

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет природоохоронний

Кафедра гідроекології та водних досліджень

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ
ОКР спеціаліст

на тему:

Оцінка якості вод р. Молочна за
гідрохімічними показниками

Виконала студентка 1 курсу групи ЕГ-53
спеціальності 7.04010602 Прикладна екологія
та збалансоване природокористування

Гриценко Тетяна Олександрівна

Керівник к. геогр. н., доц.

Даус Марія Євгенівна

Консультант

Рецензент к. геогр. н., доц. кафедри

прикладної екології Нагаєва Світлана Павлівна

Одеса 2015

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут, факультет природоохоронний

Кафедра гідроекології та водних досліджень

Освітньо-кваліфікаційний рівень «спеціаліст»

Напрямок підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища

(шифр і назва)

та збалансоване природокористування»

Спеціальність 7.04010602 «Прикладна екологія та збалансоване природокористування»

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри проф. Лобода Н.С.

«02» лютого 2015 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ

Гриценко Тетяні Олександрівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Оцінка якості вод р. Молочна за гідрохімічними показниками»

керівник проекту Даус Марія Євгенівна, к.геогр.н., доц.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від 24.11.2014 року № 340-«С»

2. Строк подання студентом проекту «3» червня 2015 року

3. Вихідні дані до проекту Матеріали спостережень за хімічним складом річкових вод на пунктах гідрохімічного моніторингу в басейні р. Молочна (м. Токмак в створах 1 км вище міста, в межах міста, 1 км нижче міста; м. Мелітополь в створах 1,5 км вище міста, 0,5 км нижче міста) за період 1999-2011 рр.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Надати природну характеристику басейну р. Молочна, охарактеризувавши особливості рельєфу, клімату, ґрунтового-рослинного покриву, гідрологічного режиму;

2) Описати природно-заповідні об'єкти та території, зосереджені в річковому басейні;
 3) Проаналізувати особливості гідрохімічного режиму р. Молочна, висвітливши питання присвячені режиму головних іонів, мінералізації, біогенних речовин, мікроелементів та специфічних забруднювальних речовин антропогенного походження; 4) Зробити опис методики оцінки екологічного стану поверхневих вод суші за гідрохімічними показниками; 5) Виконати оцінку якості вод р. Молочна відповідно до рибогосподарського виду водокористування.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
 1) Карта-схема басейну р. Молочна; 2) Діаграма-роза хімічного складу вод р. Молочна;
 3) Хронологічні графіки коливання величин КІЗ на пунктах гідрохімічного моніторингу;
 4) Графік розподілу середніх багаторічних, максимальних та мінімальних значень КІЗ за довжиною р. Молочна.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання «02» лютого 2015 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Збір та аналіз даних гідрохімічних спостережень.	02.02-08.02.15	90	відм.
2	Природна характеристика басейну р. Молочна.	09.02-15.02.15	95	відм.
3	Характеристика гідрохімічного режиму р. Молочна	16.02-22.02.15	94	відм.
4	Графічна інтерпретація хімічного складу	23.02-01.03.15	95	відм.

	річкових вод.			
5	Атестація	06.04-10.04.15	94	відм.
6	Методика оцінки якості вод за гідрохімічними показниками.	06.04-13.04.15	82	добре
7	Розрахунок гідрохімічних показників якості вод (КІЗ).	14.04-26.04.15	85	добре
8	Аналіз результатів оцінки стану вод р. Молочна та придатності використання її вод для рибного господарства.	27.04-8.05.15	82	добре
9	Атестація	04.05-08.05.15	85	добре
10	Підготовка графічного, табличного та текстового матеріалу.	9.05-17.05.15	96	відм.
11	Оформлення дипломного проекту.	17.05-03.06.15	97	відм.
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)			
			92	відм.

Студент

(підпис)

Гриценко Т.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Даус М.Є.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	6
ВСТУП.....	7
1 ПРИРОДНА ХАРАКТЕРИСТИКА БАСЕЙНУ р. МОЛОЧНА	9
1.1 Форми рельєфу в басейні р. Молочна.....	9
1.2 Кліматична характеристика.....	11
1.3 Ґрунтовий покрив.....	11
1.4 Гідрологічний режим	13
1.5 Гідробіологічна характеристика	14
1.6 Природно-заповідні об'єкти та території	15
2 ГІДРОХІМІЧНИЙ РЕЖИМ р. МОЛОЧНА	17
2.1 Режим головних іонів та мінералізації води.....	17
2.1.1 Хімічний склад природних вод	25
2.1.2 Багаторічна трансформація вмісту головних іонів та мінералізації води	28
2.2 Біогенні речовини	35
2.3 Мікроелементи	45
2.4 Специфічні забруднювальні речовини	52
3 МЕТОДИКА ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ЗА ГІДРОХІМІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ	57
3.1 Встановлення ступеня стійкості забрудненості	57
3.2 Дослідження рівня забрудненості.....	59
3.3 Комплексна характеристика стану забрудненості	60
3.4 Комбінаторний індекс забрудненості	62
3.5 Оцінка якості вод р. Молочна за рибогосподарськими нормативами	67
ВИСНОВКИ	72
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	75
ДОДАТОК А	77

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ
І ТЕРМІНІВ

СПАР – синтетичні поверхнево-активні речовини

ЛОЗ – ознаки, що лімітують забрудненість

ГДК – гранично-допустима концентрація

ІЗВ – інтегральний індекс забруднення

КІЗ – комбінаторний індекс забрудненості

п. – пункт

р. – річка, рік

с. – село

м. – місто

ВСТУП

Формування якості природних вод являє собою складну сукупність процесів обміну хімічними речовинами природних вод з іншими середовищами в різних географічних умовах та при різному антропогенному навантаженні. Відповідно загальна сукупність процесів формування якості води є результатом впливу складного комплексу природних і антропогенних факторів. Багатофакторність процесу формування якості води обумовлює складність його вивчення, а відсутність надійних теоретичних і методичних розробок знецінює спроби розкриття механізму формування якості води, перешкоджає вивченню і розробці науково-обґрунтованих підходів до управління та раціонального регулювання якості води [1].

Комплекс факторів, що регулюють якість води, складають 5 основних блоків: гідрометеорологічний, гідрохімічний, гідробіологічний, фізико-географічний, антропогенний. Кожен із цих блоків регулювання якості води характеризується великим переліком різноманітних ознак, які відображають внутрішню структуру та специфічні властивості даного фактора. Кількість ознак, що характеризують кожен із блоків факторів, може змінюватися залежно від складності поставленого завдання оцінки або прогнозування стану природних вод, можливості інструментального визначення низки ознак, наявності тих або інших видів господарської діяльності, фізико-географічних особливостей території тощо.

В дипломному проекті виконано оцінку якості вод річки Молочної, розташованої на території Запорізької області, за комплексом гідрохімічних показників, які вимірюються в системі спостережень за хімічним складом вод Державної гідрометеорологічної служби Державної служби України з надзвичайних ситуацій.

В басейні досліджуваного водотоку існує низка екологічних, соціально-екологічних та соціально-економічних проблем, які безпосередньо або

опосередковано впливають на екологічний стан річки Молочної. Використаний у дипломному проекті підхід до оцінки якості річкових вод одночасно з якісною характеристикою дає можливість оцінити ступінь придатності вод для рибогосподарського водокористування, яке ставить найжорсткіші вимоги щодо якості води, що дозволяє в цілому характеризувати екологічний стан річки та запропонувати різноманітні природоохоронні заходи для поліпшення існуючої ситуації.

Основні результати цього дослідження були представлені, обговорені та опубліковані в матеріалах студентської наукової конференції ОДЕКУ, 15-20 квітня 2013 р. та студентської наукової конференції ОДЕКУ, 07-12 квітня 2014 р.

1 ПРИРОДНА ХАРАКТЕРИСТИКА БАСЕЙНУ р. МОЛОЧНА

1.1 Форми рельєфу в басейні р. Молочна

Річка Молочна – найбільша річка, басейн якої цілком перебуває на території Запорізької області (рис. 1.1).

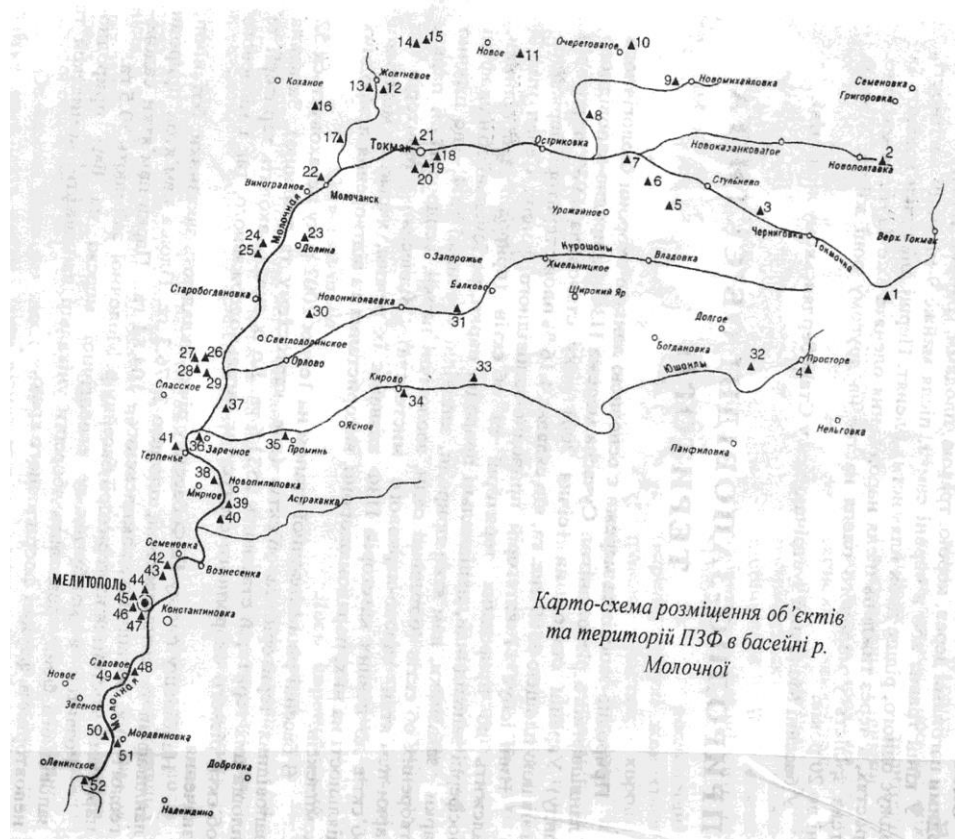


Рисунок 1.1 – Басейн річки Молочна [12]

Молочна (Молочні води, Токмак, Токмачка) має протяжність 197 км, за площею водозбору – 3450 км², належить до середніх річок, а її притоки, згідно з класифікацією є малими річками. Площа їх водозбору не перевищує 2000 км². Впадає річка у Молочний лиман. На півночі та заході басейн межує з безстічним басейном межиріччя Дніпро-Молочна, на сході з басейнами

невеликих річок, що впадають в Азовське море (Корсак, Лозоватка, Обитічна) [14, 19].

Свій витік річка бере з джерел, що пробиваються з кристалічних порід Токмак-Могили (Синьої гори), абсолютна висота якої над рівнем моря становить 307 м. Синя Гора складається з виходів давніх гранітів та стійких метаморфічних порід, які є найдавнішими геологічними утвореннями регіону. Вони широко представлені у вигляді останців – острівних піднять, що лишилися після розмиву.

Південні та північні схили Приазовської височини, до якої належить басейн річки Молочної, досить глибоко прорізані річковими долинами. В руслах таких річок спостерігаються пороги і стрімкі водоспади, а їхні береги зазвичай круті та високі. Така ж картина спостерігається і у верхів'ях Молочної.

Найбільш характерними для північно-західного Приазов'я є так звані флювіальні форми рельєфу, що утворились внаслідок впливу постійних та тимчасових водних потоків: річкові долини, яри, балки. На схилах берегів Молочної спостерігаються сліди обвалів та зсувів. Подекуди уздовж річки зустрічаються поди – замкнені пониззя, діаметр яких в середньому становить декілька сот метрів, а глибина досягає 10-20 м.

Річка впродовж свого існування утворила три тераси: заплавну, середню та верхню. Інколи заплавну терасу прорізають стариці – так називають водойми в заплаві річок, що відокремилися від основного русла (влітку вода в них часто пересихає і залишається лише деінде в пониззях).

В районі с. Терпіння над поверхнею заплавної тераси здіймається пагорб заввишки до 8 м, складений з величезних брил середньосарматського піщаника. Археологи засвідчили в кам'яних нагромадженнях сліди перебування первісних людей. В печерах збереглися наскельні малюнки з зображенням тварин та побутових сцен, а також примітивні знаряддя праці. Зараз «Кам'яна Могила» – унікальний археологічний заповідник світового значення.

Наявність сьогоденішнього лиману річки Молочної на місці колишньої дельти, є доказом проявів подальших тектонічних зсувів на території континенту. Така картина є характерною і для більшості гирлових ділянок річок Чорного та Азовського морів [12].

1.2 Кліматична характеристика

Клімат регіону помірно континентальний з м'якою зимою та сухим спекотним літом. Показники річної випаровуваності значно перевищують відповідні кількісні показники опадів, тобто місцевість належить до регіонів недостатнього зволоження. Взимку домінують арктичні повітряні маси, що несуть з півночі та північного сходу холод. З травня до вересня дують сухі південні вітри, що несуть суху спекотну погоду. Найбільш низька температура повітря в північно-західному Приазов'ї становила $-33,1^{\circ}\text{C}$. Амплітуда річних коливань температур досягає $72,4^{\circ}\text{C}$.

Пануючими вітрами взимку є східні та північно-східні. Ці ж вітри спостерігаються і навесні, однак в цю пору частішають і південно-західні вітри, що несуть опади у вигляді дощів. Восени переважають східні та північно-східні вітри [9, 12].

1.3 Ґрунтовий покрив

Ґрунтовий покрив річки Молочної достатньо різноманітний і неоднорідний. Для рівнинних плато місцевості характерні 4 різні горизонти лесових ґрунтів.

Нижній горизонт дуже щільний, глинистий, червоно-бурого кольору, другий – коричнево-бурий, важко суглинний. Терасові леси, до яких належать два останні горизонти, відрізняються більш легким механічним

складом та меншою потужністю.

Характерна особливість місцевих лесів – засоленість розчинними у воді солями, а також гіпсами й карбонатами магнію та кальцію.

Північно-східна частина території зайнята мало гумусними чорноземами потужністю в 80-100 см. Південніше залягає малопотужний профіль з невисоким вмістом гумусу – так звані південні чорноземи, що утворювались в умовах посушливих степів з типчаково-ковиловою рослинністю. Темно-каштанові ґрунти залягають ще південніше, де характерним є більш рівнинний рельєф.

Каштанові ґрунти невеликими масивами з'являються ближче до північного сходу від Молочного лиману. Але без зрошення культура сільськогосподарських рослин на цих ґрунтах неможлива.

Типове явище для басейну Молочної – солончакові ґрунти. Солонці характеризуються наявністю у гумусовому горизонті обмінного натрію. Це зумовлює в'язкість та набрякання таких ґрунтів під час зволоження та затвердіння при висиханні. Вони не утворюють суцільного покриву, а зазвичай залягають в комплексі з каштановими ґрунтами.

Процес ґрунтоутворення в подах відбувається в умовах періодично виникаючої перенасиченості ґрунтів вологою за рахунок вод поверхневого стоку. В певні роки поди через талі води перетворюються на озера, які іноді не висихають впродовж 2-3 місяців. Такі випадки повторюються через кожні 10-15 років. Солонці найчастіше зустрічаються на південних схилах подів.

Для регіону характерна і вітрова ерозія ґрунтів, яка зумовлює хвилястість рельєфу, спрямовану впоперек схилів. В цих районах часто трапляються пилові бурі. Їх шкідливий вплив намагаються зменшити вітрозахисними лісосмугами [8, 12].

1.4 Гідрологічний режим

Гідрологічний режим річки Молочної характеризується яскраво вираженим водопіллям та низькою літньо-осінньо-зимовою меженню, яка часто переривається дощовими паводками. Взимку рівень води в річці може дещо підвищуватись завдяки відлигам.

Річка живиться талими та дощовими водами в залежності від пори року. Стік весняного водопілля у багатоводні роки становить близько 60-70% річного стоку, в середньо та маловодні роки – знижується до 40-50 %. Рівні підйому води під час повеней досягають 2-4 м.

Географічне розташування регіону обумовлює недостатність вологи для збереження усталеного рівня води в річці. Так з основних показників водного балансу виходить, що у басейн Приазов'я стікають лише 8% опадів, решта – випаровується.

Температурний режим та хімічний склад вод річки Молочної, як і більшості річок регіону, змінюється під впливом господарської діяльності людини – скиданням у неї промислових та побутових стоків. Річка надмірно зарегульована греблями, що впливає на швидкість течії, на глибину. Крижаний покрив залежить від особливостей гідрографічної мережі, ґрунтових вод. Середня тривалість льодоставу дорівнює 80-90 днів. В теплі зими крига тримається лише декілька днів.

Інтенсивний підйом рівня води починається наприкінці другої-третьої декад лютого. Середня його інтенсивність зростає від 3 до 50 см за добу. Так, в районі м. Токмака на річці Молочній в період великої повені 1953 року середня інтенсивність становила 6 см/д, найбільша досягла 55 см/д. В період низької повені рівень піднімався на 7 см за добу, тоді як найбільший дорівнював лише 20 см/д.

На зміну рівня води в річках з незначною течією впливає і водна рослинність – з кінця липня до вересня. При падінні температури до 4°C цей фактор стає мінімальним.

Межень спостерігається в періоди, коли живлення річки здійснюється здебільшого за рахунок припливу підземних вод. Розміри меженного стоку обумовлюють гідрогеологічні фактори. На формування меженного стоку впливає інтенсивність обміну поверхневих та підземних вод.

Вплив гідрогеологічних умов на гідрологічний режим річки відбувається на фоні впливу загальних фізико-географічних факторів: клімату, рельєфу, характеру ґрунтів, заболоченості, озерності та інших змін у звичайному режимі річки а також тих, що відбуваються внаслідок господарської діяльності людини.

Річки Приазов'я розташовані в зоні недостатньої природної зволоженості, талих вод тут відносно мало, а дощі випадають рідко. На формування поверхневого стоку залишається лише близько 21 мм. А підземного – 2 мм, внаслідок чого річки тут часто і на тривалий період пересихають. Можливі випадки поглинання поверхневих (річкових вод) алювіальними відкладами, а потім їх надходження до підземних водоносних горизонтів. Таке, між іншим, відбувається і з Молочною на ділянці нижче м. Молочанська і аж до свого впадіння в лиман [12].

