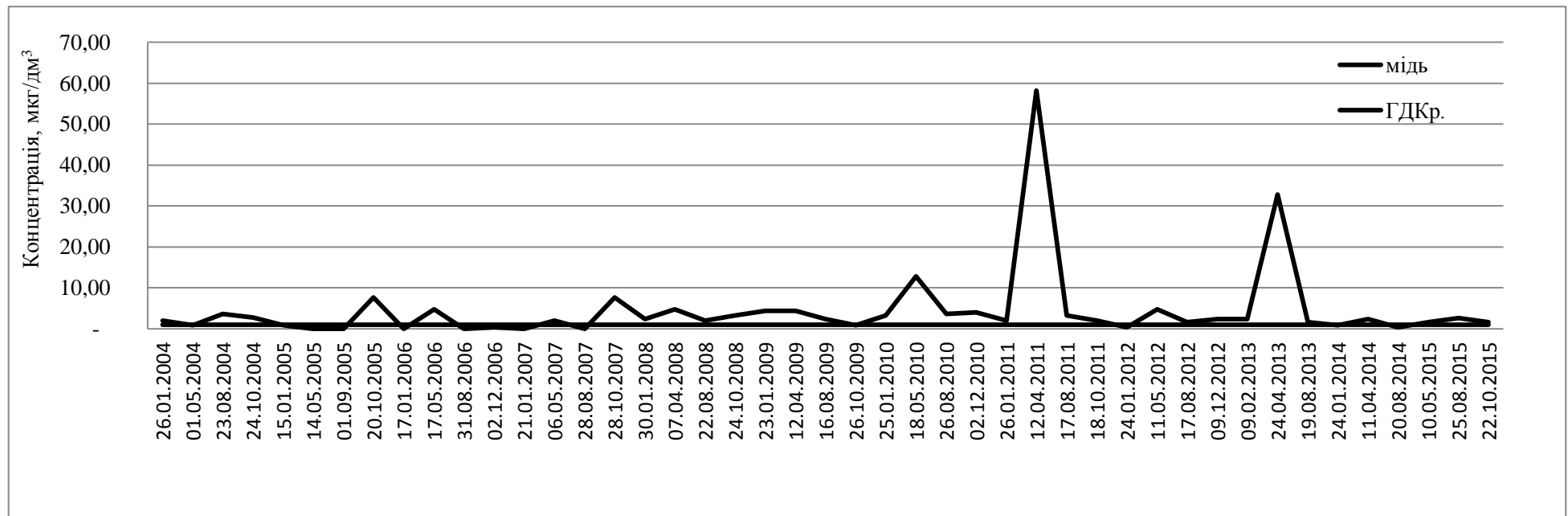


Рисунок 6.8 – Графік зміни концентрацій міді в воді р.Хорол – м.Миргород (дати вимірювань за період 2004-2015 рр.)

Можна бачити поступове зменшення концентрацій мангану у часі. На рис.6.10, для більш повної характеристики, представлений графік зміни мангану в воді р.Хорол-м.Миргород за всі дати виміру речовини в створі. На відміну від графіку на рис.6.9, видно, що вміст мангану постійно змінюється, кожного року відбуваються збільшення та спади його концентрації у воді. Максимальне за період спостереження значення зафіксоване 28.10.2007 р. і дорівнювало 300 мкг/дм^3 , що у 30 разів вище за ГДКр.