1.5 Гідробіологічна характеристика

Всі риби, які мешкають в річці Молочна, належать до чотирьох екологічних груп: прісноводні (ті, які постійно мешкають та розмножуються в прісних водоймах), прохідні (ті, що мешкають в морях або устях річок, а для розмноження заходять у річки), напівпровідні (ті, що можуть мешкати як в прісних, так і в морських водоймах, але для розмноження використовують лише прісні акваторії), морські (ті, що постійно мешкають та розмножуються в морських водоймах, але тимчасово відмічаються у річках). Основна маса іхтіофауни річки Молочної належить до прісноводної екологічної групи – близько половини видів.

В 1965 році в річці Молочній науковцями було відмічено 22 види риб, які постійно чи періодично перебували в ній. Домінуючими видами середньої течії р. Молочної були піскар звичайний, вівсянка, карась золотий та сріблястий, триголкова колючка, бичок пісочник. Рідкими видами середньої течії річки були лящ, карась сріблястий, короп, окунь, нижньої – сулак та атерина, бичок ширман та бичок кавказький.

Сучасна рибна фауна р. Молочної складається з 21 виду (щука звичайна, карась сріблястий, карась золотий, короп звичайний, верховодка, гірчак, плітка, краснопірка, атеринка, трихголкова колючка і тд.). Слід відзначити значну чисельність краснопірки та окуня звичайного в середній частині річки, бичків пісочника, лисуна і кругляка – в нижній. Інколи в середній акваторії зустрічається: щука, майже всі види бичків, атерина, колючка триголкова. В нижній частині кількість видів різко збільшилася, але разом з тим зменшилася чисельність прісноводних риб. Це спричинено значним впливом Молочного лиману на гирлову частину р. Молочної. В цілому, порівнюючи видовий склад риб з історичними даними, слід відзначити деякі зміни як в кількісному, так і в якісному складі риб р. Молочної. Звертає на себе увагу той факт, що кількість промислових та цінних видів риб таких як судак, щука та інших значно зменшилася [12, 15].

1.6 Природно-заповідні об'єкти та території

Природно-заповідна мережа є основною ланкою охорони біологічного та ландшафтного різноманіття. Сучасна мережа ПЗФ (природно-заповідного фонду) України станом на 1 січня 2001 року становила 6939 території загальною площею 2509 тис. га, що становить 4,16% площі території держави.

Нині існує 11 категорій природно-заповідного фонду. Серед них 7 належить до природних територій та об'єктів (природні заповідники,

біосферні заповідники, національні природні парки, регіональні ландшафтні парки, заказники, пам'ятки природи, заповідні урочища) та 4 – до штучного створених об'єктів (ботанічні сади, зоологічні парки, дендрологічні парки, парки – пам'ятки садово-паркового мистецтва). Віднесення території та об'єктів до певних категорій ПЗФ визначає їх режим, характер можливої діяльності на них, порядок охорони, використання та відтворення природних комплексів.

В басейні річки Молочної станом на 1 січня 2002 року нараховується 52 заповідних територій та об'єктів. Загальна площа цих територій становить 2531,6 га. До їх складу входять території та об'єкти різного охоронного статусу як загальнодержавного, так і місцевого значення.

Найбільшу площу ПЗФ басейну річки складають заказники: ботанічні, ландшафтні та ентомологічні, площею 2376,3 га. Площа пам'яток природи геологічних, ботанічних, комплексних – 104,84 га. Парки – пам'ятки садово-паркового мистецтва на території басейну р. Молочної займають 50,5 га.

Розвиток в майбутньому екологічної мережі на базі природно-заповідного фонду дозволить зберегти унікальні ландшафтні комплекси та неповторність фауни і флори краю [12].

2 ГІДРОХІМІЧНИЙ РЕЖИМ р. МОЛОЧНА

2.1 Режим головних іонів та мінералізації води

Гідрокарбонатні іони (HCO_3^-) є найважливішою частиною хімічного складу річкових вод, оскільки основний внесок в іонний склад річкових вод території України належить гідрокарбонатам кальцію і магнію [2, 17].

У воді річки Молочна у пункті м. Токмак (1 км вище міста) під час весняного сезону, середня концентрація HCO_3^- становить 323,07 мг/дм³ (табл. 2.1), коливаючись у межах від 291,76 мг/дм³ до 354,38 мг/дм³. Концентрація HCO_3^- у воді річки Молочна м. Токмак (в межах міста) є найнижчою, становить 305,45 мг/дм³ і коливається від 291,76 мг/дм³ до 322,61 мг/дм³.

Таблиця 2.1 – Середні, мінімальні та максимальні концентрації головних іонів і величини мінералізації води в пунктах гіdroхімічного моніторингу басейну р. Молочна за період 1999-2011 рр.

Пункт (створ)	HCO_3^- , мг/дм ³	SO_4^{2-} , мг/дм ³	Cl^- , мг/дм ³	Ca^{2+} , мг/дм ³	Mg^{2+} , мг/дм ³	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$, мг/дм ³	Σ_i , мг/дм ³
1	2	3	4	5	6	7	8
Зимовий сезон							
м. Токмак (1 км вище)	336	-	628	290	129	-	-
	336-336	-	628-628	290-290	129-129	-	-
м. Токмак (в межах)	372	-	589	310	122	-	-
	372-372	-	589-589	310-310	122-122	-	-
м. Токмак (1 км нижче)	415	-	600	302	134	-	-
	415-415	-	600-600	302-302	134-134	-	-
м. Мелі- тополь (1,5 км вище)	366	-	548	317	89,9	-	-
	366-366	-	548-548	317-317	89,9-89,9	-	-
м. Мелі- тополь (0,5 км нижче)	384	-	536	348	81,1	-	-
	384-384	-	536-536	348-348	81,1	-	-

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8
Весняний сезон							
м. Токмак (1 км вище)	323 292-354	398 328-469	411 349-472	247 205-289	86,0 62,6-109	162 115-208	1622 1455-1790
м. Токмак (в межах)	305 288-323	512 410-614	458 406-510	286 253-319	94,6 76,9-112	163 93,7-231	1822 1632-2012
м. Токмак (1 км нижче)	306 286-325	512 413-612	462 415-510	297 259-336	83,5 62,7-104	175 109-241	1897 1799-1995
м. Мелі- тополь (1,5 км вище)	317 297-339	531 425-638	583 543-425	313 260-367	115 85,8-138	182 86,2-278	1996 1793-2199
м. Мелі- тополь (0,5 км нижче)	325 296-335	542 444-639	558 527-604	324 281-338	110 89,5-130	163 102-231	1939 1761-2117
Літній сезон							
м. Токмак (1 км вище)	362 362-362	269 269-269	87 87-87	244 244-244	54,5 54,5-54,5	337 337-337	1335 1335-1335
м. Токмак (в межах)	574 574-574	262 262-262	253 253-253	275 275-275	84,2 84,2-84,2	445 445-445	1811 1811-1811
м. Токмак (1 км нижче)	548 548-548	256 256-256	228 228	229 229-229	71,3 71,3-71,3	399 399-399	1729 1729-1729
м. Мелі- тополь (1,5 км вище)	602 602-602	271 271-271	188 188-188	276 276-276	88,6 88,6-88,6	460 460-460	1894 1894-1894
м. Мелі- тополь (0,5 км нижче)	596 596-596	277 277-277	256 256-256	232 232-232	99,4 99,4-99,4	516 516-516	1836 1836-1836
Осінній сезон							
м. Токмак (1 км вище)	327 319-334	310 307-313	96,1 89,4-103	209 202-216	96,2 93,8-98,5	377 374-380	1429 1417-1442
м. Токмак (в межах)	558 553-564	301 294-309	201 197-206	292 287-297	74,9 77,2-77,7	442 439-446	1832,68 1822-1843
м. Токмак (1 км нижче)	564 557-571	280 275-285	181 177-186	311 304-319	73,4 71,9-74,8	448 443-452	1823 1812-1835
м. Мелі- тополь (1,5 км вище)	535 526-543	269 268-270	199 197-202	285 276-294	88,1 84,5-91,7	498 495-502	1878 1842-1865
м. Мелі- тополь (0,5 км нижче)	528,2773 520-536	312,75 305-313	257,2682 253-262	263,6333 256-271	89,50833 87,0-91,9	520,1792 515-525	1793 1783-1803

У воді річки Молочна у пункті м. Токмак (1 км нижче міста) під час весняної пори, середня концентрація HCO_3^- становить 305,6 мг/дм³, змінюючись у межах від 285,7 мг/дм³ до 325,5 мг/дм³.

Концентрація HCO_3^- у воді річки Молочна в м. Мелітополь (1,5 км вище міста) є вищою і становить $317,53 \text{ мг/дм}^3$, коливається в межах від $295,65 \text{ мг/дм}^3$ до $339,38 \text{ мг/дм}^3$. На посту м. Мелітополь (0,5 км нижче міста) середня концентрація становить $324,7 \text{ мг/дм}^3$, змінюючись у межах $285,92 \text{ мг/дм}^3$ до $335,23 \text{ мг/дм}^3$.

У воді річки Молочна в м. Токмак (1 км вище міста) під час осіннього сезону, середня концентрація HCO_3^- становить $326,6 \text{ мг/дм}^3$ (табл. 2.1), коливаючись у межах від $318,88 \text{ мг/дм}^3$ до $334,34 \text{ мг/дм}^3$. Концентрація HCO_3^- у воді річки Молочна м. Токмак (в межах міста) є найвищою, становить $558,4 \text{ мг/дм}^3$ і коливається від 533 мг/дм^3 до $563,9 \text{ мг/дм}^3$.

У воді річки Молочна в м. Токмак (1 км нижче міста) під час осіннього сезону, середня концентрація HCO_3^- становить $563,9 \text{ мг/дм}^3$, змінюючись у межах від $556,9 \text{ мг/дм}^3$ до $570,9 \text{ мг/дм}^3$.

Концентрація HCO_3^- у воді річки Молочна в м. Мелітополь (1,5 км вище міста) є найвищою і становить $534,5 \text{ мг/дм}^3$, коливається в межах від $525,8 \text{ мг/дм}^3$ до $543,3 \text{ мг/дм}^3$. На посту м. Мелітополь (0,5 км нижче міста) середня концентрація становить $528,2 \text{ мг/дм}^3$, змінюючись у межах $520,4 \text{ мг/дм}^3$ до $536,1 \text{ мг/дм}^3$.

Сульфатні іони (SO_4^{2-}) у прісних водах посідають серед аніонів другу позицію після гідрокарбонатних іонів. На їх формування поряд із природними чинниками певною мірою впливають антропогенні фактори, особливо скид господарсько-побутових та промислових стічних вод [17].

Навесні середня концентрація сульфатних іонів у воді р. Молочна в пункті м. Токмак (1 км вище міста) становить $398,2 \text{ мг/дм}^3$ (табл. 2.1), змінюючись у межах від $327,7 \text{ мг/дм}^3$ до $468,63 \text{ мг/дм}^3$. На посту м. Токмак (в межах міста) середня концентрація SO_4^{2-} є найбільшою і становить $511,7 \text{ мг/дм}^3$ змінюється від $409,8 \text{ мг/дм}^3$ до $613,7 \text{ мг/дм}^3$.

У воді річки Молочної в м. Токмак (1 км нижче міста) середня концентрація сульфатних іонів під час весняного сезону становить $512,1 \text{ мг/дм}^3$ змінюючись у межах від $412,7 \text{ мг/дм}^3$ до $611,6 \text{ мг/дм}^3$. На посту

м. Мелітополь (1,5 км вище міста) річки Молочної, концентрація SO_4^{2-} є найбільшою і становить $531,4 \text{ мг/дм}^3$ і змінюється від $412,7 \text{ мг/дм}^3$ до $637,6 \text{ мг/дм}^3$.

У воді річки Молочної в м. Мелітополь (0,5 км нижче міста) середня концентрація сульфатних іонів під час весняного сезону становить $541,7 \text{ мг/дм}^3$, змінюючись у межах від $444,1 \text{ мг/дм}^3$ до $639,3 \text{ мг/дм}^3$.

Восени середня концентрація сульфатних іонів у воді р. Молочна м. Токмак (1 км вище міста) становить $310,2 \text{ дм}^3$ (табл. 2.1), змінюючись у межах від $307,4 \text{ мг/дм}^3$ до $313,0 \text{ мг/дм}^3$. На посту м. Токмак (в межах міста) середня концентрація SO_4^{2-} є найбільшою і становить $301,5 \text{ мг/дм}^3$ змінюється від $293,8 \text{ мг/дм}^3$ до $309,2 \text{ мг/дм}^3$.

У воді річки Молочної в м. Токмак (1 км нижче міста) середня концентрація сульфатних іонів під час осіннього сезону становить $280,45 \text{ мг/дм}^3$ змінюючись у межах від $275,3 \text{ мг/дм}^3$ до $285,5 \text{ мг/дм}^3$. На посту м. Мелітополь (1,5 км вище міста) річки Молочної, концентрація SO_4^{2-} є найбільшою і становить $269,4$ і змінюється в межах від $268,3 \text{ мг/дм}^3$ до $270,4 \text{ мг/дм}^3$.

У воді річки Молочної в м. Мелітополь (0,5 км нижче міста) середня концентрація сульфатних іонів під час осіннього сезону становить $312,75 \text{ мг/дм}^3$, змінюючись у межах від $305,1 \text{ мг/дм}^3$ до $312,7 \text{ мг/дм}^3$.

Хлоридні іони (Cl^-) не утворюють важкорозчинних мінералів і не накопичуються біогенних шляхом, оскільки вони мають високу міграційну здатність. Розчинність хлоридних солей натрію, магнію і кальцію є дуже високою, внаслідок чого хлоридні іони без перешкод мігрують з водами.

Основними джерелами надходження хлоридних іонів у природні води є: хлористі мінерали (галіт NaCl , сильвін KCl тощо) з гірських порід, ґрунтів; атмосферні опади; промислові та господарсько-побутові стічні води [17].

Під час весняного сезону концентрація хлоридних іонів у воді річки Молочна в пункті м. Токмак (1 км вище міста) становить $410,64 \text{ мг/дм}^3$ (табл. 2.1) змінюючись у межах від $349,0 \text{ мг/дм}^3$ до $472,2 \text{ мг/дм}^3$. У пункті

м. Токмак (в межах міста) вода річки Молочної, середня концентрація Cl^- є найбільшою і становить $457,9 \text{ мг/дм}^3$, змінюється від $405,8 \text{ мг/дм}^3$ по $509,9 \text{ мг/дм}^3$.

У воді річки Молочної м. Токмак (1 км нижче міста) середня концентрація хлоридних іонів під час весняної пори становить $462,2 \text{ мг/дм}^3$, змінюючись у межах від $414,6 \text{ мг/дм}^3$ до $509,8 \text{ мг/дм}^3$. У воді річки Молочної м. Мелітополь (1,5 км вище міста) концентрація Cl^- є найбільшою і становить 583 мг/дм^3 , змінюється від $543,5 \text{ мг/дм}^3$ до $425,1 \text{ мг/дм}^3$.

Під час весняного сезону середня концентрація хлоридних іонів у воді річки Молочної в м. Мелітополь (1 км нижче міста) становить $558,0 \text{ мг/дм}^3$, змінюючись у межах від $557,5 \text{ мг/дм}^3$ до $604,1 \text{ мг/дм}^3$.

Під час осіннього сезону концентрація хлоридних іонів у воді річки Молочна м. Токмак (1 км вище міста) становить $96,1 \text{ мг/дм}^3$ (табл. 2.1) змінюючись у межах від $89,4 \text{ мг/дм}^3$ до $103,0 \text{ мг/дм}^3$. У пункті м. Токмак (в межах міста) вода річки Молочної, середня концентрація Cl^- є найбільшою і становить $201,5 \text{ мг/дм}^3$, змінюється від $197,3 \text{ мг/дм}^3$ до $205,7 \text{ мг/дм}^3$.

У воді річки Молочної м. Токмак (1 км нижче міста) середня концентрація хлоридних іонів під час осіннього періоду становить $181,3 \text{ мг/дм}^3$, змінюючись у межах від $176,7 \text{ мг/дм}^3$ до $185,8 \text{ мг/дм}^3$. У воді річки Молочної в м. Мелітополь (1,5 км вище міста) концентрація Cl^- є найбільшою і становить $199,52 \text{ мг/дм}^3$, змінюється від $197,2 \text{ мг/дм}^3$ до $201,8 \text{ мг/дм}^3$.

Під час осіннього сезону середня концентрація хлоридних іонів у воді річки Молочної м. Мелітополь (1 км нижче міста) становить $257,3 \text{ мг/дм}^3$, змінюючись у межах від $252,6 \text{ мг/дм}^3$ до $261,9 \text{ мг/дм}^3$.

Іони кальцію (Ca^{2+}) беруть активну участь у біологічних процесах, після відмирання організмів кальцій швидко переходить у мінеральну форму і надходить у ґрунт [17].

Під час весняної повені концентрація іонів кальцію у воді річки Молочної м. Токмак (1 км вище міста) становить $246,6 \text{ мг/дм}^3$, змінюючись у

межах від 204,7 мг/дм³ до 288,56 мг/дм³. У воді поста м. Токмак (в межах міста) річки Молочної, середня концентрація Ca²⁺ є найбільшою і становить 285,9 мг/дм³, змінюється від 252,86 мг/дм³ до 318,94 мг/дм³.

У воді річки Молочної м. Токмак (1 км нижче міста) середня концентрація іонів кальцію під час весняного сезону становить 297,4 мг/дм³, змінюючись у межах 258,8 мг/дм³ до 316,4 мг/дм³. На посту м. Мелітополь (1,5 км вище міста) річки Молочної, середня концентрація Ca²⁺ є найбільшою і становить 313,3 мг/дм³, змінюється від 259,7 мг/дм³ до 367,0 мг/дм³.

Середня концентрація іонів кальцію у воді річки Молочної в м. Мелітополь (1 км нижче міста) під час весняної пори становить 324,12 мг/дм³, змінюючись у межах від 281,25 мг/дм³ до 337,21 мг/дм³.

Під час осіннього сезону концентрація іонів кальцію у воді річки Молочної м. Токмак (1 км вище міста) становить 209,4 мг/дм³, змінюючись у межах від 202,4 мг/дм³ до 216,4 мг/дм³. У воді поста м. Токмак (в межах міста) річки Молочної, середня концентрація Ca²⁺ є найбільшою і становить 292,1 мг/дм³, змінюється від 286,7 мг/дм³ до 397,3 мг/дм³.

У воді річки Молочної м. Токмак (1 км нижче міста) середня концентрація іонів кальцію під час весняного сезону становить 311,4 мг/дм³, змінюючись у межах 303,6 мг/дм³ до 319,1 мг/дм³. На посту м. Мелітополь (1,5 км вище міста) річки Молочної, середня концентрація Ca²⁺ є найбільшою і становить 285,2 мг/дм³, змінюється від 276,3 мг/дм³ до 294,0 мг/дм³.

Середня концентрація іонів кальцію у воді річки Молочної м. Мелітополь (1 км нижче міста) під час весняної пори становить 263,6 мг/дм³, змінюючись у межах від 256,5 мг/дм³ до 270,7 мг/дм³.

Вміст іонів магнію (Mg²⁺) у річкових водах у цілому значно менший, ніж кальцію. Під час весняного сезону середня концентрація іонів магнію у воді річки Молочної в м. Токмак (1 км вище міста) становить 86 мг/дм³, змінюючись у межах від 62,9 мг/дм³ до 109,4 мг/дм³. У воді поста Токмак (в межах міста) середня концентрація Mg²⁺ є дещо вищою і становить 94,6 мг/дм³, змінюється від 76,9 мг/дм³ до 112,3 мг/дм³.

У воді річки Молочної на посту м. Токмак (1 км нижче міста) середня концентрація іонів магнію, під час весняного сезону, становить 83,5 мг/дм³, змінюючись у межах від 62,7 мг/дм³ до 104,4 мг/дм³. У воді річки Молочної в м. Мелітополь (1,5 км вище міста), середня концентрація Mg^{2+} є найбільшою і становить 137,8 мг/дм³, змінюється від 85,8 мг/дм³ до 115,3 мг/дм³.

Середня концентрація іонів магнію у воді річки Молочної в м. Мелітополь (1 км нижче міста) під час весняного сезону становить 109,8 мг/дм³, при коливаннях від 84,5 мг/дм³ до 130,2 мг/дм³.

Під час осіннього сезону середня концентрація іонів магнію у воді річки Молочної в м. Токмак (1 км вище міста) становить 96,2 мг/дм³, змінюючись у межах від 93,8 мг/дм³ до 98,5 мг/дм³. У воді поста Токмак (в межах міста) середня концентрація Mg^{2+} є найменшою і становить 74,9 мг/дм³, змінюється від 77,2 мг/дм³ до 77,7 мг/дм³.

У воді річки Молочної на посту м. Токмак (1 км нижче міста) середня концентрація іонів магнію, під час осіннього сезону, становить 73,4 мг/дм³, змінюючись у межах від 71,9 мг/дм³ до 74,8 мг/дм³. У воді річки Молочної в м. Мелітополь (1,5 км вище міста), середня концентрація Mg^{2+} є найбільша і становить 88,1 мг/дм³, змінюється від 84,5 мг/дм³ до 91,7 мг/дм³.

Середня концентрація іонів магнію у воді річки Молочної в м. Мелітополь (1 км нижче міста) під час осіннього сезону становить 89,5 мг/дм³, при коливаннях від 87,0 мг/дм³ до 91,9 мг/дм³.

Основним джерелом надходження *іонів натрію та калію* ($Na^{+}+K^{+}$) у поверхневі води суші є вивержені та осадові гірські породи, а також самородні розчинні хлористі, сірчаноокислі й вуглекислі солі натрію. Велике значення мають також біологічні процеси, які відбуваються на водозборі, у разі яких утворюються розчинні сполуки натрію та калію. Окрім того, натрій та калій надходить в природні води з господарсько-побутовими та промисловими стічними водами та з водами, які скидаються зі зрошуваних полів [17].

Під час весняного сезону середня концентрація іонів натрію у воді річки

Молочної в м. Токмак (1 км вище міста) становить 161 мг/дм^3 (табл. 2.1), змінюючись у межах від $115,0 \text{ мг/дм}^3$ до $208,2 \text{ мг/дм}^3$. У воді поста м. Токмак (в межах міста), середня концентрація Na^+ є дещо більшою і становить $162,61 \text{ мг/дм}^3$, змінюється від $93,69 \text{ мг/дм}^3$ до $231,33 \text{ мг/дм}^3$.

У воді річки Молочної в м. Токмак (1 км нижче міста) середня концентрація іонів натрію під час весняного сезону становить $175,1 \text{ мг/дм}^3$, змінюючись у межах від $108,9 \text{ мг/дм}^3$ до $241,3 \text{ мг/дм}^3$. У воді річки Молочної на посту м. Мелітополь (1,5 км вище міста), середня концентрація Na^+ у воді становить $181,9 \text{ мг/дм}^3$, змінюючись у межах від $86,2 \text{ мг/дм}^3$ до $277,6 \text{ мг/дм}^3$.

Під час весняного сезону, середня концентрація іонів натрію у воді річки Молочної в м. Мелітополь (1 км нижче міста) становить $163,2 \text{ мг/дм}^3$, при коливаннях від $101,7 \text{ мг/дм}^3$ до $231,11 \text{ мг/дм}^3$.

Під час весняного сезону середня концентрація іонів натрію у воді річки Молочної в м. Токмак (1 км вище міста) становить $376,8 \text{ мг/дм}^3$ (табл. 2.1), змінюючись у межах від $373,8 \text{ мг/дм}^3$ до $379,8 \text{ мг/дм}^3$. У воді поста м. Токмак (в межах міста), середня концентрація Na^+ є дещо більшою і становить $442,3 \text{ мг/дм}^3$, змінюється від $438,7 \text{ мг/дм}^3$ до $445,8 \text{ мг/дм}^3$.

У воді річки Молочної в м. Токмак (1 км нижче міста) середня концентрація іонів натрію під час весняного сезону становить $447,8 \text{ мг/дм}^3$, змінюючись у межах від $443,1 \text{ мг/дм}^3$ до $452,3 \text{ мг/дм}^3$. У воді річки Молочної на посту м. Мелітополь (1,5 км вище міста), середня концентрація Na^+ у воді становить $498,4 \text{ мг/дм}^3$, змінюючись у межах від $495,0 \text{ мг/дм}^3$ до $501,8 \text{ мг/дм}^3$.

Під час весняного сезону, середня концентрація іонів натрію у воді річки Молочної в м. Мелітополь (1 км нижче міста) становить $520,1 \text{ мг/дм}^3$, при коливаннях від $515,1 \text{ мг/дм}^3$ до $525,2 \text{ мг/дм}^3$.

Мінералізація води (Σ_i). Під час весняного сезону середнє значення величини мінералізації у воді річки Молочна в м. Токмак (1 км вище міста) становить 1622 мг/дм^3 , змінюючись у межах від 1455 мг/дм^3 до 1790 мг/дм^3 . У воді річки Молочної в м. Токмак (в межах міста), середнє значення величини мінералізації є найбільшим і становить 1822 мг/дм^3 , змінюючись

від 1632 мг/дм³ до 2012 мг/дм³ (табл. 2.1).

У воді річки Молочної в м. Токмак (1 км нижче міста), середнє значення величини мінералізації під час весняного сезону становить 1897 мг/дм³, змінюючись у межах від 1799 мг/дм³ до 1995 мг/дм³. У воді річки Молочної в м. Мелітополь (1,5 км вище міста), середнє значення величини мінералізації є найбільшим і становить 1996 мг/дм³, змінюючись у межах від 1793 мг/дм³ до 2199 мг/дм³.

Під час весняного сезону середнє значення величини мінералізації води річки Молочна в пункті міста Мелітополь (1 км нижче міста) і становить 1939 мг/дм³, змінюючись у межах від 1760 мг/дм³ до 2117 мг/дм³.

Під час осіннього сезону середнє значення величини мінералізації у воді річки Молочна в м. Токмак (1 км вище міста) становить 1429 мг/дм³, змінюючись у межах від 1417 мг/дм³ до 1442 мг/дм³. У воді річки Молочної в м. Токмак (в межах міста), середнє значення величини мінералізації є найбільшим і становить 1833 мг/дм³, змінюючись від 1843 мг/дм³ до 1843,09 мг/дм³ (табл. 2.1).

У воді річки Молочної в м. Токмак (1 км нижче міста), середнє значення величини мінералізації під час весняного сезону становить 1823 мг/дм³, змінюючись у межах від 1812 мг/дм³ до 1835 мг/дм³. У воді річки Молочної в м. Мелітополь (1,5 км вище міста), середнє значення величини мінералізації є найбільшим і становить 1878 мг/дм³, змінюючись у межах від 1842 мг/дм³ до 1865 мг/дм³.

Під час весняного сезону середнє значення величини мінералізації води річки Молочна в пункті міста Мелітополь (1 км нижче міста) становить 1793 мг/дм³, змінюючись у межах від 1783 мг/дм³ до 1803 мг/дм³.

2.1.1 Хімічний склад природних вод

Для узагальнення хімічного складу вод річки Молочної за період 1999-2011 рр. в дипломному проєкті було складено табл. 2.2, в якій вміщено

осереднені за багаторічний період відомості про концентрації хімічних речовин у трьох формах: у міліграмах на 1 дм³; у мілімолях кількості речовини еквівалента на 1 дм³ і відсотках кількості речовини еквівалента.

Для переходу від масової до молярної концентрації еквівалентів числове значення маси було поділено на числове значення молярної маси еквівалента ($\text{Cl}^- = 35,433$; $\text{SO}_4^{2-} = 48,0644$; $\text{HCO}_3^- = 61,018$; $\text{Mg}^{2+} = 24,305$; $\text{Ca}^{2+} = 40,078$).

Еквівалентна форма вираження концентрації є дуже важливою, оскільки в еквівалентній формі всі речовини описуються у тих рівноцінних одиницях, пропорційно до яких вони вступають у реакцію і зв'язані в солях, перебуваючи у твердому стані. При порівнянні складу природних вод необхідно знати й співвідношення між іонами [18]. Для цього використовується відносний вміст кількості речовини еквівалента (КРЕ) від загальної суми іонів у воді. При цьому суми аніонів (а) і катіонів (к) в еквівалентній формі рівні між собою і беруться за 100%. Звідси відносний вміст будь-якого з іонів визначається за виразом

$$\text{КРЕ}_a = i - 100 / \sum a ; \quad (2.1)$$

$$\text{КРЕ}_k = i \cdot 100 / \sum k ; \quad (2.2)$$

де i – вміст іона у ммоль/дм³.

Еквівалентна форма дає змогу розрахувати кількість деяких головних іонів без аналітичного визначення. Зокрема, суму еквівалентів ($\text{Na}^+ + \text{K}^+$) можна визначити за різницею еквівалентів аніонів і катіонів: $\text{Na}^+ + \text{K}^+ = (\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^-) - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$. Точність хімічного аналізу води не перевищує 1%, тому досить обмежуватися трьома значущими цифрами.

Відповідно до [18] в табл. 2.2 було внесено також суму іонів, яка характеризує мінералізацію води. Іони розташовані у такому порядку: Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-} , K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} згідно до їх активності, окрім Ca^{2+} ,

який є активнішим за Mg^{2+} .

В дипломному проекті було складено формулу Курлова для опису хімічного складу вод р. Молочна (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Опис осереднених за період 1999-2011 рр. даних про хімічний склад вод р. Молочна у різних формах з виведенням формули Курлова

Іон	Вміст, мг/дм ³	Кількість речовини еквівалента	
		мг-екв/дм ³	%-екв
Аніони			
Cl ⁻	472	13,3	46
SO ₄ ²⁻	503	10,5	37
HCO ₃ ⁻	302	4,95	17
Σ _a	1277	28,7	100
Катіони			
Na ⁺ +K ⁺	179	7,47	26
Mg ²⁺	87,9	7,23	25
Ca ²⁺	280	14,0	49
Σ _к	547	28,7	100
Σ _i	1824		
Формула Курлова	M _{1,82} $\frac{Cl_{46}SO_437HCO_317}{Ca_{49}(Na + K)26Mg_{25}}$		

Для наочного зображення даних про хімічний склад річкових вод використовується формула Курлова, яка використовується для систематизації даних прісних вод [7, 18]. Записується у вигляді псевдодробу, в чисельнику якого зліва праворуч розташовуються аніони (у відсотках кількості речовини еквівалента) за їх зменшенням. У знаменнику аналогічно записуються катіони. Значення у відсотках щодо катіонів і аніонів округляються до цілих чисел. Ліворуч від дробу наводиться загальна мінералізація води у грамах на 1 дм³. У формулу Курлова головні іони виписуються починаючи з 25%-екв для прісних вод.

Відповідно до складеної формули, склад води річки Молочної, є

хлоридно-сульфатним кальцієво-натрієвим з мінералізацією $1,82 \text{ г/дм}^3$ (1824 мг/дм^3).

Для графічного зображення хімічного складу вод р. Молочна за багаторічний період було побудовано діаграму-розу (рис. 2.1), яка складається шляхом відкладання на шести векторах рози значень трьох аніонів та трьох катіонів в заданому масштабі [7].

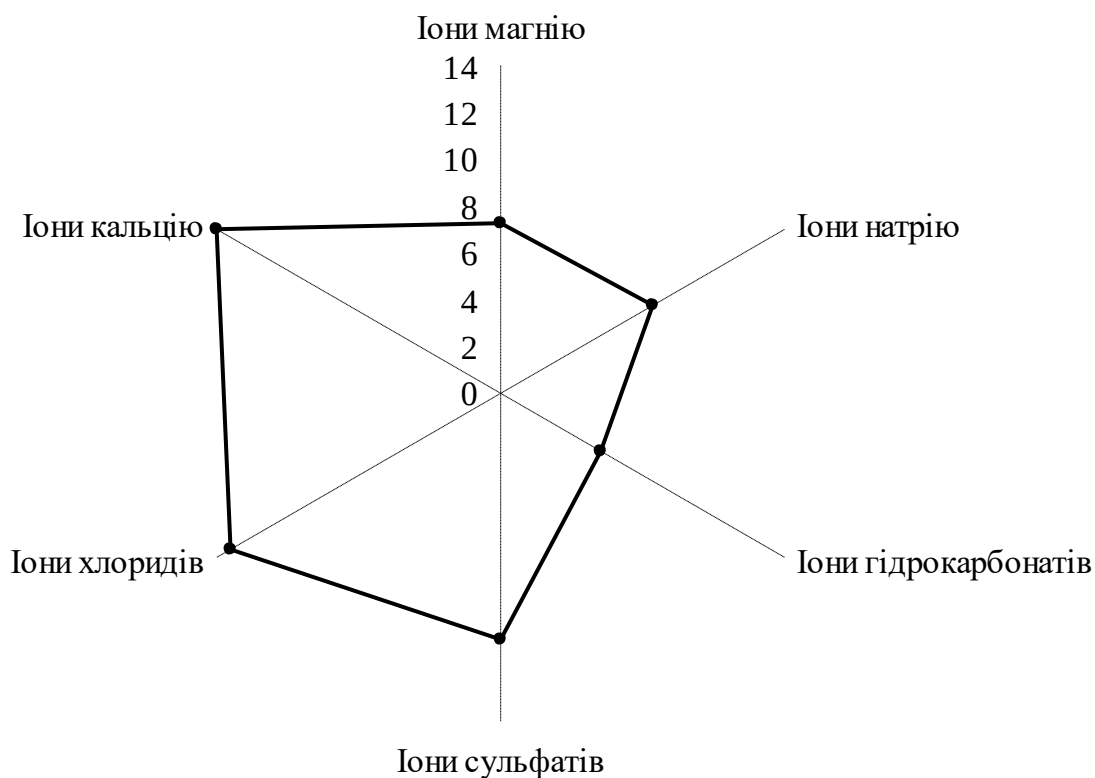


Рисунок 2.1 – Діаграма-роза хімічного складу вод р. Молочна (мг-екв/дм^3)

2.1.2 Багаторічна трансформація вмісту головних іонів та мінералізації води

Для характеристики міжрічної мінливості показників сольового складу вод р. Молочна [11] в дипломному проекті було побудовано графіки та продемонстровано динаміку зміни середньорічних значень мінералізації та головних іонів (рис. 2.2-2.6).

Описуючи динаміку середньорічних значень мінералізації (рис. 2.2) за

багаторічний період в пункті м. Токмак (1 км вище міста), слід відзначити, що максимум спостерігався в 2003 р. та становив 2044 мг/дм^3 , найменше значення – 1077 мг/дм^3 спостерігалось в 2004 р. В цілому в режимі мінералізації виявляється тенденція до зменшення її значень від 1999 до 2011 рр. Стосовно зміни середньорічних значень іонів гідрокарбонатів можна відзначити тенденцію до зменшення їх вмісту у водах річки від 397 мг/дм^3 в 1999 р. до 143 мг/дм^3 в 2009 р. В режимі іонів сульфатів не виявляється яскраво вираженої тенденції, коливання їх концентрацій має зигзагоподібний характер, максимальне значення відзначалося в 2003 р. і становило 500 мг/дм^3 , мінімальне значення становило 370 мг/дм^3 в 2010 р. В багаторічному ході середньорічних значень іонів хлоридів виділяється пікова концентрація 560 мг/дм^3 в 2003 р., найменша концентрація 275 мг/дм^3 в 2004 р. Окремо можна відзначити, що загальний вміст іонів хлоридів серед інших головних іонів є превалюючим. Аналізуючи сумарний вміст іонів калію та натрію слід підкреслити протилежну тенденції у багаторічних коливаннях у порівнянні з аніонами. Максимальна концентрація іонів натрію та калію припадала на 2008 р. (251 мг/дм^3), мінімальна величина спостерігалася в 2002 р. і становила 11 мг/дм^3 . В коливаннях іонів кальцію яскраво виявляється тенденція до зменшення їх величин від 1999 до 2011 рр., максимум припадав на 2001 р. (380 мг/дм^3), мінімум – на 2006 р. (127 мг/дм^3). Іони магнію характеризуються більш-менш стабільною зміною впродовж досліджуваного періоду з максимальною концентрацією в 2007 р. (160 мг/дм^3).