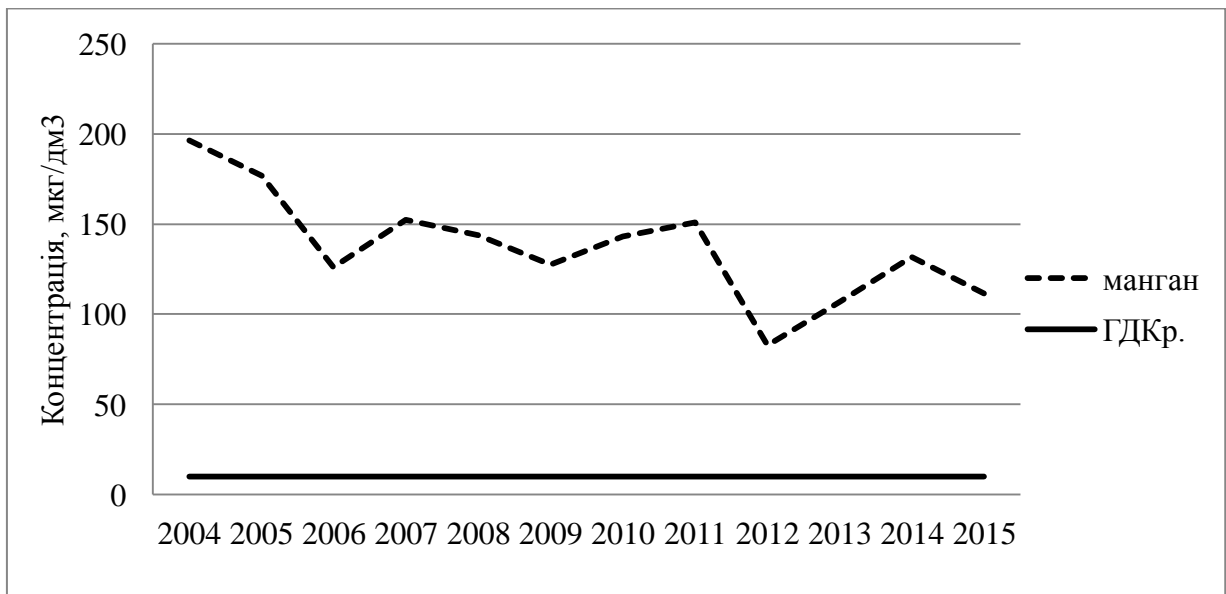


Рисунок 6.9 - Графік зміни середньорічних концентрацій мангану в воді р.Хорол – м.Миргород

По одній з самих розповсюджених версій, підвищення концентрації мангану в воді річки традиційно спостерігається наприкінці літа-початку осені і пов'язано з фізико-хімічними процесами, які проходять в донних відкладах в результаті підвищення температури води і, як слідство, зниження рівня кисню. [22] Також концентрація мангану підвищується у зв'язку з масовим відмиранням синьо-зелених водоростей [23].

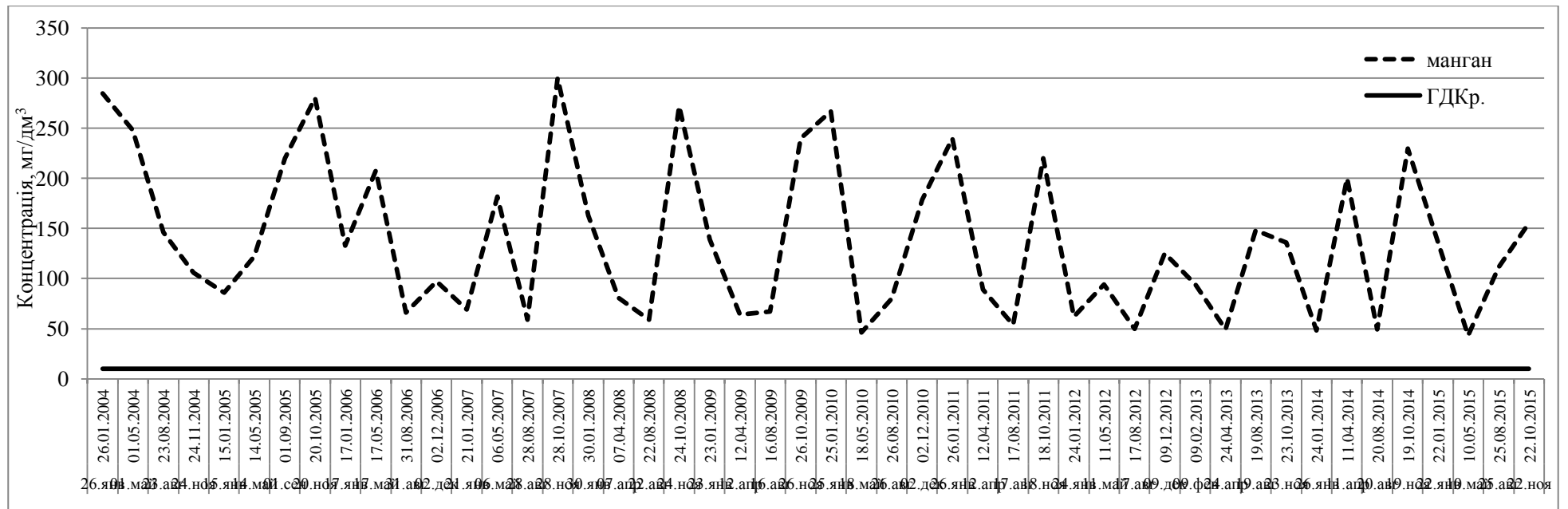


Рисунок 6.10 – Графік зміни концентрацій мангану в воді р.Хорол – м.Миргород (дати вимірювань за період 2004-2015рр.)