Аналізуючи динаміку середньорічних значень мінералізації (рис. 2.3) за багаторічний період в пункті м. Токмак (в межах міста), слід відзначити, що в динаміці не виявляється яскраво вираженої тенденції, але виділяється яскраво виражений максимум в 2004 році – 3095 мг/дм^3 , а інші значення коливаються в межах $1730\text{-}1532 \text{ мг/дм}^3$. Описуючи динаміку зміни середньорічних значень іонів гідрокарбонатів можна відзначити тенденцію до зменшення їх вмісту у водах річки від 352 мг/дм^3 в 1999 р. до 245 мг/дм^3 в

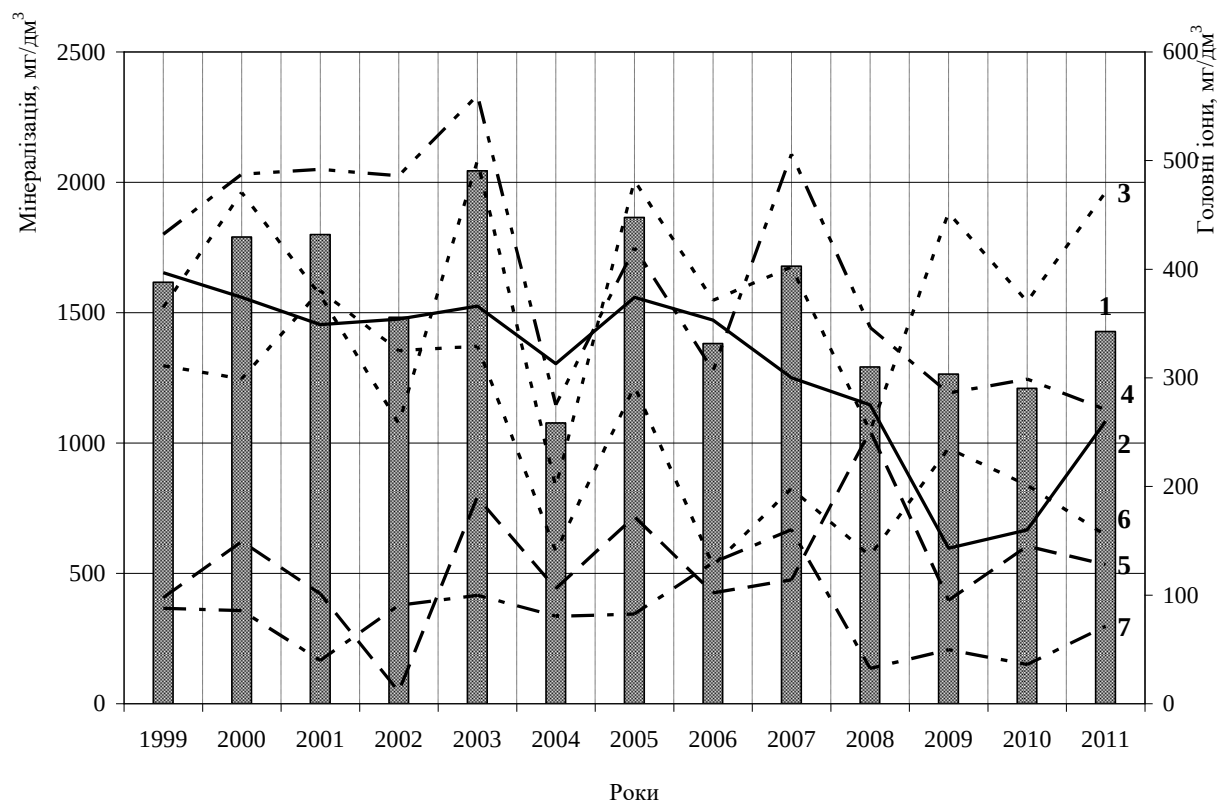


Рисунок 2.2 – Міжрічна динаміка вмісту головних іонів та мінералізації у водах р. Молочна в пункті м. Токмак (1 км вище міста)

Умовні позначення:

- 1 – величина мінералізації (Σ_i);
- 2 – концентрації іонів гідрокарбонатів (HCO_3^-);
- 3 – концентрації іонів сульфатів (SO_4^{2-});
- 4 – концентрації іонів хлоридів (Cl^-);
- 5 – концентрації іонів натрію та калію ($\text{Na}^+ + \text{K}^+$);
- 6 – концентрації іонів кальцію (Ca^{2+});
- 7 – концентрації іонів магнію (Mg^{2+})

2011 р. В багаторічному ході середньорічних значень іонів сульфатів виділяється пікова концентрація 1483 мг/дм^3 в 2004 р., найменша концентрація 216 мг/дм^3 в 2002 р. Стосовно зміни середньорічних значень іонів хлоридів, то особливих змін не спостерігається значення коливаються в

межах від 614 мг/дм³ в 2007 р. до 311 мг/дм³ в 2010 р. Описуючи, сумарний вміст іонів калію та натрію слід відзначити, що максимум спостерігався в 2000 р. та становив 535 мг/дм³, найменше значення – 27 мг/дм³ спостерігалось в 2002 р. В цілому в режимі іонів калію та натрію виявляється тенденція до зменшення її значень від 1999 до 2011 рр. В коливаннях іонів кальцію немає яскраво вираженої тенденції, максимум спостерігається в 2000 році (375 мг/дм³), мінімальна величина спостерігалась в 2006 р. і становила 181 мг/дм³. З 1999 по 2011 рік спостерігається стабільне коливання концентрації іонів магнію.

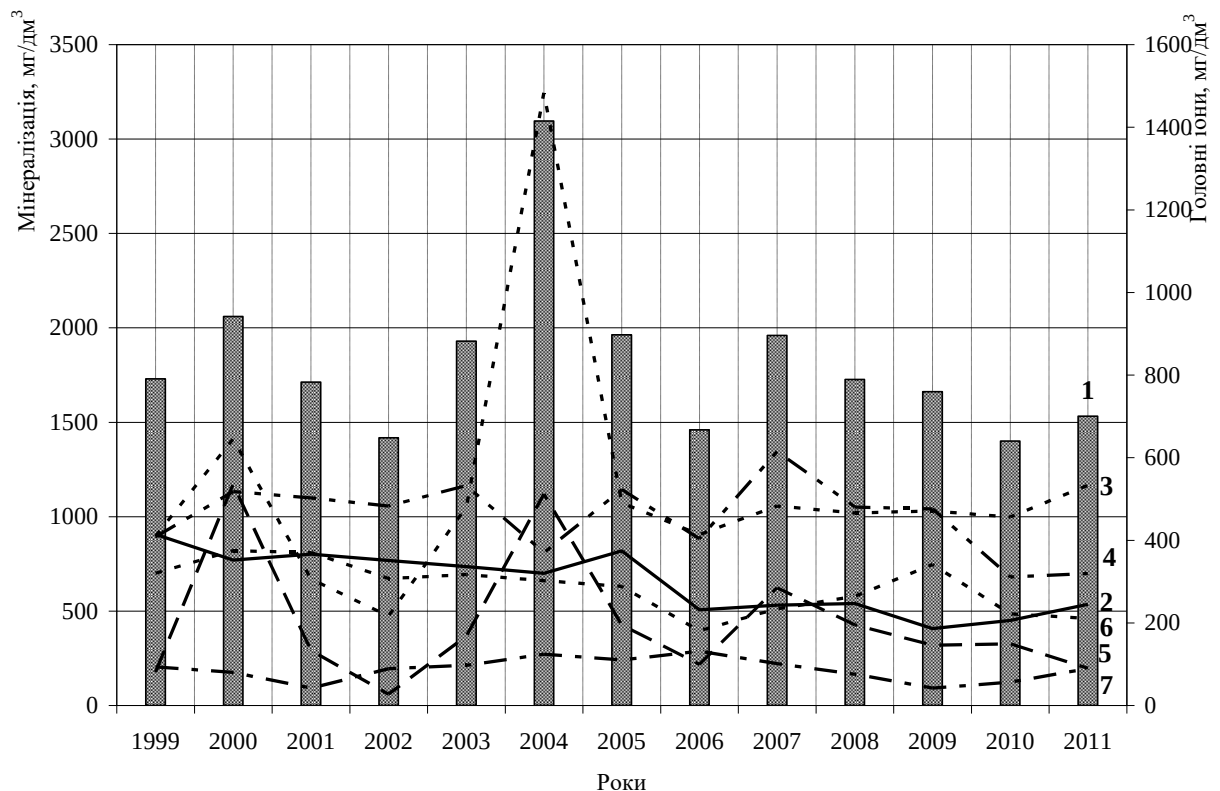


Рисунок 2.3 – Міжрічна динаміка вмісту головних іонів та мінералізації у водах р. Молочна в пункті м. Токмак (в межах міста)

В динаміці середньорічних значень мінералізації (рис. 2.4) не відзначається тенденції до зміни концентрацій у водах річки Молочна в

пункті м. Токмак (1 км нижче міста), максимальне значення становило

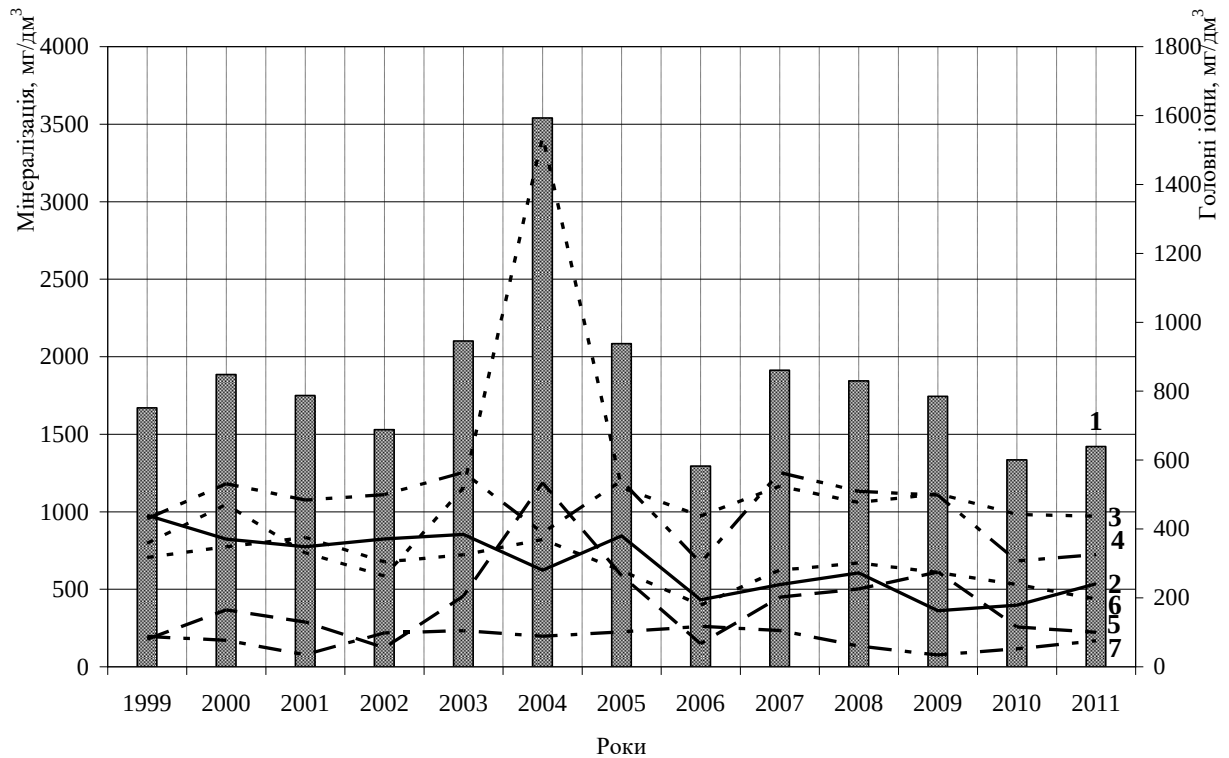


Рисунок 2.4 – Міжрічна динаміка вмісту головних іонів та мінералізації у водах р. Молочна в пункті м. Токмак (1 км нижче міста)

3540 мг/дм³ і спостерігалось в 2004 р., мінімальне – 1295 мг/дм³ в 2006 р. В багаторічному ході середньорічних значень іонів гідрокарбонатів можна відзначити плавну тенденцію до зменшення значень від 1999 до 2011 рр., максимум спостерігався в 1999 р. (440 мг/дм³), мінімальна концентрація становила 162 мг/дм³ в 2009 році. В режимі іонів сульфатів виявляється яскраво виражений максимум в 2004 р (1539 мг/дм³), мінімальне значення становило 263 мг/дм³ в 2002 р. Коливання іонів хлоридів характеризуються більш-менш стабільною зміною впродовж досліджуваного періоду з максимальною концентрацією в 2003 р. (564 мг/дм³). Описуючи, сумарний вміст іонів калію та натрію), слід відзначити, що максимум спостерігався в 2004 р. та становив 534 мг/дм³, найменше значення – 54 мг/дм³

спостерігалось в 2002 р. Коливання іонів кальцію і іонів магнію характеризуються стабільною зміною впродовж досліджуваного періоду з максимальною концентрацією іонів кальцію в 2001 р. (375 мг/дм^3) і іонів магнію в 2006 р. (117 мг/дм^3).

Описуючи динаміку середньорічних значень мінералізації (рис. 2.5) за багаторічний період в пункті м. Мелітополь (1,5 км вище міста), слід відзначити, що яскраво виражений максимум спостерігався в 2004 р. та становив 3537 мг/дм^3 , а інші значення концентрації коливаються стабільно в межах від 2180 мг/дм^3 в 2000 р. до 1456 мг/дм^3 в 2006 р. В багаторічному ході середньорічних значень іонів гідрокарбонатів можна відзначити плавну тенденцію до зменшення значень від 1999 до 2011 рр., максимум спостерігався в 1999 р (441 мг/дм^3), мінімальна концентрація становила 177 мг/дм^3 в 2009 році. В режимі іонів сульфатів виявляється яскраво виражений максимум в 2004 р (1667 мг/дм^3), мінімальне значення становило 282 мг/дм^3 в 2002 р. В режимі іонів сульфатів також виявляється яскраво виражений максимум в 2004 р. (1667 мг/дм^3) та мінімум в 2002 р. (282 мг/дм^3). Коливання іонів хлоридів характеризуються більш-менш стабільною зміною впродовж досліджуваного періоду з максимальною концентрацією в 2007 р. 658 мг/дм^3 . Описуючи, сумарний вміст іонів калію та натрію), слід відзначити, що максимум спостерігався в 2004 р. та становив 619 мг/дм^3 , найменше значення – 38 мг/дм^3 спостерігалось в 2002 р. Коливання іонів кальцію і іонів магнію характеризуються стабільною зміною впродовж досліджуваного періоду з максимальною концентрацією іонів кальцію в 2009 р (377 мг/дм^3) і іонів магнію в 2007 р. (157 мг/дм^3).

Розглядаючи динаміку середньорічних значень мінералізації (рис. 2.6) у водах річки Молочна в пункті м. Мелітополь (0,5 км нижче міста), можна побачити, що максимальне значення становило 3672 мг/дм^3 в 2004 р., мінімальне – 1563 мг/дм^3 в 2006 р. В багаторічному ході середньорічних значень іонів гідрокарбонатів можна відзначити плавну тенденцію до зменшення значень від 1999 до 2011 рр., максимум спостерігався в 1999 р.

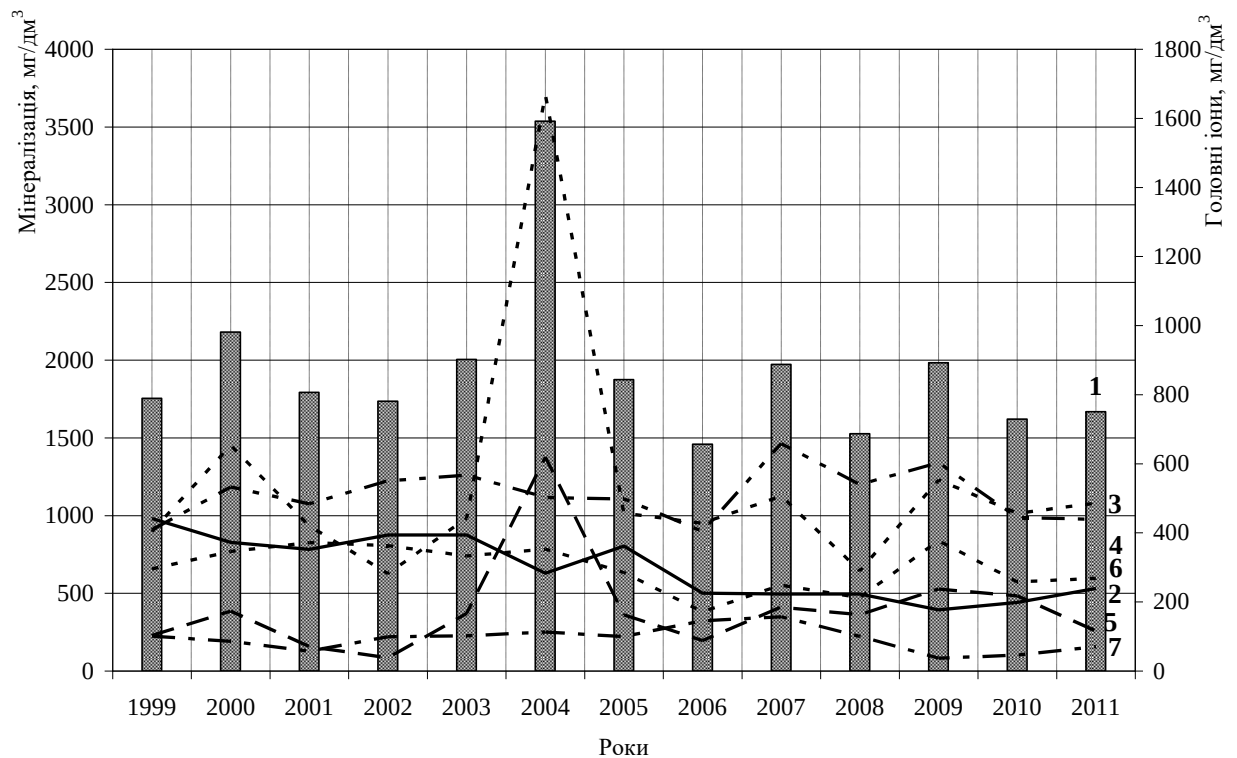


Рисунок 2.5 – Міжрічна динаміка вмісту головних іонів та мінералізації у водах р. Молочна в пункті м. Мелітополь (1,5 км вище міста)

(437 мг/дм³), мінімальна концентрація становила 166 мг/дм³ в 2009 році. В багаторічному ході середньорічних значень іонів сульфатів виділяється пікове значення концентрації 1653 мг/дм³ в 2004 р., найменша концентрація спостерігалася в 2002 р. і становила 221 мг/дм³. Коливання іонів хлоридів характеризуються більш-менш стабільною зміною впродовж досліджуваного періоду з максимальною концентрацією в 2007 р. (776 мг/дм³). Описуючи, сумарний вміст іонів калію та натрію, слід відзначити, що максимум спостерігався в 2004 р. та становив 568 мг/дм³, найменше значення – 95 мг/дм³ спостерігалося в 2002 р. В коливаннях іонів кальцію яскраво виявляється тенденція до зменшення їх величин від 1999 до 2011 рр., максимум припадав на 2001 р. (405 мг/дм³), мінімум – на 2006 р. (160 мг/дм³). Іони магнію характеризуються більш-менш стабільною зміною впродовж досліджуваного періоду з максимальною концентрацією в 2007 р.

(174 мг/дм³).

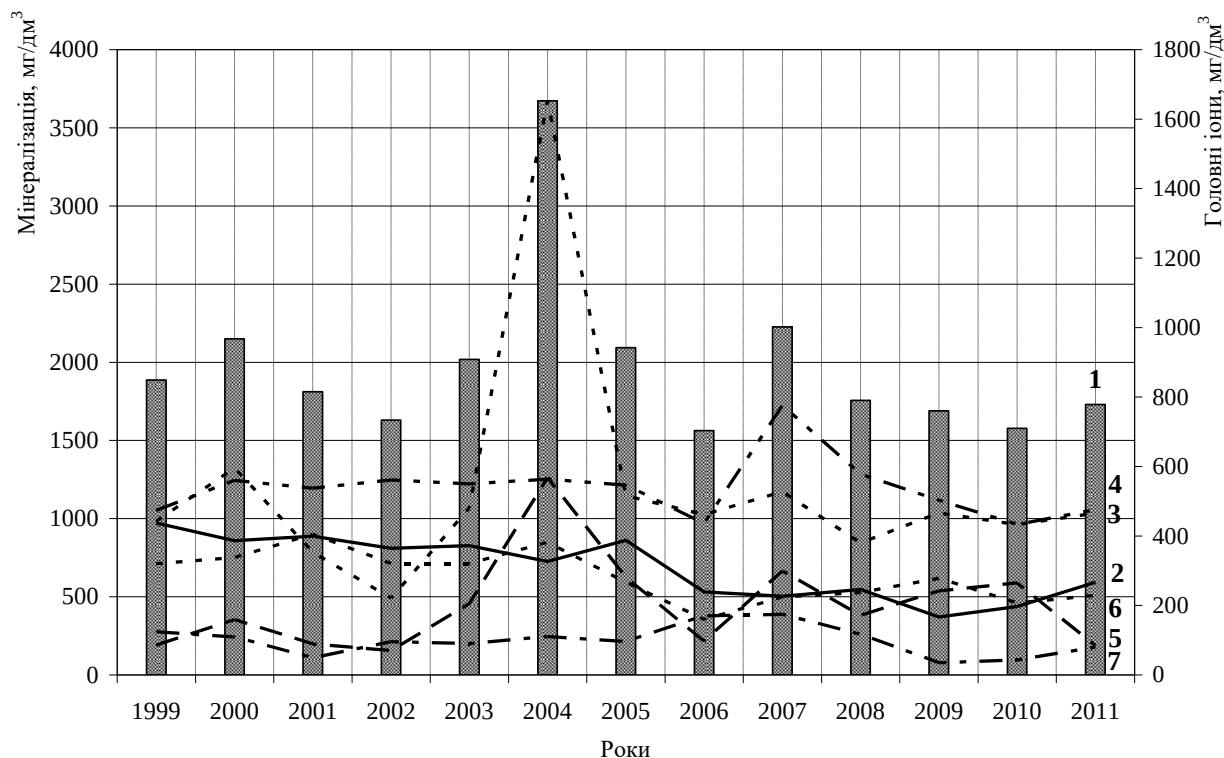


Рисунок 2.6 – Міжрічна динаміка вмісту головних іонів та мінералізації у водах р. Молочна в пункті м. Мелітополь (0,5 км нижче міста)

2.2 Біогенні речовини

До біогенних речовин у природних водах належать сполуки азоту, фосфору і силіцію. Азот і фосфор обов'язково входять до складу тканин будь-якого живого організму, без них не розвиваються водні рослини і тварини. Концентрації біогенних елементів цілком залежать від інтенсивності біохімічних і біологічних процесів у водоймах.

Біологічні речовини мають велике значення для життєдіяльності рослинних та тваринних організмів. В свою чергу концентрація біогенних елементів та їх режим цілком чи окремо залежать від інтенсивності біологічних процесів, які відбуваються у водних об'єктах [10, 17,20].

В природних водах азот знаходиться у вигляді розчинених вільних молекул N_2 , розчинених газоутворювальних сполук, іонів мінеральних сполук: амонійних (NH_4^+), нітритних (NO_2^-), нітратних (NO_3^-), а також численних органічних сполук у молекулярному та колоїдному стані.

Колообіг сполук азоту у воді здійснюється за схемою: рослини $\rightarrow$ тварини $\rightarrow$ продукти розкладання $\rightarrow NH_4^+ \rightarrow NO_2^- \rightarrow NO_3^- \rightarrow$ азот рослин.

У природних умовах вміст азоту знижується навесні і досягає мінімальних значень у літній вегетаційний період. У холодний період року при затуханні продукційних процесів та мінералізації органічних речовин спостерігається збільшення мінеральних форм азоту, особливо NO_3^- , як кінцевого продукту процесів нітрифікації амонійних іонів. Нітрати у зв'язку з цим є одним із важливих показників евтрофування водного об'єкта та ступеня його забрудненості азотовмісними органічними речовинами. Неорганічні сполуки є важливими показниками санітарного стану водного об'єкта і зумовлюють якість води для різних видів водокористування [13, 17, 20].

В додатку А на рис. А.1-А.5 показано міжрічний хід коливання вмісту середньорічних значень біогенних речовин у водах річки Молочної на досліджуваних пунктах спостережень.

Азот амонійний. У воді річки Молочна в м. Токмак (1 км вище міста) під час весняного періоду середня концентрація азоту амонійного становить $0,8 \text{ мгN/дм}^3$ (табл. 2.3), змінюючись у межах від $0,59 \text{ мгN/дм}^3$ до $1,00 \text{ мгN/дм}^3$. Абсолютна концентрація $N-NH_4^+$ у воді річки Молочна в м. Токмак (в межах міста) становить $1,1 \text{ мгN/дм}^3$, змінюючись від $0,9 \text{ мгN/дм}^3$ до $1,31 \text{ мгN/дм}^3$.

У воді річки Молочної пункту міста Токмак (1 км нижче міста), середня концентрація $N-NH_4^+$ під час весняного сезону становить $1,07 \text{ мгN/дм}^3$, змінюючись у межах від $0,95 \text{ мгN/дм}^3$ до $1,25 \text{ мгN/дм}^3$. У воді річки Молочної в м. Мелітополь (1,5 км вище міста), концентрація $N-NH_4^+$ становить $1,2 \text{ мгN/дм}^3$, змінюючись у межах від $0,95 \text{ мгN/дм}^3$ до $1,42 \text{ мгN/дм}^3$.

Таблиця 2.3 – Середні, мінімальні та максимальні концентрації
біогенних речовин у воді в пунктах
гідрохімічного моніторингу басейну р. Молочна
за період 1999-2011 рр.

Пункт (створ)	NH_4^+ , мгN/дм ³	NO_2^- , мгN/дм ³	NO_3^- , мгN/дм ³	$\text{N}_{\text{заг}}$, мгN/дм ³	PO_4^{3-} , мгP/дм ³	$\text{P}_{\text{заг}}$, мгP/дм ³	Si, мг/дм ³
1	2	3	4	5	6	7	8
Зимовий сезон							
м. Токмак (1 км вище)	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-
м. Токмак (в межах)	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-
м. Токмак (1 км нижче)	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-
м. Мелі- тополь (1,5 км вище)	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-
м. Мелі- тополь (0,5 км нижче)	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-
Весняний сезон							
м. Токмак (1 км вище)	0,80	0,04	0,45	1,30	0,07	3,84	0,13
	0,59-1,00	0,03-0,04	0,30-0,60	0,97-1,62	0,07-0,08	2,56-5,13	0,11-0,15
м. Токмак (в межах)	1,10	0,12	0,79	1,86	0,29	3,8	0,29
	0,9-1,31	0,06-0,18	0,50-1,08	1,45-2,28	0,21-0,37	2,54-5,09	0,25-0,34
м. Токмак (1 км нижче)	1,07	0,06	0,63	1,8	0,07	4,13	0,14
	0,95-1,25	0,05-0,08	0,38-0,87	1,48-2,12	0,06-0,09	2,85-5,41	0,12-0,15
м. Мелі- тополь (1,5 км вище)	1,20	0,06	0,59	1,84	0,09	3,37	0,16
	0,95-1,42	0,04-0,07	0,35-0,83	1,41-2,26	0,07-0,10	2,23-4,52	0,13-0,16
м. Мелі- тополь (0,5 км нижче)	1,44	0,09	1,08	2,35	0,10	3,94	0,17
	1,22-1,65	0,07-0,10	0,80-2,35	1,95-2,75	0,09-0,11	2,82-5,06	0,15-0,19
Літній сезон							
м. Токмак (1 км вище)	1,47	0,06	0,85	2,38	0,08	3,98	0,17
	-	-	-	-	-	-	-
м. Токмак (в межах)	1,22	0,17	0,98	2,1	0,29	3,92	0,44
	-	-	-	-	-	-	-
м. Токмак (1 км нижче)	1,45	0,09	0,09	2,51	0,18	3,43	0,15
	-	-	-	-	-	-	-

Продовження табл. 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8
м. Мелітополь (1,5 км вище)	1,02	0,06	0,7	1,81	0,07	3,07	0,14
	-	-	-	-	-	-	-
м. Мелітополь (0,5 км нижче)	1,66	0,14	0,98	2,77	0,09	3,14	0,16
	-	-	-	-	-	-	-
Осінній сезон							
м. Токмак (1 км вище)	0,65	0,04	0,46	1,15	0,10	4,67	0,17
	0,58-0,72	0,04-0,05	0,44-0,48	1,07-1,24	0,09-0,10	4,34-5,01	0,17-0,18
м. Токмак (в межах)	0,85	0,08	0,46	1,36	0,34	4,84	0,37
	0,76-0,95	0,08-0,08	0,51-0,56	1,24-1,49	0,34-0,35	4,51-5,17	0,36-0,37
м. Токмак (1 км нижче)	1,07	0,10	0,48	1,51	1,63	5,11	0,18
	0,97-1,10	0,09-0,10	0,45-0,51	0,48-1,4	1,52-1,72	4,77-5,46	0,17-0,19
м. Мелітополь (1,5 км вище)	0,79	0,05	0,43	1,28	0,11	4,43	0,19
	0,73-0,86	0,05-0,06	0,41-0,45	1,20-1,36	0,10-0,12	4,18-4,64	0,19-0,19
м. Мелітополь (0,5 км нижче)	0,84	0,09	0,56	1,47	0,13	5,24	0,20
	0,77-0,91	0,08-0,09	0,54-0,59	1,37-1,56	0,12-0,31	4,78-5,7	0,19-0,20

Під час весняного сезону середня концентрація $N-NH_4^+$ річки Молочна в м. Мелітополь (1 км нижче міста) і становить $1,44 \text{ мгN/дм}^3$, змінюючись у межах від $1,22 \text{ мгN/дм}^3$ до $1,65 \text{ мгN/дм}^3$.

У воді річки Молочна в м. Токмак (1 км вище міста) під час осіннього періоду середня концентрація азоту амонійного становить $0,65 \text{ мгN/дм}^3$ (табл. 2.3), змінюючись у межах від $0,58 \text{ мгN/дм}^3$ до $0,72 \text{ мгN/дм}^3$. Абсолютна концентрація $N-NH_4^+$ у воді річки Молочна в м. Токмак (в межах міста) становить $0,85 \text{ мгN/дм}^3$, змінюючись від $0,76 \text{ мгN/дм}^3$ до $0,95 \text{ мгN/дм}^3$.

У воді річки Молочної пункту міста Токмак (1 км нижче міста), середня концентрація $N-NH_4^+$ під час осіннього сезону становить $1,07 \text{ мгN/дм}^3$, змінюючись у межах від $0,97 \text{ мгN/дм}^3$ до $1,1 \text{ мгN/дм}^3$. У воді річки Молочної в м. Мелітополь (1,5 км вище міста), концентрація $N-NH_4^+$ становить $0,79 \text{ мгN/дм}^3$, змінюючись у межах від $0,73 \text{ мгN/дм}^3$ до $0,86 \text{ мгN/дм}^3$.

Під час літнього сезону середня концентрація $N-NH_4^+$ річки Молочна в пункті міста Мелітополь (1 км нижче міста) становить $0,84 \text{ мгN/дм}^3$,

змінюючись у межах від 1,77 мгN/дм³ до 0,91 мгN/дм³.

Азот нітритний (N-NO₂⁻). У воді річки Молочна в м. Токмак (1 км вище міста) під час весняного періоду середня концентрація азоту нітритного становить 0,04 мгN/дм³ (табл. 2.3), змінюючись у межах від 0,03 мгN/дм³ до 0,04 мгN/дм³. Абсолютна концентрація N-NO₂⁻ у воді річки Молочна в м. Токмак (в межах міста) становить 0,12 мгN/дм³, змінюючись від 0,06 мгN/дм³ до 0,18 мгN/дм³.

У воді річки Молочної пункту міста Токмак (1 км нижче міста), середня концентрація N-NO₂⁻ під час весняного сезону становить 0,06 мгN/дм³, змінюючись у межах від 0,05 мгN/дм³ до 0,08 мгN/дм³. У воді річки Молочної в м. Мелітополь (1,5 км вище міста), концентрація N-NO₂⁻ становить 0,06 мгN/дм³, змінюючись у межах від 0,04 мгN/дм³ до 0,07 мгN/дм³.

Під час весняного сезону середня концентрація N-NH₄⁺ річки Молочна в пункті міста Мелітополь (1 км нижче міста) становить 0,9 мгN/дм³, змінюючись у межах від 0,07 мгN/дм³ до 0,1 мгN/дм³.

У воді річки Молочна в м. Токмак (1 км вище міста) під час осіннього сезону середня концентрація азоту нітритного становить 0,045 мгN/дм³ (табл. 2.3), змінюючись у межах від 0,044 мгN/дм³ до 0,047 мгN/дм³. Абсолютна концентрація N-NO₂⁻ у воді річки Молочна в м. Токмак (в межах міста) становить 0,081 мгN/дм³, змінюючись від 0,080 мгN/дм³ до 0,181 мгN/дм³.

У воді річки Молочної пункту міста Токмак (1 км нижче міста), середня концентрація N-NO₂⁻ під час осіннього сезону становить 0,0998 мгN/дм³, змінюючись у межах від 0,099 мгN/дм³ до 0,1 мгN/дм³. У воді річки Молочної в м. Мелітополь (1,5 км вище міста), концентрація N-NO₂⁻ становить 0,055 мгN/дм³, змінюючись у межах від 0,053 мгN/дм³ до 0,056 мгN/дм³.

Під час осіннього сезону середня концентрація N-NH₄⁺ річки Молочна в пункті міста Мелітополь (1 км нижче міста) становить 0,089 мгN/дм³,

змінюючись у межах від 0,088 мгN/дм³ до 0,09 мгN/дм³.

Азот нітратний (N-NO₃⁻). У воді річки Молочна в м. Токмак (1 км вище міста) під час весняного періоду середня концентрація азоту нітратного становить 0,45 мгN/дм³ (табл. 2.3), змінюючись у межах від 0,3 мгN/дм³ до 0,6 мгN/дм³. Абсолютна концентрація N-NO₃⁻ у воді річки Молочна в м. Токмак (в межах міста) становить 0,79 мгN/дм³, змінюючись від 0,5 мгN/дм³ до 1,08 мгN/дм³.

У воді річки Молочної в м. Токмак (1 км нижче міста), середня концентрація N-NO₃⁻ під час весняного сезону становить 0,63 мгN/дм³, змінюючись у межах від 0,38 мгN/дм³ до 0,87 мгN/дм³. У воді річки Молочної в м. Мелітополь (1,5 км вище міста), концентрація N-NO₃⁻ становить 0,59 мгN/дм³, змінюючись у межах від 0,35 мгN/дм³ до 0,83 мгN/дм³.

Під час весняного сезону середня концентрація N-NO₃⁻ річки Молочна в пункті міста Мелітополь (1 км нижче міста) становить 1,08 мгN/дм³, змінюючись у межах від 0,8 мгN/дм³ до 2,35 мгN/дм³.

У воді річки Молочна в м. Токмак (1 км вище міста) під час весняного періоду середня концентрація азоту нітратного становить 0,46 мгN/дм³ (табл. 2.3), змінюючись у межах від 0,44 мгN/дм³ до 0,48 мгN/дм³. Абсолютна концентрація N-NO₃⁻ у воді річки Молочна в м. Токмак (в межах міста) становить 0,46 мгN/дм³, змінюючись від 0,51 мгN/дм³ до 0,56 мгN/дм³.

У воді річки Молочної в м. Токмак (1 км нижче міста), середня концентрація N-NO₃⁻ під час весняного сезону становить 0,48 мгN/дм³, змінюючись у межах від 0,45 мгN/дм³ до 0,51 мгN/дм³. У воді річки Молочної в м. Мелітополь (1,5 км вище міста), концентрація N-NO₃⁻ становить 0,43 мгN/дм³, змінюючись у межах від 0,41 мгN/дм³ до 0,45 мгN/дм³.

Під час весняного сезону середня концентрація N-NO₃⁻ річки Молочна в м. Мелітополь (1 км нижче міста) становить 0,56 мгN/дм³, змінюючись у межах від 0,54 мгN/дм³ до 0,59 мгN/дм³.

Азот загальний. У воді річки Молочна в м. Токмак (1 км вище міста) під час весняного періоду середня концентрація азоту загального становить 1,3 мгN/дм³ (табл. 2.3), змінюючись у межах від 0,97 мгN/дм³ до 1,62 мгN/дм³. Абсолютна концентрація N_{заг} – у воді річки Молочна в м. Токмак (в межах міста) становить 1,86 мгN/дм³, змінюючись від 1,45 мгN/дм³ до 2,28 мгN/дм³.

У воді річки Молочної пункту міста Токмак (1 км нижче міста), середня концентрація N_{заг} – під час весняного сезону становить 1,8 мгN/дм³, змінюючись у межах від 1,48 мгN/дм³ до 2,12 мгN/дм³. У воді річки Молочної в м. Мелітополь (1,5 км вище міста), концентрація азоту загального становить 1,84 мгN/дм³, змінюючись у межах від 1,41 мгN/дм³ до 2,26 мгN/дм³.

Під час весняного сезону середня концентрація N_{заг} річки Молочна в пункті міста Мелітополь (1 км нижче міста) становить 2,35 мгN/дм³, змінюючись у межах від 1,95 мгN/дм³ до 2,75 мгN/дм³.