Залізо

Головними джерелами сполук заліза в поверхневих водах є процеси хімічного вивітрювання гірських порід, що супроводжуються їх механічним руйнуванням і розчиненням.

Будучи біологічно активним елементом, залізо в певній мірі впливає на інтенсивність розвитку фітопланктону та якісний склад мікрофлори у водоймі.

Вміст заліза у воді вище 1-2 мг Fe/дм³ значно погіршує органолептичні властивості, надаючи їй неприємний в'язкий смак, і робить воду малопридатною для використання в технічних цілях. ГДК заліза становить 0,3 мг Fe/дм³ (лімітуючий показник шкідливості - органолептичний), ГДК для заліза у воді водойми, яка використовується в рибогосподарських цілях, - 0,1 мг/дм³. [17, 18]

На рис. 6.11 та рис.6.12 наведені графіки зміни загального заліза в воді р.Хорол: на першому – середньорічні зміни, на другому – на кожну дату вимірювання періоду 2004-2015 рр. Найбільші середньорічні значення спостерігались в 2005 та 2006 роках і відповідно склали 0,34 та 0,295 мг/дм³ при ГДКр.=0,1 мг/дм³.

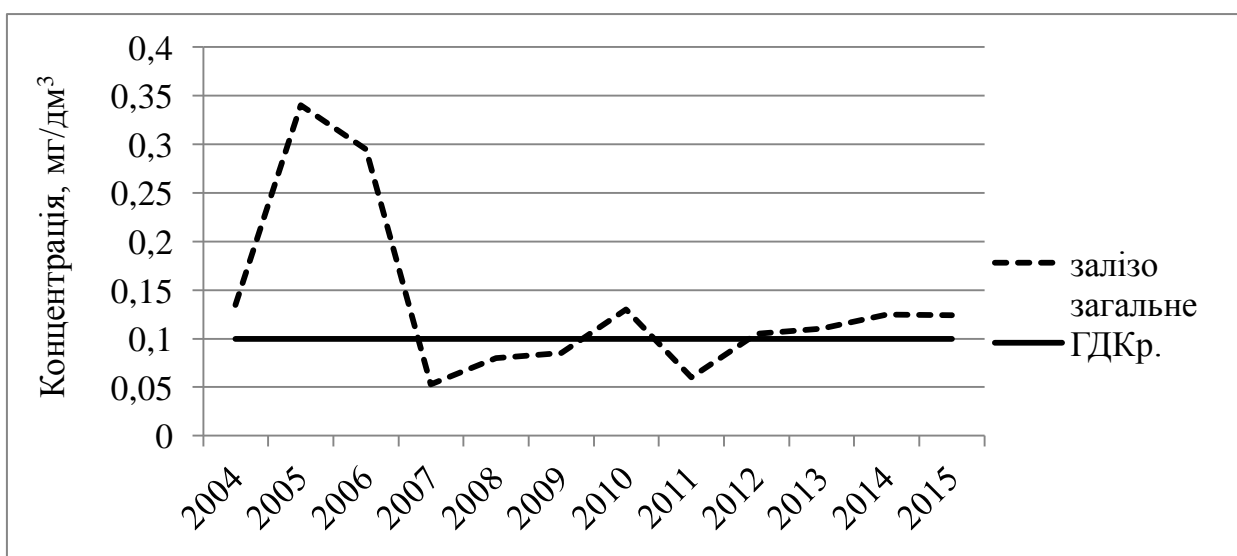


Рисунок 6.11 - Графік зміни середньорічних концентрацій заліза загального в воді р.Хорол – м.Миргород

В подальшому концентрації заліза зменшувались і на протязі 2007-2009, а також в 2011 роках не перевищували ГДКр. В інші роки перевищення рибогосподарських норм біли в межах 1,05-1,3 ГДКр.

Серед разових спостережень (рис.6.12) значні перевищення ГДКр. були зафіксовані 15.01.2005, 01.09.2005 та 17.05.2006 рр. і дорівнювали 0.46мг/дм^3 , 0.54мг/дм^3 та 0.75мг/дм^3 відповідно.