У воді річки Молочна в м. Токмак (1 км вище міста) під час осіннього сезону середня концентрація азоту загального становить 1,15 мгN/дм³ (табл. 2.3), змінюючись у межах від 1,07 мгN/дм³ до 1,24 мгN/дм³. Абсолютна концентрація N_{заг} у воді річки Молочна в м. Токмак (в межах міста) становить 1,36 мгN/дм³, змінюючись від 1,24 мгN/дм³ до 1,49 мгN/дм³.

У воді річки Молочної пункту міста Токмак (1 км нижче міста), середня концентрація N_{заг} під час осіннього сезону становить 1,51 мгN/дм³, змінюючись у межах від 0,48 мгN/дм³ до 1,4 мгN/дм³. У воді річки Молочної в м. Мелітополь (1,5 км вище міста), концентрація азоту загального становить 1,28 мгN/дм³, змінюючись у межах від 1,2 мгN/дм³ до 1,36 мгN/дм³.

Під час осіннього сезону середня концентрація N_{заг} річки Молочна в пункті міста Мелітополь (1 км нижче міста) становить 1,47 мгN/дм³, змінюючись у межах від 1,37 мгN/дм³ до 1,56 мгN/дм³.

Мінеральні сполуки фосфору. Фосфор є одним із головних біогенних

елементів, який визначає продуктивність водного об'єкту. Концентрація загального розчиненого фосфору (мінерального і органічного) у незабруднених природних водоймах змінюється від 5 до 200 мкг/дм³ та залежить від багатьох факторів: процесів вивітрювання ґрунтів та порід, швидкості розкладання органічних речовин, гідробіологічних процесів та інше. Сполуки фосфору надходять у природні води у результаті процесів життєдіяльності та розкладання водних організмів, вивітрювання та розчеплення порід які містять ортофосфати. Забрудненню природних вод фосфором сприяє широке застосування фосфорних добрив, поліфосфатів як мийних засобів, флотореагентів і пом'якшувачів води. Органічні та мінеральні сполуки фосфору утворюються за допомогою біологічної переробки залишків тваринних та рослинних організмів, а також у процесах біологічного очищення господарсько-побутових та промислових стічних вод.

Вміст сполук фосфору зазнає значних сезонних коливань, оскільки залежить від співвідношення інтенсивності процесів фотосинтезу і біохімічного окиснення органічних речовин. Мінімальні концентрації фосфатів у поверхневих водах спостерігаються, як правило, весною і влітку їх зростання відбувається восени і взимку [17, 18,20].

Фосфати (PO_4^{3-}). У воді річки Молочна в м. Токмак (1 км вище міста) під час весняного періоду середня концентрація фосфатів становить 0,07 мгР/дм³ (табл. 2.3), змінюючись у межах від 0,07 мгР/дм³ до 0,08 мгР/дм³. Середня концентрація PO_4^{3-} у воді річки Молочна в м. Токмак (в межах міста) становить 0,29 мгР/дм³, змінюючись від 0,21 мгР/дм³ до 1,37 мгР/дм³.

У воді річки Молочної в м. Токмак (1 км нижче міста), середня концентрація PO_4^{3-} під час весняного сезону становить 0,07 мгР/дм³, змінюючись у межах від 0,06 мгР/дм³ до 0,09 мгР/дм³. У воді річки Молочної в м. Мелітополь (1,5 км вище міста), середня концентрація PO_4^{3-} становить 0,09 мгН/дм³, змінюючись у межах від 0,07 мгР/дм³ до 0,1 мгР/дм³.

Під час весняного сезону середня концентрація PO_4^{3-} р. Молочна в

м. Мелітополь (1 км нижче міста) становить $0,1 \text{ мгР/дм}^3$, змінюючись у межах від $0,09 \text{ мгР/дм}^3$ до $0,11 \text{ мгР/дм}^3$.

У воді річки Молочна в м. Токмак (1 км вище міста) під час весняного періоду середня концентрація фосфатів становить $0,1 \text{ мгР/дм}^3$ (табл. 2.3), змінюючись у межах від $0,09 \text{ мгР/дм}^3$ до $0,1 \text{ мгР/дм}^3$. Середня концентрація PO_4^{3-} у воді р. Молочна в м. Токмак (в межах міста) $0,343 \text{ мгР/дм}^3$, змінюючись від $0,341 \text{ мгР/дм}^3$ до $0,346 \text{ мгР/дм}^3$.

У воді річки Молочної в м. Токмак (1 км нижче міста), середня концентрація PO_4^{3-} під час весняного сезону становить $1,63 \text{ мгР/дм}^3$, змінюючись у межах від $1,52 \text{ мгР/дм}^3$ до $1,72 \text{ мгР/дм}^3$. У воді річки Молочної в м. Мелітополь (1,5 км вище міста), середня концентрація PO_4^{3-} становить $0,11 \text{ мгР/дм}^3$, змінюючись у межах від $0,1 \text{ мгР/дм}^3$ до $0,12 \text{ мгР/дм}^3$.

Під час весняного сезону середня концентрація PO_4^{3-} річки Молочна в м. Мелітополь (1 км нижче міста) становить $0,127 \text{ мгР/дм}^3$, змінюючись у межах від $0,122 \text{ мгР/дм}^3$ до $0,315 \text{ мгР/дм}^3$.

Фосфор загальний (мінеральний і органічний). У воді річки Молочна в м. Токмак (1 км вище міста) під час весняного періоду середня концентрація $\text{P}_{\text{заг}}$ становить $3,84 \text{ мгР/дм}^3$ (табл. 2.3), змінюючись у межах від $2,56 \text{ мгР/дм}^3$ до $5,13 \text{ мгР/дм}^3$. Середня концентрація $\text{P}_{\text{заг}}$ у воді р. Молочна в м. Токмак (в межах міста) $3,8 \text{ мгР/дм}^3$, змінюючись від $2,54 \text{ мгР/дм}^3$ до $5,09 \text{ мгР/дм}^3$.

У воді річки Молочної в м. Токмак (1 км нижче міста), середня концентрація $\text{P}_{\text{заг}}$ під час весняного сезону становить $4,13 \text{ мгР/дм}^3$, змінюючись у межах від $2,85 \text{ мгР/дм}^3$ до $5,41 \text{ мгР/дм}^3$. У воді річки Молочної в м. Мелітополь (1,5 км вище міста), середня концентрація $\text{P}_{\text{заг}}$ становить $3,37 \text{ мгР/дм}^3$, змінюючись у межах від $2,23 \text{ мгР/дм}^3$ до $4,52 \text{ мгР/дм}^3$.

Навесні середня концентрація $\text{P}_{\text{заг}}$ річки Молочна в м. Мелітополь (1 км нижче міста) становить $3,94 \text{ мгР/дм}^3$, змінюючись у межах від $2,82 \text{ мгР/дм}^3$ до $5,06 \text{ мгР/дм}^3$.

У воді річки Молочна в м. Токмак (1 км вище міста) під час весняного періоду середня концентрація $\text{P}_{\text{заг}}$ становить $4,67 \text{ мгР/дм}^3$ (табл. 2.3),

змінюючись у межах від 4,34 мгР/дм³ до 5,01 мгР/дм³. Середня концентрація $P_{\text{заг}}$ у воді р. Молочна в м. Токмак (в межах міста) 4,84 мгР/дм³, змінюючись від 4,51 мгР/дм³ до 5,17 мгР/дм³.

У воді річки Молочної пункту міста Токмак (1 км нижче міста), середня концентрація $P_{\text{заг}}$ під час весняного сезону становить 5,11 мгР/дм³, змінюючись у межах від 4,77 мгР/дм³ до 5,46 мгР/дм³. У воді річки Молочної в м. Мелітополь (1,5 км вище міста), середня концентрація $P_{\text{заг}}$ становить 3,43 мгР/дм³, змінюючись у межах від 4,18 мгР/дм³ до 4,64 мгР/дм³.

Навесні середня концентрація $P_{\text{заг}}$ р. Молочна в місті Мелітополь (1 км нижче міста) становить 5,24 мгР/дм³, змінюючись у межах від 4,78 мгР/дм³ до 5,7 мгР/дм³.

Кремній (Si). У вільному стані у природі не зустрічається і знаходиться майже завжди у вигляді діоксиду кремнію. Сполуки кремнію необхідні для утворення твердих скелетних частинок та тканин рослинних та тваринних організмів.

Головним джерелом сполук кремнію у природних умовах є процеси хімічного вивітрювання та розчеплення мінералів, які містять кремній. Режим кремнію у поверхневих водах певною мірою подібний до режиму сполук азоту і фосфору, проте кремній не лімітує розвиток рослин [17, 18].

У воді річки Молочна в м. Токмак (1 км вище міста) під час весняного періоду середня концентрація кремнію становить 0,13 мг/дм³ (табл. 2.3), змінюючись у межах від 0,11 мг/дм³ до 0,15 мг/дм³. Середня концентрація Si у воді річки Молочної в м. Токмак (в межах міста) становить 0,29 мг/дм³, змінюючись від 0,25 мг/дм³ до 0,34 мг/дм³.

У воді річки Молочної в м. Токмак (1 км нижче міста), середня концентрація кремнію під час весняного сезону становить 0,14 мг/дм³, змінюючись у межах від 0,12 мг/дм³ до 0,15 мг/дм³. У воді річки Молочної в м. Мелітополь (1,5 км вище міста), середня концентрація Si становить 0,16 мг/дм³, змінюючись у межах від 0,13 мг/дм³ до 0,16 мг/дм³.

Навесні середня концентрація кремнію річки Молочна в пункті міста

Мелітополь (1 км нижче міста) становить $0,17 \text{ мг/дм}^3$, змінюючись у межах від $0,15 \text{ мг/дм}^3$ до $0,19 \text{ мг/дм}^3$.

У воді річки Молочна в м. Токмак (1 км вище міста) під час весняного періоду середня концентрація кремнію становить $0,175 \text{ мг/дм}^3$ (табл. 2.3), змінюючись у межах від $0,172 \text{ мг/дм}^3$ до $0,178 \text{ мг/дм}^3$. Середня концентрація Si у воді р. Молочна в м. Токмак (в межах міста) $0,366 \text{ мг/дм}^3$, змінюючись від $0,36 \text{ мг/дм}^3$ до $0,37 \text{ мг/дм}^3$.

У воді річки Молочної в місті Токмак (1 км нижче міста), середня концентрація кремнію під час весняного сезону становить $0,18 \text{ мг/дм}^3$, змінюючись у межах від $0,17 \text{ мг/дм}^3$ до $0,188 \text{ мг/дм}^3$. У воді річки Молочної в м. Мелітополь (1,5 км вище міста) середня концентрація Si становить $0,187 \text{ мг/дм}^3$, змінюючись у межах від $0,186 \text{ мг/дм}^3$ до $0,187 \text{ мг/дм}^3$.

Навесні середня концентрація кремнію в водах річки Молочна в пункті міста Мелітополь (1 км нижче міста) становить $0,20 \text{ мг/дм}^3$, змінюючись у межах від $0,190 \text{ мг/дм}^3$ до $0,204 \text{ мг/дм}^3$.

2.3 Мікроелементи

Мікроелементи – це такі хімічні елементи, сполуки яких зустрічаються в природних водах у дуже малих концентраціях – декілька мікрограмів і менше в 1 дм^3 . Це найбільша група хімічного складу природних вод до якої входять: типові катіони (Li^+ , Rb^+ , Cs^+ , Be^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} , та ін.); іони важких металів (Cu^{2+} , Ag^+ , Au^+ , Pb^{2+} , Fe^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} та ін.); атмосферні комплексоутворювачі (Cr , Mn , Mo , V); типові аніони (Br^- , I^- , F^- , B^{3-}).

Мікроелементи можуть бути присутніми у природних водах у вигляді різних фізико-хімічних форм: завислій, колоїдній та розчинній. В останній розрізняють вільні іони та комплексні сполуки з лігандами органічної і неорганічної природи.

Мікроелементи входять до складу низки сполук, які мають специфічні

функції: ферментів, вітамінів, гормонів. Дія мікроелементів, які входять до складу цих сполук, проявляється у зміні активності процесів обміну речовин в організмах та деяких їх специфічних функцій. За високих концентрацій у воді, які перевищують встановлені санітарно-гігієнічні нормативи, мікроелементи можуть бути дуже токсичними для організму людини [13, 17].

На рис. А.6-А.9, розташованих в додатку А наведено графіки зміни середньорічних концентрацій досліджуваних мікроелементів у воді р. Молочна в пунктах гідрохімічного моніторингу.

Залізо у поверхневих водах міститься в кількостях, що становлять десятки частки міліграма в 1 дм³, поблизу боліт – одиниці міліграма. Підвищений вміст заліза (понад 1 мг/дм³) погіршує якість води і можливість її використання для питних і технічних цілей [17].

У воді р. Молочна в м. Токмак (1 км вище міста) під час весняного періоду середня концентрація Fe_{заг} становить 0,15 мг/дм³ (табл. 2.4), змінюючись у межах від 0,17 мг/дм³ до 0,22 мг/дм³. Значення Fe_{заг} у водах річки Молочна в м. Токмак (в межах міста) відсутні.

Таблиця 2.4 – Середні, мінімальні та максимальні концентрації мікроелементів у воді в пунктах гідрохімічного моніторингу басейну р. Молочна за період 1999-2011 рр.

Пункт (створ)	Fe _{заг} , мг/дм ³	Cu ²⁺ , мкг/дм ³	Mn, мкг/дм ³	Zn ²⁺ , мкг/дм ³
1	2	3	4	5
Зимовий сезон				
м. Токмак (1 км вище)	-	-	-	-
	-	-	-	-
м. Токмак (в межах)	-	-	-	-
	-	-	-	-
м. Токмак (1 км нижче)	-	-	-	-
	-	-	-	-
м. Мелітополь (1,5 км вище)	-	-	-	-
	-	-	-	-
м. Мелітополь (0,5 км нижче)	-	-	-	-
	-	-	-	-

Продовження табл. 2.4

1	2	3	4	5
Весняний сезон				
м. Токмак (1 км вище)	0,15	1,95	35,5	51,4
	0,07-0,22	1,75-2,15	16,5-54,0	29,4-73,4
м. Токмак (в межах)	-	-	-	-
	-	-	-	-
м. Токмак (1 км нижче)	0,13	26,9	26,9	32,7
	0,07-0,19	11,8-41,9	11,8-41,9	28,3-37,1
м. Мелітополь (1,5 км вище)	0,17	3,99	44,0	34,8
	0,09-0,25	2,86-5,12	26,1-61,9	29,2-40,5
м. Мелітополь (0,5 км нижче)	0,13	2,59	27,0	35,0
	0,08-0,18	2,29-2,90	16,0-38,0	28,0
Літній сезон				
м. Токмак (1 км вище)	0,38	3,15	24,1	27,9
	-	-	-	-
м. Токмак (в межах)	-	-	-	-
	-	-	-	-
м. Токмак (1 км нижче)	0,35	3,80	40,2	37,5
	-	-	-	-
м. Мелітополь (1,5 км вище)	0,25	5,22	31,75	110,9
	-	-	-	-
м. Мелітополь (0,5 км нижче)	0,29	4,10	43,4	26,7
	-	-	-	-
Осінній сезон				
м. Токмак (1 км вище)	0,13	2,90	21,2	19,7
	0,13-0,13	2,65-3,10	19,7-222,7	19,7-19,7
м. Токмак (в межах)	-	-	-	-
	-	-	-	-
м. Токмак (1 км нижче)	0,09	3,92	16,7	20,5
	0,09-0,09	3,76-4,08	13,9-19,5	20,5-20,5
м. Мелітополь (1,5 км вище)	0,12	2,80	23,0	25,1
	0,12-0,12	2,72-2,87	22,0-23,8	25,1-25,1
м. Мелітополь (0,5 км нижче)	0,13	4,76	23,9	26,2
	0,13-0,13	4,76-4,76	23,9-23,9	26,2-26,2

У воді річки Молочної пункту міста Токмак (1 км нижче міста), середня концентрація заліза під час весняного сезону становить 0,13мг/дм³, змінюючись у межах від 0,07 мг/дм³ до 0,19 мг/дм³. У воді річки Молочної м. Мелітополь (1,5 км вище міста), середня концентрація Fe_{заг} становить 0,17 мг/дм³, змінюючись у межах від 0,09 мг/дм³ до 0,25 мг/дм³.

Навесні середня концентрація заліза річки Молочна в пункті міста

Мелітополь (1 км нижче міста) становить $0,13 \text{ мг/дм}^3$, змінюючись у межах від $0,08 \text{ мг/дм}^3$ до $0,18 \text{ мг/дм}^3$.

У воді річки Молочна м. Токмак (1 км вище міста) під час осіннього періоду середня концентрація $\text{Fe}_{\text{заг}}$ становить $0,13 \text{ мг/дм}^3$ (табл. 2.4).

У воді річки Молочної пункту міста Токмак (1 км нижче міста), середня концентрація заліза під час осіннього сезону становить $0,09 \text{ мг/дм}^3$. У воді річки Молочної м. Мелітополь (1,5 км вище міста), середня концентрація $\text{Fe}_{\text{заг}}$ становить $0,12 \text{ мг/дм}^3$.

Восени середня концентрація заліза річки Молочна в пункті міста Мелітополь (1 км нижче міста) становить $0,13 \text{ мг/дм}^3$.

Мідь (Cu^{2+}) є порівняно малопоширеним елементом. Більша кількість міді (близько 80%) присутня в земній корі у вигляді сполук із сіркою, близько 15% перебуває у вигляді кисневих сполук (карбонати, оксиди, силікати) [17].

Основним джерелом надходження міді у поверхневі води є стічні води підприємств хімічної та металургійної промисловостей, шахтні води, альгіцидні реагенти, які використовуються для винищення водоростей.

У воді мідь може перебувати в іонній формі та у вигляді комплексних сполук з органічними і мінеральними речовинами.

Мідь належить до числа активних мікроелементів, які беруть участь у процесі фотосинтезу та впливаючих на засвоєння азоту рослинами [17].

У воді річки Молочна м. Токмак (1 км вище міста) під час весняного сезону середня концентрація Cu^{2+} становить $1,95 \text{ мкг/дм}^3$ (табл. 2.4), змінюючись у межах від $1,75 \text{ мкг/дм}^3$ до $2,15 \text{ мкг/дм}^3$. Відомості про концентрації Cu^{2+} у воді річки Молочна м. Токмак (в межах міста) відсутні.

У воді річки Молочної пункту міста Токмак (1 км нижче міста), середня концентрація міді під час весняного сезону становить $26,87 \text{ мкг/дм}^3$, змінюючись у межах від $11,79 \text{ мкг/дм}^3$ до $41,95 \text{ мкг/дм}^3$. У воді річки Молочної м. Мелітополь (1,5 км вище міста), середня концентрація Cu^{2+} становить $3,99 \text{ мкг/дм}^3$, змінюючись у межах від $2,86 \text{ мкг/дм}^3$ до $5,12 \text{ мкг/дм}^3$.

Навесні середня концентрація міді річки Молочна в пункті міста Мелітополь (1 км нижче міста) становить 2,59 мкг/дм³, змінюючись у межах від 2,29 мкг/дм³ до 2,9 мкг/дм³.

У воді річки Молочна м. Токмак (1 км вище міста) під час осіннього сезону середня концентрація Cu^{2+} становить 2,9 мкг/дм³ (табл. 2.4), змінюючись у межах від 2,65 мкг/дм³ до 3,1 мкг/дм³. Відомості про значення Cu у воді річки Молочна м. Токмак (в межах міста) відсутні.

У воді річки Молочної пункту міста Токмак (1 км нижче міста), середня концентрація міді під час осіннього сезону становить 3,92 мкг/дм³, змінюючись у межах від 3,76 мкг/дм³ до 4,08 мкг/дм³. У воді річки Молочної м. Мелітополь (1,5 км вище міста), середня концентрація Cu^{2+} становить 2,8 мкг/дм³, змінюючись у межах від 2,72 мкг/дм³ до 2,87 мкг/дм³.

Під час осіннього періоду середня концентрація міді річки Молочна в пункті міста Мелітополь (1 км нижче міста) становить 4,76 мкг/дм³.

Марганець (Mn) у вільному вигляді в природі не зустрічається. Входить до складу великої кількості мінералів, переважно оксидів.

У природні води марганець надходить у результаті вилуговування залізо марганцевих руд та інших мінералів, які містять марганець. Певна його кількість надходить у процесі розкладання залишків водних тваринних та рослинних організмів, особливо синьо-зелених водоростей, вищих водних рослин, а також зі стічними водами металургійних заводів, підприємств хімічної промисловості та шахтними водами.

Головна форма міграції Mn у поверхневих водах – зависла. Її склад зумовлюється в свою чергу, складом порід, які дренуються водами. Головні фактори, які впливають на перехід марганцю з розчиненого у завислий стан – це значне рН і Eh.

Вміст марганцю у поверхневих водах зазнає сезонних коливань. Факторами, які визначають зміни концентрації марганцю, є співвідношення між поверхневим і підземним водним стоком, інтенсивність споживання його при фотосинтезі, розкладання фітопланктону, мікроорганізмів і вищої

водяної рослинності, а також процеси осадження на дно водних об'єктів. Роль марганцю в житті вищих рослин і водоростей природних вод велика: він сприяє утилізації діоксиду вуглецю (CO_2) рослинами, бере участь у процесах відновлення нітратів та асиміляції азоту рослинами, а також у деяких інших біохімічних процесах [17].

У воді річки Молочна м. Токмак (1 км вище міста) під час весняного сезону середня концентрація Mn становить $0,95 \text{ мкг/дм}^3$ (табл. 2.4), змінюючись у межах від $1,75 \text{ мкг/дм}^3$ до $2,15 \text{ мкг/дм}^3$. Відомості про концентрації марганцю у воді річки Молочна м. Токмак (в межах міста) відсутні.

У воді річки Молочної пункту міста Токмак (1 км нижче міста), середня концентрація марганцю під час весняного сезону становить $26,87 \text{ мкг/дм}^3$, змінюючись у межах від $11,79 \text{ мкг/дм}^3$ до $41,95 \text{ мкг/дм}^3$. У воді річки Молочної м. Мелітополь (1,5 км вище міста), середня концентрація Mn становить $44,03 \text{ мкг/дм}^3$, змінюючись у межах від $26,15 \text{ мкг/дм}^3$ до $61,9 \text{ мкг/дм}^3$.

Навесні середня концентрація марганцю річки Молочна в пункті міста Мелітополь (1 км нижче міста) становить 27 мкг/дм^3 , змінюючись у межах від 16 мкг/дм^3 до 38 мкг/дм^3 .

У воді річки Молочна м. Токмак (1 км вище міста) під час осіннього сезону середня концентрація Mn становить $21,19 \text{ мкг/дм}^3$ (табл. 2.4), змінюючись у межах від $19,69 \text{ мкг/дм}^3$ до $22,69 \text{ мкг/дм}^3$. Відомості про величини марганцю у воді річки Молочна м. Токмак (в межах міста) відсутні.

У воді річки Молочної пункту міста Токмак (1 км нижче міста), середня концентрація марганцю під час весняного сезону становить $16,72 \text{ мкг/дм}^3$, змінюючись у межах від $13,9 \text{ мкг/дм}^3$ до $19,54 \text{ мкг/дм}^3$. У воді річки Молочної м. Мелітополь (1,5 км вище міста), середня концентрація Mn становить $23,0 \text{ мкг/дм}^3$, змінюючись у межах від $22,00 \text{ мкг/дм}^3$ до $23,83 \text{ мкг/дм}^3$.

Навесні середня концентрація марганцю у воді річки Молочна в пункті

міста Мелітополь (1 км нижче міста) становить 23,92 мкг/дм³.

Цинк (Zn²⁺). Досить поширений у природі та зустрічається у невеликій кількості у всіх породах вулканічного походження. Майже всі сполуки цинку крім ZnF, добре розчинні у воді. Внаслідок цього, на відміну від міді і свинцю, цинк більш поширений у водах. Надходять у природні води у результаті процесів руйнування та розщеплення гірських порід та мінералів, а також зі стічними водами рудозбагачувальних фабрик та гальванічних цехів, виготовлення мінеральних фарб та ін.

Цинк належить до активних мікроелементів, які впливають на ріст та розвиток рослинних організмів. Крім того він в організмі він також зменшує токсичність кадмію та міді. В той же час концентрації цинку, які перевищують ГДК, негативно впливають на організми. Міграційна здатність цинку вища ніж у міді і свинцю. У водах гумідної зони домінують розчинені форми цинку, серед яких високий процент не закомплексованих іонів двовалентного цинку (Zn²⁺) [17].

У воді річки Молочна м. Токмак (1 км вище міста) під час весняного сезону середня концентрація Zn²⁺ становить 51,38 мкг/дм³ (табл. 2.4), змінюючись у межах від 29,38 мкг/дм³ до 73,38 мкг/дм³. Відомості про значення цинку у воді річки Молочна м. Токмак (в межах міста) відсутні.

У воді річки Молочної пункту міста Токмак (1 км нижче міста), середня концентрація цинку під час весняного сезону становить 32,7 мкг/дм³, змінюючись у межах від 28,33 мкг/дм³ до 37,08 мкг/дм³. У воді річки Молочної м. Мелітополь (1,5 км вище міста), середня концентрація Zn становить 34,84 мкг/дм³, змінюючись у межах від 29,23 мкг/дм³ до 40,46 мкг/дм³.

Навесні середня концентрація цинку у воді річки Молочна в пункті міста Мелітополь (1 км нижче міста) становить 26,16 мкг/дм³.

У воді річки Молочна м. Токмак (1 км вище міста) під час осіннього сезону середня концентрація цинку становить 21,19 мкг/дм³ (табл. 2.4), змінюючись у межах від 19,69 мкг/дм³ до 22,69 мкг/дм³. Відомості про

значення цинку у воді річки Молочна м. Токмак (в межах міста) відсутні.

У воді річки Молочної пункту міста Токмак (1 км нижче міста), середня концентрація цинку під час весняного сезону становить $16,72 \text{ мкг/дм}^3$, змінюючись у межах від $13,9 \text{ мкг/дм}^3$ до $19,54 \text{ мкг/дм}^3$. У воді річки Молочної м. Мелітополь (1,5 км вище міста), середня концентрація Мп становить $23,0 \text{ мкг/дм}^3$, змінюючись у межах від $22,00 \text{ мкг/дм}^3$ до $23,83 \text{ мкг/дм}^3$.

Восени середня концентрація цинку у воді річки Молочна в пункті міста Мелітополь (1 км нижче міста) і становить 35 мкг/дм^3 , змінюючись у межах від 28 мкг/дм^3 до 55 мкг/дм^3 .

2.4 Специфічні забруднювальні речовини

Синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР) – речовини, здатні адсорбувати на поверхнях розподілу фаз і знижувати внаслідок цього їх поверхневу енергію (поверхневий натяг) [17].

В додатку А на рис. А.10-А.14 наведені графіки ходу середньорічних значень забруднювальних речовин у воді р. Молочна на прикладі СПАР та фенолів за багаторічний період в пунктах моніторингу за хімічним складом річкових вод.

У воді р. Молочна в пункті м. Токмак (в межах міста) під час зимового сезону концентрація СПАР становить $0,05 \text{ мг/дм}^3$ і спостерігається в 2000 році. У всіх інших пунктах р. Молочної дані відсутні.

У воді річки Молочна м. Токмак (1 км вище міста) під час весняного сезону середня концентрація СПАР становить $0,016 \text{ мг/дм}^3$ (табл. 2.5), змінюючись у межах від $0,013 \text{ мг/дм}^3$ до $0,021 \text{ мг/дм}^3$. У воді річки Молочна м. Токмак (в межах міста), середня концентрація СПАР становить $0,118 \text{ мг/дм}^3$ змінюючись у межах від $0,111 \text{ мг/дм}^3$ до $0,124 \text{ мг/дм}^3$.

Таблиця 2.5 – Середні, мінімальні та максимальні концентрації
специфічних забруднювальних речовин
у воді в пунктах гідрохімічного моніторингу
басейну р. Молочна за період 1999-2011 рр.

Пункт (створ)	СПАР, мг/дм ³	Феноли, мг/дм ³
1	2	3
Зимовий сезон		
м. Токмак (1 км вище)	-	-
	-	-
м. Токмак (в межах)	0,05	-
	0,05-0,05	-
м. Токмак (1 км нижче)	-	-
	-	-
м. Мелітополь (1,5 км вище)	-	-
	-	-
м. Мелітополь (0,5 км нижче)	-	-
	-	-
Весняний сезон		
м. Токмак (1 км вище)	0,016	0,0008
	0,013-0,021	-
м. Токмак (в межах)	0,118	0,0028
	0,111-0,124	0,0021-0,0035
м. Токмак (1 км нижче)	0,016	0,023
	0,014-0,019	0,018-0,029
м. Мелітополь (1,5 км вище)	0,020	0,0012
	0,010-0,030	-
м. Мелітополь (0,5 км нижче)	0,020	0,002
	0,020-0,030	-
Літній сезон		
м. Токмак (1 км вище)	0,01	0,002
	0,01-0,01	-
м. Токмак (в межах)	0,24	0,003
	0,13-0,35	-
м. Токмак (1 км нижче)	0,13	0,002
	0,02-0,24	-
м. Мелітополь (1,5 км вище)	0,02	0,02
	0,02-0,02	-
м. Мелітополь (0,5 км нижче)	0,04	0,002
	0,04-0,04	-

Продовження табл. 2.5

1	2	3
Осінній сезон		
м. Токмак (1 км вище)	0,0165	0,001
	0,016-0,017	-
м. Токмак (в межах)	0,06	0,003
	0,06-0,06	0,029-0,003
м. Токмак (1 км нижче)	0,02	0,0024
	0,02-0,02	-
м. Мелітополь (1,5 км вище)	0,018	0,0021
	0,018-0,019	-
м. Мелітополь (0,5 км нижче)	0,0268	0,004
	0,0263-0,027	-

У воді річки Молочної пункту міста Токмак (1 км нижче міста), середня концентрація СПАР під час весняного сезону становить 0,016 мг/дм³, змінюючись у межах від 0,014 мг/дм³ до 0,019 мг/дм³. У воді річки Молочної м. Мелітополь (1,5 км вище міста), середня концентрація СПАР становить 0,02 мг/дм³, змінюючись у межах від 0,01 мг/дм³ до 0,03 мг/дм³.

Навесні середня концентрація СПАР у воді річки Молочна в пункті міста Мелітополь (1 км нижче міста) становить 0,025 мг/дм³, змінюючись у межах від 0,02 мг/дм³ до 0,03 мг/дм³.

У воді річки Молочна м. Токмак (1 км вище міста) під час літнього сезону середня концентрація СПАР становить 0,01 мг/дм³ (табл. 2.5). Середня концентрація СПАР у воді річки Молочна м. Токмак (в межах міста) становить 0,24 мг/дм³ змінюючись у межах від 0,13 мг/дм³ до 0,35 мг/дм³.

У воді річки Молочної пункту міста Токмак (1 км нижче міста), середня концентрація СПАР під час літнього періоду становить 0,13 мг/дм³, змінюючись у межах від 0,02 мг/дм³ до 0,24 мг/дм³. У воді річки Молочної м. Мелітополь (1,5 км вище міста), середня концентрація СПАР становить 0,02 мг/дм³.

У воді річки Молочної м. Мелітополь (1 км нижче міста), середня концентрація СПАР становить 0,0165 мг/дм³, змінюючись у межах від

0,016 мг/дм³ до 0,017 мг/дм³.

У воді річки Молочна м. Токмак (1 км вище міста) під час осіннього сезону середня концентрація СПАР становить 0,016 мг/дм³ (табл. 2.5), змінюючись у межах від 0,013 мг/дм³ до 0,021 мг/дм³. У воді річки Молочна м. Токмак (в межах міста), середня концентрація СПАР становить 0,06 мг/дм³.

У воді річки Молочної пункту міста Токмак (1 км нижче міста), середня концентрація СПАР під час весняного сезону становить 0,02 мг/дм³. У воді річки Молочної м. Мелітополь (1,5 км вище міста), середня концентрація СПАР становить 0,018 мг/дм³, змінюючись у межах від 0,018 мг/дм³ до 0,019 мг/дм³.

Восени середня концентрація СПАР у воді річки Молочна в пункті міста Мелітополь (1 км нижче міста) становить 0,0268 мг/дм³, змінюючись у межах від 0,0263 мг/дм³ до 0,027 мг/дм³.

Феноли. Суміші газоподібних, рідких і твердих вуглеводів різних класів, які видобуваються з нафти і нафтових супутніх газів.

У воді річки Молочної пункту міста Токмак (1 км нижче міста), середня концентрація СПАР під час весняного сезону становить 0,0008 мг/дм³.

У воді річки Молочна м. Токмак (в межах міста) під час весняного сезону середня концентрація феноли становить 0,0028 мг/дм³ (табл. 2.5), змінюючись у межах від 0,0021 мг/дм³ до 0,0035 мг/дм³. У воді річки Молочна м. Токмак (1 км нижче міста), середня концентрація феноли становить 0,0023 мг/дм³ змінюючись у межах від 0,0018 мг/дм³ до 0,0029 мг/дм³.

У воді річки Молочної м. Мелітополь (1,5 км вище міста), середня концентрація феноли становить 0,01 мг/дм³. Навесні в пункті м. Мелітополь (1 км нижче міста) р. Молочна середня концентрація феноли становить 0,02 мг/дм³.

У воді річки Молочна м. Токмак (1 км вище міста) під час літнього сезону середня концентрація феноли становить 0,02 мг/дм³ (табл. 2.5).

Середня концентрація феноли у воді річки Молочна м. Токмак (в межах міста) становить 0,003 мг/дм³.

У воді річки Молочної пункту міста Токмак (1 км нижче міста), середня концентрація феноли під час літнього періоду становить 0,002 мг/дм³. У воді річки Молочної м. Мелітополь (1,5 км вище міста), середня концентрація феноли становить 0,002 мг/дм³.

У воді річки Молочної м. Мелітополь (1 км нижче міста), середня концентрація феноли становить 0,002 мг/дм³.

Восени середня концентрація феноли у воді річки Молочна в пункті міста Мелітополь (1 км нижче міста) становить 0,003 мг/дм³, змінюючись у межах від 0,029 мг/дм³ до 0,003 мг/дм³.

3 МЕТОДИКА ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ЗА ГІДРОХІМІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ

У гідрохімічній практиці використовується метод інтегральної оцінки якості води, по сукупності забруднювальних речовин, що перебувають в ній, і частоті їх виявлення. З метою встановлення рівня якості води водних об'єктів виконується трьохступінчаста класифікація за ознаками повторюваності випадків забруднення, кратності перевищення нормативів, а також з урахуванням характеру забрудненості.

У цьому методі для кожного інгредієнта на основі фактичних концентрацій розраховуються бали повторюваності випадків перевищення ГДК – H_i , кратності перевищення ГДК – K_i , а також загальний оцінний бал – B_i [16].

3.1 Встановлення ступеня стійкості забрудненості

Перший ступінь класифікації заснований на встановленні ступеня стійкості забрудненості. В якості ступеня стійкості забрудненості використовується широко поширена в гідрохімічній практиці повторюваність випадків перевищення ГДК

$$H_i = \frac{N_{\text{ГДК}_i}}{N_i} \cdot 100\%, \quad (3.1)$$

де H_i – повторюваність випадків перевищення ГДК по i -му інгредієнту;

$N_{\text{ГДК}_i}$ – кількість результатів аналізу, в яких вміст i -го інгредієнта перевищує його граничну допустиму концентрацію;

N_i – загальна кількість результатів аналізу по i -му інгредієнту.

При аналізі забрудненості за ознакою повторюваності виділяються як якісно помітні наступні характеристики: забрудненість може спостерігатися в окремих пробах, тобто бути одиничною; забрудненість може бути нестійкою; може не бути пригнічуючою, але в той же час явно має стійкий характер і, нарешті, забрудненість може бути пригнічуючою, тобто характерною (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Класифікація води водних об'єктів за ознакою повторюваності випадків забрудненості

Повторюваність %	Характеристика забрудненості води водних об'єктів за ознакою повторюваності	Часткові оцінні бали	
		виражені умовно	абсолютні значення
(0; 10)	одинична	<i>a</i>	1
[10; 30)	нестійка	<i>b</i>	2
[30; 50)	стійка	<i>c</i>	3
[50; 100]	характерна	<i>d</i>	4

Якісним виразам виділених характеристик забрудненості води присуджуються кількісні вирази в балах. Використовуючи цей ступінь класифікації при узагальненні аналітичного матеріалу по окремих забруднювальних речовинах, одержують, наприклад, наступні характеристики: «випадкова забрудненість фенолами», «характерна забрудненість нафтопродуктами» та ін. [5, 6]

3.2 Дослідження рівня забрудненості

Другий ступінь класифікації заснований на встановленні рівня забрудненості, в якості якого використовується також широко поширений в гідрохімічній практиці показник кратності перевищення ГДК

$$K_i = \frac{C_i}{C_{ГДК_i}} \cdot 100\%, \quad (3.2)$$

де K_i – кратність перевищення ГДК по i -му інгредієнту;

C_i – концентрація i -го інгредієнта у воді водного об'єкта, мг/дм³;

$C_{ГДК_i}$ – гранично допустима концентрація i -го інгредієнта, мг/дм³.