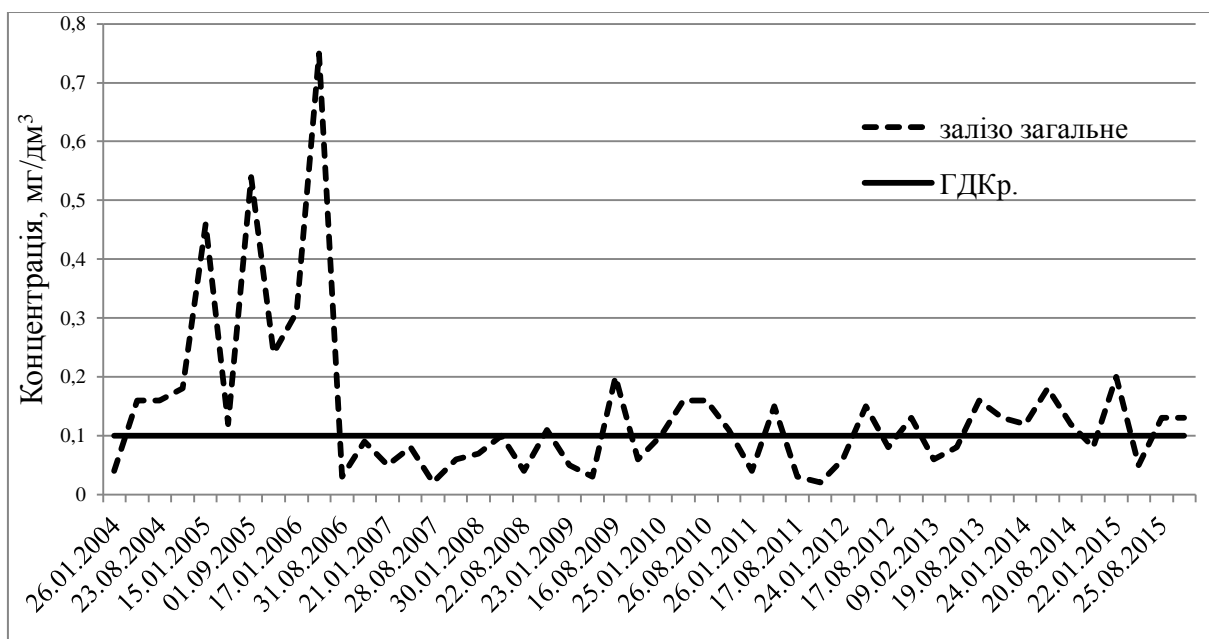


Рисунок 6.12 - Графік зміни концентрацій заліза загального в воді р.Хорол – м.Миргород (дати вимірювань за період 2004-2015 рр.)

Феноли

Фенол в основному - штучна хімічна речовина, хоча може міститися у відходах тваринного походження і органічному матеріалі. Найбільше застосування фенол знаходить у виробництві пластмас, також використовується для виробництва капролактаму (для виготовлення нейлону і інших штучних волокон) і бісфенола (для виготовлення епоксидних і інших смол).

Він також використовується як слімісид (хімічна речовина, яка вбиває

бактерії і гриби, знайдені у водянистому слизі), використовується як дезінфікуючий засіб, і в медичних препаратах.

Як і всяка органіка, фенол окислюється розчиненим у воді киснем і поглинає його дуже сильно. Гранично допустима концентрація фенолу у воді рибогосподарського використання складає $0,001 \text{ мг/дм}^3$.

З рис.6.13 видно, що найбільші середньорічні значення фенолів у воді р.Хорол - $0,005 \text{ мг/дм}^3$, спостерігались в 2004 та 2006 рр.

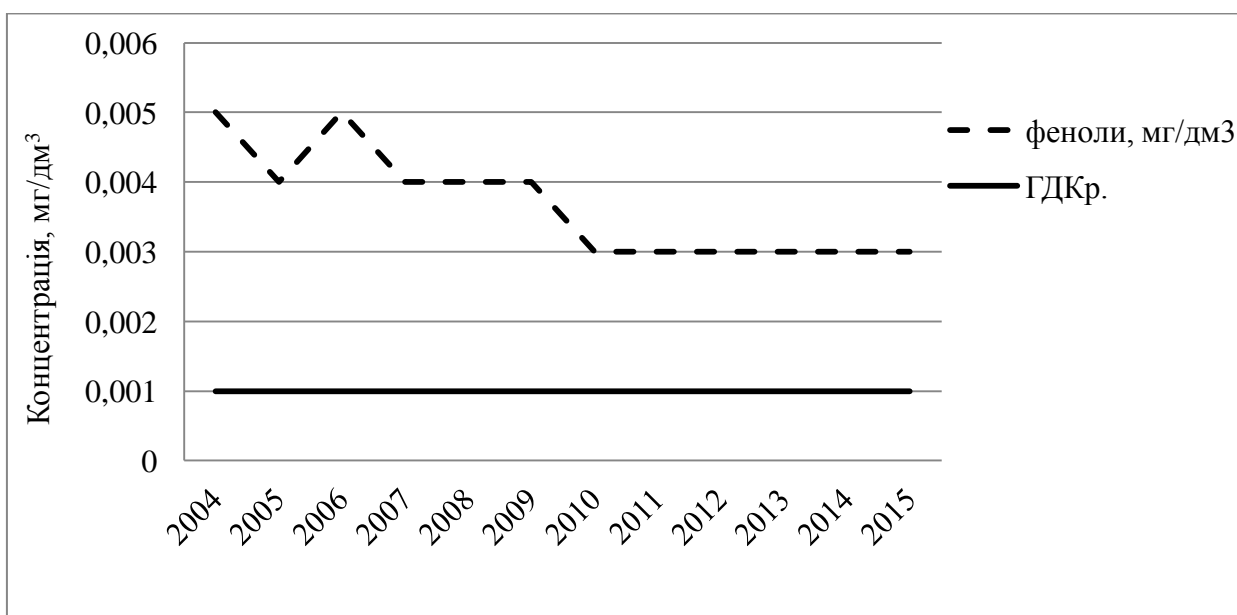


Рисунок 6.13 – Графік зміни у часі середньорічних значень концентрацій фенолів в воді р.Хорол – м.Миргород (2004-2015 рр.)

З 2011 до 2015 рр. концентрації фенолів не змінювались, були найменшими і дорівнювали $0,003 \text{ мг/дм}^3$. Середнє значення за період 2004-2015 роки - $0,035 \text{ мг/дм}^3$. З разових вимірів (рис.6.14) межі коливань концентрацій фенолів достатньо великі: мінімальне значення складає $0,001 \text{ мг/дм}^3$ (02.12.2010 р.), максимальне - $0,009 \text{ мг/дм}^3$ (24.10.2004 та 31.08.2006 рр.), що у 9 разів вище за ГДКр. В цілому, спостерігається зменшення концентрації фенолів у часі.

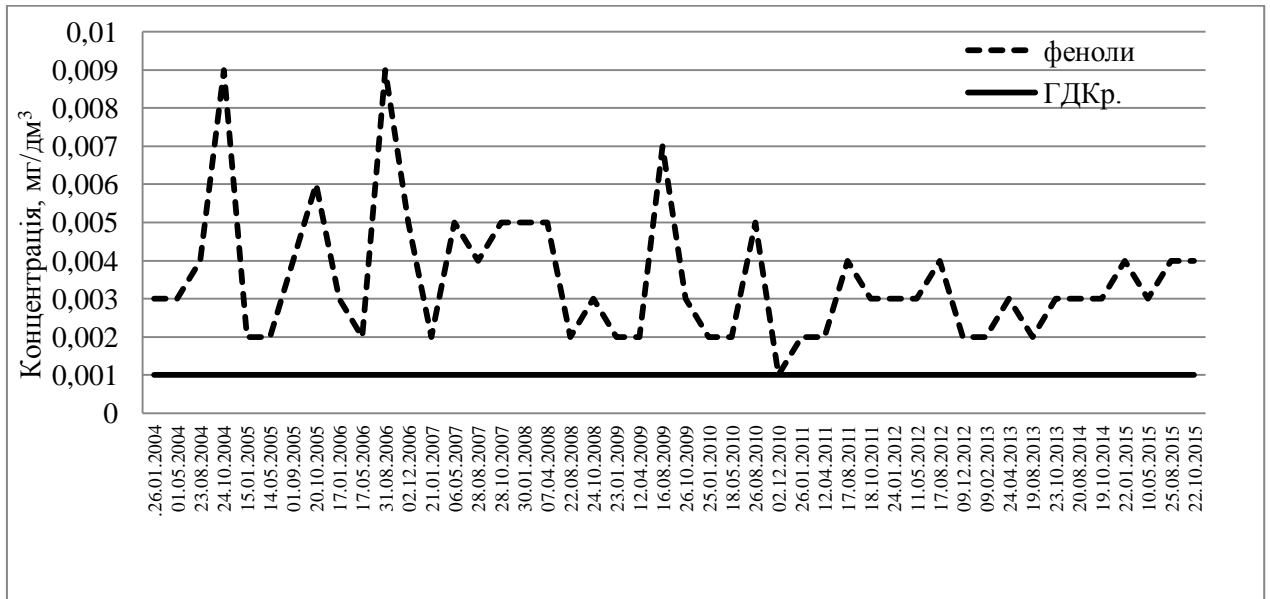


Рисунок 6.14 - Графік зміни концентрацій фенолів в воді р.Хорол – м.Миргород (дати вимірювань за період 2004-2015 рр.)

ВИСНОВКИ

Права притока ріки Псел – річка Хорол, протікає в межах Сумської та Полтавської областей. Найбільші міста в межах басейну (м.Хорол, м.Миргород та ін.) впливають на якість води із-за значної кількості підприємств (переробна, харчова, легка промисловості, машинобудування, металообробка та ін.). Про цей негативний вплив свідчить наявність у воді важких металів, фенолів, синтетичних поверхнево-активних речовин (СПАР), а також зміна мінералізації та головних іонів.

За екологічною оцінкою якості води найгірші показники відносяться до блоку специфічних речовин токсичної дії, найкращі – до блоку трофо-сапробіологічних показників.

За середніми значеннями показників сольового блоку (I_1) вода в межах створу за екологічною класифікацією в основному (92% випадків) характеризується за станом як «задовільна» або «слабко забруднена» за ступенем чистоти і належить до III класу та 4-ої категорії якості. У 8% випадків (2004 р.) вода біля м.Хорол відносилась до II класу та 3-ї категорії якості («добра» за станом або «досить чиста» за ступенем чистоти).

На протязі періоду спостереження за середніми значеннями показників трофо-сапробіологічного блоку (I_2), якість води оцінюється як «добра» за станом, «досить чиста» за ступенем чистоти, тобто належить до II класу та 3-ої категорії якості. Погіршення якості води відбувалось у 2010 та 2012 роках, коли вода в межах м.Миргород відносилась до III класу та 4-ої категорії якості («задовільна» за станом, «слабко забруднена» за ступенем чистоти).

У 100% випадків за період 2004-2015 рр. якість води в створі р.Хорол – м.Миргород за середніми значеннями показників блоку специфічних забруднюючих речовин токсичної дії (I_3) оцінювалась III класом та 4-ою категорією.

Якість води в межах м.Миргород за екологічним індексом незначно, але погіршується у часі, про що свідчить зростання лінії тренду з 2004 до 2015 року.

На протязі періоду дослідження шоста категорія якості (вода «погана» як за категорією так і класом за станом, або «брудна» за категорією та класом за ступенем чистоти) спостерігалась за вмістом завислих речовин; в 2009-2012 рр. – за вмістом фосфору фосфатів; в 2011 р. – за концентрацією цинку.

Найвищу сьому категорію якості (вода «дуже погана» за класом та категорією за станом, або «дуже брудна» за класом та категорією за ступенем чистоти) мали: фосфор фосфатів (2004 р.), цинк (2010 р.) та феноли (2013 р.).

Сума іонів, або мінералізація води, за середніми річними значення коливались від 801,3 мг/дм³ (2012 р.) до 1016 мг/дм³ (2009 р.) і за період дослідження знаходилась в межах свого середньо багаторічного значення - 892,24 мг/дм³. За екологічною класифікацією вода р.Хорол в м.Миргород відноситься до прісної олігогалинної 3 категорії якості, тобто «доброї» як за класом так і категорією за її станом, або «чистої- досить чистої» за ступенем чистоти.

За сольовим складом вода за 2004-2015 рр. належить до хлоридно-гідрокарбонатного класу (за переважаючими аніонами) та кальцієво-натрієвої групи (за переважаючими катіонами).

За вмістом сульфатів та хлоридів вода відносилась до 4-ї категорії якості, тобто «задовільна» за класом і категорією за станом вод, або «забруднена» за класом – «слабко забруднена» за категорією за ступенем чистоти.

Досліджувались кореляційні зв'язки між мінералізацією та головними іонами. Найбільш тісний зв'язок був між сумою іонів і хлоридами (коефіцієнт кореляції складає 0,744), та між натрієм і мінералізацією (коефіцієнт кореляції складає 0,781).

З речовин трофо-сапробіологічного блоку (I_2) у часі зменшувались: концентрації розчиненого кисню (але не було перевищень ГДКрг), БСК₅ (перевищення нормативу тільки в 2007 році), фосфору загального (не нормується). Збільшувались з часом: концентрації завислих речовин (не нормується), азоту амонійного (перевищення ГДКрг. з 2007 по 2015 рр.) та азоту нітритного (перевищення нормативу на протязі періоду дослідження), кремнію (не нормується).

Середнє за 2004-2015 рр. значення температури води дорівнює 10,3°C. Найбільші коливання у часі спостерігались з 2008 по 2013 рр.

До блоку речовин токсичної та радіаційної дії, які розглядались в роботі, належать: залізо загальне, мідь, цинк, шестивалентний хром, мангану, феноли, СПАРи.

З означених речовин тільки концентрації СПАРів не перевищували ГДК рибогосподарського призначення на протязі всього періоду спостереження та зменшувались у часі.

Найбільш значні перевищення нормативу спостерігались за вмістом мангану, цинку, міді.

Максимальне за період дослідження значення мангану у 30 разів вище за ГДКрг. Середні річні значення змінювались від 82,8 мкг/дм³ в 2012 р. (8,28 ГДКрг.) до 196,3 мкг/дм³ в 2004 році (19,63 ГДКрг.). Середньобагаторічне склало 137,5 мкг/дм³, що майже у 14 разів вище за норматив. Вміст мангану в воді р.Псел зменшується у часі.

Максимальна концентрація цинку над нормативом склала 30 ГДКрг. і була зафіксована 02.12.2010р.; середнє за 2004-2015 рр. – 56,6 мкг/дм³ (5,66 ГДКрг.). Починаючи з 2013 року вміст цинку в воді р.Хорол зменшився.

Найвищі середньорічні значення міді були в 2011 та 2013 рр. - 16,35 і 12,27 ГДКр. відповідно. Багаторічне значення перевищувало норматив у 4,5 разів.

За вмістом шестивалентного хрому в воді р.Хорол на протязі всього періоду спостерігалось перевищення норм ГДКрг. Середнє за період дослідження склало 2,94 ГДКрг.

Найбільші середньорічні значення загального заліза спостерігались в 2005 та 2006 роках і відповідно склали 0,34 та 0,295 мг/дм³ при ГДКр.=0,1 мг/дм³. В подальшому концентрації заліза зменшувались і на протязі 2007-2009, а також в 2011 роках не перевищували ГДКр. В інші роки перевищення рибогосподарських норм біли в межах 1,05-1,3 ГДКр.

Середнє значення фенолів за період 2004-2015 роки - 0,035 мг/дм³. Межи коливань концентрацій фенолів достатньо великі: мінімальне значення складає 0,001 мг/дм³ (02.12.2010 р.), максимальне - 0,009 мг/дм³ (24.10.2004 та 31.08.2006 рр.), що у 9 разів вище за ГДКр. В цілому, спостерігається зменшення концентрації фенолів у часі.

Зношеність водопровідної та каналізаційної систем міст, зарегульованість водойм призводить до збільшення забруднюючих речовин в воді р.Хорол. Міськими радами ведуться роботи по заміні старих систем водопостачання та водовідведення, по впровадженню нових систем очистки стічних вод, по зменшенню заборів води з річки на промислові потреби та модернізації підприємств.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. URL: <http://geo.pnpu.edu.ua/waters.php>
2. URL: <https://www.shukach.com/ru/node/16306>
3. Справочник по водным ресурсам //Под ред.. Б.И. Стрельца. К. Урожай, 1987. 304с.
4. URL: <http://www.guidebook.ua/nature/river/reka-horol.html>
5. URL: <http://www.ebk.net.ua/Book/synopsis/rovu/part3/010.htm>
6. URL: https://menr.gov.ua/files/docs/eco_passport/%D0%A1%D1%83%D0%BC%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0_%D0%BF%D0%B0%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82_2016.pdf
7. URL: <https://drive.google.com/file/d/1OkerULVv9snOhc0nAIQm0kdiPB1Z5Cmf/view>
8. URL: <http://myrgorod.pl.ua/page/ekonomika-mista/promyslovist>
9. Винарчук О.О. Загальна характеристика водокористування та водовідведення в басейнах в басейнах Лівобережного Лісостепу (річки Сула, Псел та Ворскла). Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2011. Т 4 (25). С.169-178
10. Сніжко С.І. Оцінка та прогнозування якості природних вод. Київ. “Ніка-Центр”. 2001. 262 с.
11. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. /В.Д.Романенко, В.М.Жукинський, О.П.Оксюк та ін. К.:СИМВОЛ-Т, 1998. 28с.
12. Лозовіцький П.С. Гідрохімічний режим та якість води річки Хорол URL: <http://cgo-sreznevskyi.kiev.ua/data/bis3/st-horol-hmya.pdf>
13. URL: <https://forex365.ru/indicators/koeff-korrelyacii-v-excell.html>
14. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%B5%D1%84%D1%96%D1%86%D1%96%D1%94%D0%BD%D1%82_%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%BB%D1%8F%D1%86%D1%96%D1%97_%D0%9F%D1%96%D1%80%D1%81%D0%BE%D0%BD%D0%B0

15. URL: <http://statistica.ru/theory/koeffitsient-korrelyatsii/>
16. Лурье Ю. Ю. Унифицированные методы анализа вод. М.: Химия, 1973. 376 с.
17. Клименко В.Г., Петрова Н.В. Оцінка якості води рХарків: Методичний посібник для студентів. Харків: ХНУ ім.В.Н.Каразіна, 2011. 58 с.
- 17.Мудрий І.В., Гринько А.П., Вплив синтетичних детергентів на поверхнево-активні речовини організму /Український журнал сучасних проблем токсикології .наук.-практ.журн. Київ : Медицина України, вип. 4'2002 URL: http://medved.kiev.ua/arhiv_mg/st_2002/02_4_13.htm
- 18.URL:https://stud.wiki/ecology/3c0a65635b2ad69a4c43b89521206d27_0.html
- 19.URL:http://wikiinfo.mdpu.org.ua/index.php?title=%D0%9F%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%85%D0%BD%D0%B5%D0%B2%D0%BE-%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D1%96_%D1%80%D0%B5%D1%87%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D0%B8
20. Мальований М.С., Дедик Л.М., Мараховська С.Б., Шандрович В.Т., Мараховська А.О. Гуглич С.І. Проблема негативного впливу поверхнево-активних речовин і синтетичних мийних засобів на гідросферу. Науковий вісник НЛТУ України. 2015. Вип. 25.2. с.96-103 URL: https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2015/25_2/18.pdf
21. Болдін А.А. Хімічне забруднення природних вод / А.А. Болдін // Світ хімії : зб. наук. праць. 2004. № 9. С. 123-128.
22. URL: <https://www.telegraf.in.ua/kremenchug/10038570-v-vode-kremenchugskogo-vodohranilischa-prevysil-normu-marganec.html>
23. URL: https://www.telegraf.in.ua/kremenchug/16830-news_16830.html

ДОДАТКИ

1. Довгополий М.М., Романчук М.Є. Екологічна оцінка якості води річки Хорол. Наукова конференція молодих вчених (28.04.2021). Одеса. ОДЕКУ.2021 (у друку)

2. Довгополий М.М., Романчук М.Є. Часові зміни мінералізації води р.Хорол – м.Миргород. X Международная научно-практическая конференция. «Dynamics of the development of world science» (10-12 июня 2020 года. Ванкувер, Канада). 2020. С.376-383

3. Довгополий М.М., Романчук М.Є. Оцінка якості води р.Хорол-м.Миргород за мінералізацією та її складовими. Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування. VII Міжнародна наукова конференція молодих вчених. Харків. 28-29 листопада 2019 року. Он-лайн конференція

4. Романчук М.Є., Довгополий М.М., Кабак І.С. , Пісоцький Є.С. Аналіз змін хімічного складу води в басейні Середнього та Нижнього Дніпра (на прикладі річок Псел, Хорол та Інгулець). Водні біоресурси та аквакультура. /Науковий журнал, Херсон: Видавничий дім «Гельветика» № 1(9). 2021 (у друку) фахова за спеціальністю 101 «Екологія»

5. Довгополий М.М., Романчук М.Є. Аналіз змін деяких компонентів якості води р.Хорол в межах м.Миргород. Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: VIII Міжнародна наукова конференція молодих вчених (Харків, 26 - 27 листопада 2020 року). Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2020. Он-лайн конференція

6. Довгополий М.М., Романчук М.Є. Аналіз змін біогенних речовин в басейні р.Хорол. VI Міжнародна науково-практична конференція здобувачів вищої освіти, аспірантів та молодих учених «Галузеві проблеми екологічної безпеки», присвячена 90-річчю Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. 23 жовтня 2020, Харків, ХНАДУ, 2020. С. 58-60

7. Довгополий М.М., Романчук М.Є. Характеристика зміни у воді р.Хорол - м.Миргород речовин токсичної дії. Вестник Гидрометцентра Черного и Азовского морей. Державна гідрометеорологічна служба України. 2020. №1 (24) . С.68-79

8. Довгополий М.М., Романчук М.Є. Антропогенний вплив м.Миргород на якість води р.Хорол (за речовинами токсичної дії). Міжнародна наукова конференція молодих вчених «Регіональні проблеми охорони довкілля». ОДЕКУ. 1-3 червня 2020. С.52-56

9. Довгополий М.М., Романчук М.Є. Вплив речовин токсичної дії на якість води р.Хорол-м.Миргород. Тези Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених “Сталий розвиток країни в рамках європейської інтеграції”, 7 листопада 2019 року. Житомир: «Житомирська політехніка», 2019. С.102-103