При аналізі забрудненості води водних об'єктів за кратністю перевищення нормативів окремою забруднювальною речовиною також виділяються чотири якісно помітні ступені рівня забрудненості: 1) забрудненість низького рівня 2) середнього рівня, 3) високого і 4) дуже високого рівнів (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Класифікація води водотоків за рівнем забрудненості

Кратність перевищення нормативів	Характеристика рівня забрудненості	Часткові оцінні бали	
		виражені умовно	абсолютні значення
(0; 2)	низький	a_1	1
[2; 10)	середній	b_1	2
[10; 50)	високий	c_1	3
[50; 100]	дуже високий	d_1	4

Якісним виразам виділених характеристик також привласнюються кількісні вирази градацій в балах. Використовуючи другий ступінь

класифікації, можна одержати такі характеристики ступеня забрудненості води водотоків як: «забрудненість фенолами низького рівня», «забрудненість нафтопродуктами високого рівня» і так далі.

3.3 Комплексна характеристика стану забрудненості

При поєднанні першої і другої ступенів класифікації води по кожному з інгредієнтів, що враховуються, одержують узагальнені характеристики забрудненості, умовно відповідні ступеню їхнього впливу на якість води за певний часовий проміжок (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Можливі варіації якісного стану води водотоків по окремих інгредієнтах і показниках забрудненості

№ п/п	Комплексна характеристика стану забрудненості води водотоку	Узагальнені оцінні бали S_i		Характеристика якості води водотоку
		виражені умовно	абсолютні значення	
1	2	3	4	5
1	Одинична забрудненість низького рівня	$a \times a_1$	1	слабко забруднена
2	Одинична забрудненість середнього рівня	$a \times b_1$	2	забруднена
3	Одинична забрудненість високого рівня	$a \times c_1$	3	брудна
4	Одинична забрудненість дуже високого рівня	$a \times d_1$	4	брудна
5	Нестійка забрудненість низького рівня	$b \times a_1$	2	забруднена

Продовження табл. 3.3

1	2	3	4	5
6	Нестійка забрудненість середнього рівня	$b \times b_1$	4	брудна
7	Нестійка забрудненість високого рівня	$b \times c_1$	6	дуже брудна
8	Нестійка забрудненість дуже високого рівня	$b \times d_1$	8	дуже брудна
9	Стійка забрудненість низького рівня	$c \times a_1$	3	брудна
10	Стійка забрудненість середнього рівня	$c \times b_1$	6	дуже брудна
11	Стійка забрудненість високого рівня	$c \times c_1$	9	дуже брудна
12	Стійка забрудненість дуже високого рівня	$c \times d_1$	12	неприпустимо брудна
13	Характерна забрудненість низького рівня	$d \times a_1$	4	брудна
14	Характерна забрудненість середнього рівня	$d \times b_1$	8	дуже брудна
15	Характерна забрудненість високого рівня	$d \times c_1$	12	неприпустимо брудна
16	Характерна забрудненість дуже високого рівня	$d \times d_1$	16	неприпустимо брудна

Якісним узагальненим характеристикам присуджуються узагальнені оцінні бали S_i одержані як добуток оцінок по окремих характеристиках. Значення узагальненого оцінного балу по одному інгредієнту може коливатися в різних водах від 1 до 16. Більшому його значенню відповідає гірша якість води по окремій забруднювальній речовині, тобто по одному з

елементів якості. У природних умовах зустрічаються різноманітні якісні стани води водних об'єктів. Всього таких комбінацій 16. Використовуючи узагальнені якісні показники, можна охарактеризувати забрудненість води окремими забруднювальними речовинами, як: «одинична забрудненість фенолами низького рівня», «характерна забрудненість нафтопродуктами високого рівня» і так далі.

По придатності для використання з тією або іншою метою вода водних об'єктів, забрудненість яких характеризується як «одинична низького рівня», може бути позначена за своєю якістю як «слабко забруднена»; «одинична середнього рівня» і «нестійка низького рівня» – як «забруднена»; «одинична забрудненість високого і дуже високого рівнів», «нестійка забрудненість середнього рівня» та «стійка і характерна забрудненість низького рівня» – як «брудна»; решта варіацій стану води характеризуються як «дуже і неприпустимо брудні» [5, 6].

3.4 Комбінаторний індекс забрудненості

Якість води водних об'єктів є функцією не тільки окремих її елементів і тривалості їхньої дії, але й кількості цих елементів і комбінаторних відносин їхніх концентрацій. Врахування сумісного впливу цих факторів здійснюється в завершальному, третьому ступені класифікації. Відомо, що при одночасній дії токсичних речовин ефект їхній може залишатися таким же, як дія кожної з цих речовин окремо, так і може виявитися ослабленим або посиленним. У останньому випадку може мати місце адитивна дія. На підставі цього положення якість води і водного об'єкта визначається через комплексний показник, що одержується складанням узагальнених оцінних балів всіх визначуваних в створі забруднювальних речовин. Оскільки при цьому враховуються різні комбінації концентрацій забруднювальних речовин в умовах їхньої одночасної присутності, можна назвати цей комплексний

показник «комбінаторним індексом забрудненості» (КІЗ)

$$KIZ = \sum_{i=1}^n S_i . \quad (3.3)$$

Завершальний етап класифікації здійснюється на підставі величини комбінаторного індексу забрудненості. Оскільки величина КІЗ в значному ступені, залежить від числа інгредієнтів, встановлення градацій якості води щодо її придатності для використання з тією або іншою метою здійснюється в залежності від їхньої кількості (табл. 3.4).

Використовуючи вказані градації, за величиною комбінаторного індексу забрудненості і числа врахованих в оцінці інгредієнтів якості води, воду відносять до того або іншого класу якості. Виділяють чотири класи якості води: «слабко забруднена», «забруднена», «брудна», «дуже брудна».

У зв'язку з тим, що третій і четвертий класи якості води характеризуються ширшим, ніж перший і другий, діапазонами коливань величини КІЗ і забрудненість води, що розрізняється значно, оцінюється однаково, потрапляючи в один і той же клас, доцільно ввести в ці класи розряди якості.

Для забезпечення більшої точності визначення якості води встановлення оцінних балів за величиною кратності перевищення ГДК (до 50 ГДК), за величиною повторюваності випадків забруднення (до 50%) і всі подальші обчислення доцільно проводити, використовуючи інтерполяцію балів всередині виділених інтервалів. При цьому, проте, всі стани забрудненості, при яких кратність перевищення нормативів більше 50 ГДК і повторюваність випадків забрудненості більше 50%, оцінюються балом, що дорівнює 4. Можливість використання води споживачами в залежності від класу якості наведена в табл. 3.5.

Таблиця 3.4 – Класифікація якості води водотоків за величиною комбінаторного індексу забрудненості

Клас якості води водотоків	Розряд класу якості води водотоків	Характеристика стану забрудненості води водотоків	Величина комбінаторного індексу забрудненості (КІЗ)					
			без врахування числа ЛОЗ ($k = 1,0$)	з урахуванням числа ЛОЗ				
				1 ЛОЗ ($k = 0,9$)	2 ЛОЗ ($k = 0,8$)	3 ЛОЗ ($k = 0,7$)	4 ЛОЗ ($k = 0,6$)	5 ЛОЗ ($k = 0,5$)
I		слабко забруднена	$[1n]$	$[0,9n]$	$[0,8n]$	$[0,7n]$	$[0,6n]$	$[0,5n]$
II		забруднена	$(1n; 2n]$	$(0,9n; 1,8n]$	$(0,8n; 1,6n]$	$(0,7n; 1,4n]$	$(0,6n; 1,2n]$	$(0,5n; 1,0n]$
III		брудна	$(2n; 4n]$	$(1,8n; 3,6n]$	$(1,6n; 3,2n]$	$(1,4n; 2,8n]$	$(1,2n; 2,4n]$	$(1,0n; 2,0n]$
III	розряд а)	брудна	$(2n; 3n]$	$(1,8n; 2,7n]$	$(1,6n; 2,4n]$	$(1,4n; 2,1n]$	$(1,2n; 1,8n]$	$(1,0n; 1,5n]$
III	розряд б)	брудна	$(3n; 4n]$	$(2,7n; 3,6n]$	$(2,4n; 3,2n]$	$(2,1n; 2,8n]$	$(1,8n; 2,4n]$	$(1,5n; 2,0n]$
IV		дуже брудна	$(4n; 11n]$	$(3,6n; 9,9n]$	$(3,2n; 8,8n]$	$(2,8n; 7,7n]$	$(2,4n; 6,6n]$	$(2,0n; 5,5n]$
IV	розряд а)	дуже брудна	$(4n; 6n]$	$(3,6n; 5,4n]$	$(3,2n; 4,8n]$	$(2,8n; 4,2n]$	$(2,4n; 3,6n]$	$(2,0n; 3,0n]$
IV	розряд б)	дуже брудна	$(6n; 8n]$	$(5,4n; 7,2n]$	$(4,8n; 6,4n]$	$(4,2n; 5,6n]$	$(3,6n; 4,8n]$	$(3,0n; 4,0n]$
IV	розряд в)	дуже брудна	$(8n; 10n]$	$(7,2n; 9,0n]$	$(6,4n; 8,0n]$	$(5,6n; 7,0n]$	$(4,8n; 6,0n]$	$(4,0n; 5,0n]$
IV	розряд г)	дуже брудна	$(10n; 11n]$	$(9,0n; 9,9n]$	$(8,0n; 8,8n]$	$(7,0n; 7,7n]$	$(6,0n; 6,6n]$	$(5,0n; 5,5n]$

Примітка. При величині (КІЗ) більше $11n$ (n - число нормованих інгредієнтів і показників якості води, що враховуються в оцінці) вода характеризується як «неприпустимо брудна» і розглядається поза пропонованою класифікацією.

Таблиця 3.5 – Вплив забруднення на можливість використання води водотоків

Стан води водотоків	Види водокористування					
	господарсько-питне	рекреація	побутове користування	рибне господарство	промисловість	зрошування
Слабко забруднена	Придатна з очищенням	Використовується	Придатна	Придатна для деяких видів риб	Придатна для всіх видів	Придатна
Забруднена	Не придатна	Не придатна	Не придатна	Не придатна	Скрутно	Придатна з обмеженнями
Брудна	Не придатна	Абсолютно не придатна	Не придатна	Не придатна	Можливо для спеціальних цілей після очищення	Зустрічає утруднення
Дуже брудна	Не придатна	Не використовується	Абсолютно не можливо	неможливо	Можливо в окремих випадках	Можливо в окремих випадках

Наведена система визначення класів забрудненості може бути використана тільки за умови рівномірного розподілу забруднювального навантаження між всіма інгредієнтами. Якщо ж по яких-небудь елементах якості спостерігаються різкі відмінності оцінок від основної маси, то ці забруднювальні речовини визначаються як ознаки, що лімітують забрудненість (ЛОЗ) для даного створу або водотоку, оскільки вони за величиною сумарного оцінного балу $S_i \geq 11$ відносять воду до якнайгіршого класу – «неприпустимо брудна».

Тобто ознаки, що лімітують забрудненість (ЛОЗ) – це такі інгредієнти і показники якості води, які значно погіршують її якість і переводять воду в клас «неприпустимо брудна». До ознак, що лімітують забрудненість води, відносять будь-яку забруднювальну речовину, забрудненість води якою визначається як «стійка дуже високого рівня» або «характерна високого і дуже високого рівнів» [5, 6].

У деяких комбінаціях забруднювальних речовин може скластися ситуація, коли вода дуже сильно забруднена одним або декількома забруднювальними речовинами, але має задовільні характеристики за всіма іншими показниками. В цьому випадку при одержанні комбінаторного індексу забрудненості відбувається згладжування високих величин одних показників за рахунок низьких величин за іншими показниками і за наявності явно вираженої сильної забрудненості води одним або двома інгредієнтами вода може визначатися як «слабко забруднена». Для усунення згладжуючого впливу низьких величин концентрацій в градації якості вводиться коефіцієнт запасу k який навмисно занижує кількісні вирази градацій якості залежно від числа ознак, що лімітують забрудненість, і зменшується із зростанням числа останніх (від 1 за відсутності ЛОЗ до 0,9 при 1 ЛОЗ і так далі). Таким чином, за наявності у воді водного об'єкта ознак, що лімітують забрудненість, клас якості води визначається з урахуванням коефіцієнта запасу k . У разі присутності у воді більше п'яти ЛОЗ, або при величині КІЗ більше 11 n вода характеризується як «неприпустимо брудна» і розглядається поза

пропонованою класифікацією.

Оцінка якості поверхневих вод суші за відносними показниками може мати різне застосування. В гідрохімічній практиці вона може бути використана при вирішенні питань, пов'язаних з оцінюванням сучасного стану води водних об'єктів, зі встановленням тимчасових і просторових змін за минулий період, а також з прогнозуванням якості води водних об'єктів на перспективу.

3.5 Оцінка якості вод р. Молочна за рибогосподарськими нормативами

Територія Східної України є урбанізованим регіоном з високим рівнем розвитку промисловості, сільського та рибного господарства, для забезпечення потреб яких необхідна велика кількість водних ресурсів. Проте водозабезпеченість регіону є низькою, а інтенсивність використання водних ресурсів надзвичайно високою. Це свідчить про те, що від кількісних та якісних показників водних ресурсів значною мірою залежить стан і економічний розвиток всього регіону [3, 4].

Аналіз якості вод р. Молочна [4] в створах пункту м. Токмак (рис. 3.1) показав, що в створі 1 км вище міста випадки перевищень ГДК становили 364 рази по показниках мінералізація, магній, хлориди, сульфати, кольоровість, БСК₅, феноли, нітрати, нітрити, кремній, залізо загальне. Стійкий рівень забруднення річки в цьому створі спостерігався впродовж усіх досліджуваних років, окрім 2002 і 2003 рр. Розраховане значення КІЗ в середньому становило 42 бали, максимальне значення становило 56 балів та спостерігалось у 1999 році, що відповідає класу якості води III «брудна».

В створі в межах міста, навпаки, випадки перевищень ГДК становили 268 разів, найчастіше для показників мінералізація, магній, хлориди, сульфати феноли, СПАР. Мінімальний рівень забруднення спостерігався у

1999, 2002 і 2003 рр. Середнє багаторічне значення КІЗ становило 36 балів, максимальне значення КІЗ спостерігалось у 2006 р. і становило 42 бали, що відповідає класу якості води III «брудна», мінімальне значення КІЗ становило 29 балів у 1999 році, що відповідає класу якості води II «забруднена».

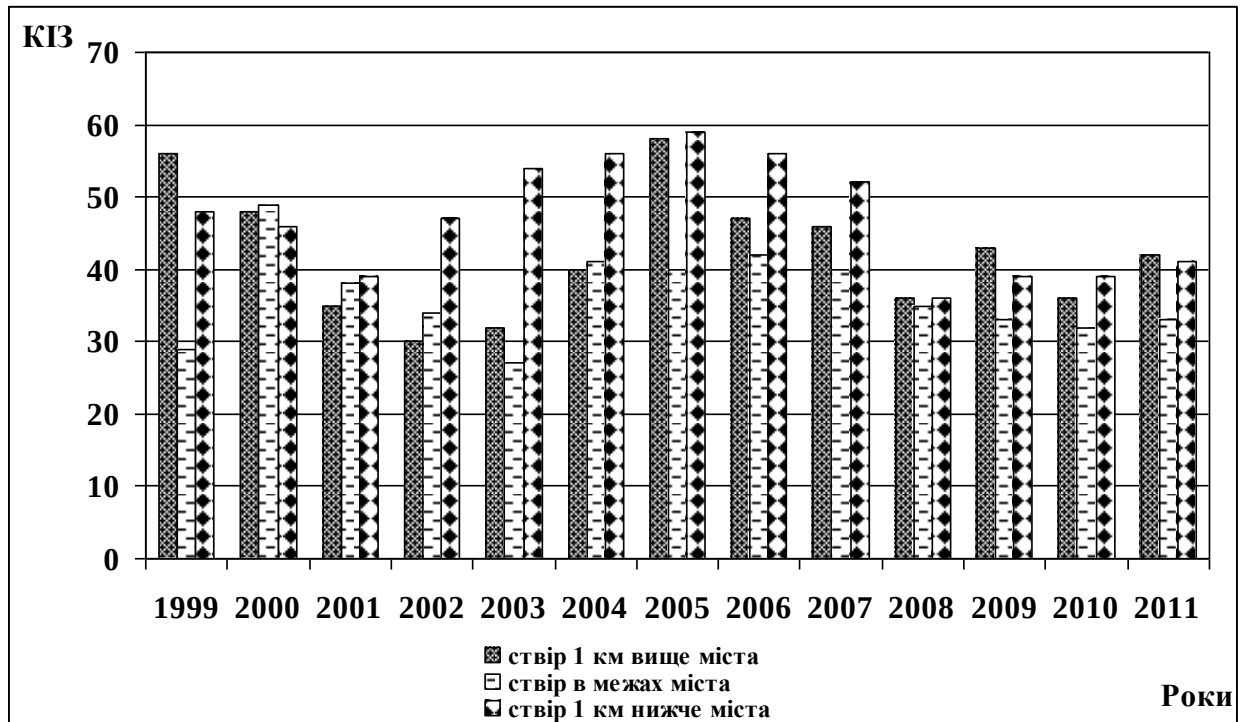


Рисунок 3.1 – Динаміка комбінаторного індексу забрудненості КІЗ в пункті моніторингу м. Токмак

В створі 1 км нижче міста випадки перевищення ГДК були максимальними і становили 472 рази по показниках мінералізація, магній, хлориди, кольоровість, БСК₅, феноли. Впродовж 12 років спостережень якість води характеризується як «брудна». Розраховане значення КІЗ в середньому становило 47 балів, максимальне – 59 балів у 2005 році, що описує належність вод до III класу розряду б) «брудна», мінімальне значення КІЗ становило 36 балів у 2008 році, що відповідає класу якості води III, розряд а), характеристика стану «брудна».

Описуючи результати оцінки якості вод р. Молочна в створах пункту

спостережень м. Мелітополь (рис. 3.2), слід відзначити, що в створі 1,5 км вище міста випадки перевищень ГДК становили 409 разів та найчастіше спостерігалися по показниках мінералізація, магній, хлориди, кольоровість, БСК₅, феноли. Найбільш забрудненими роками є 1999, 2004, 2006, 2007 роки, що відповідають III класу якості води, розряду а), вода «брудна». Середнє багаторічне значення КІЗ становило 26 балів, максимальне значення КІЗ становило 41 бал у 2007 році, що характеризує стан вод як «брудний» (III клас, розряд а)), мінімальне значення КІЗ спостерігалось у 2008 році і становило 16 балів, що відповідає класу якості води III а) «брудна».

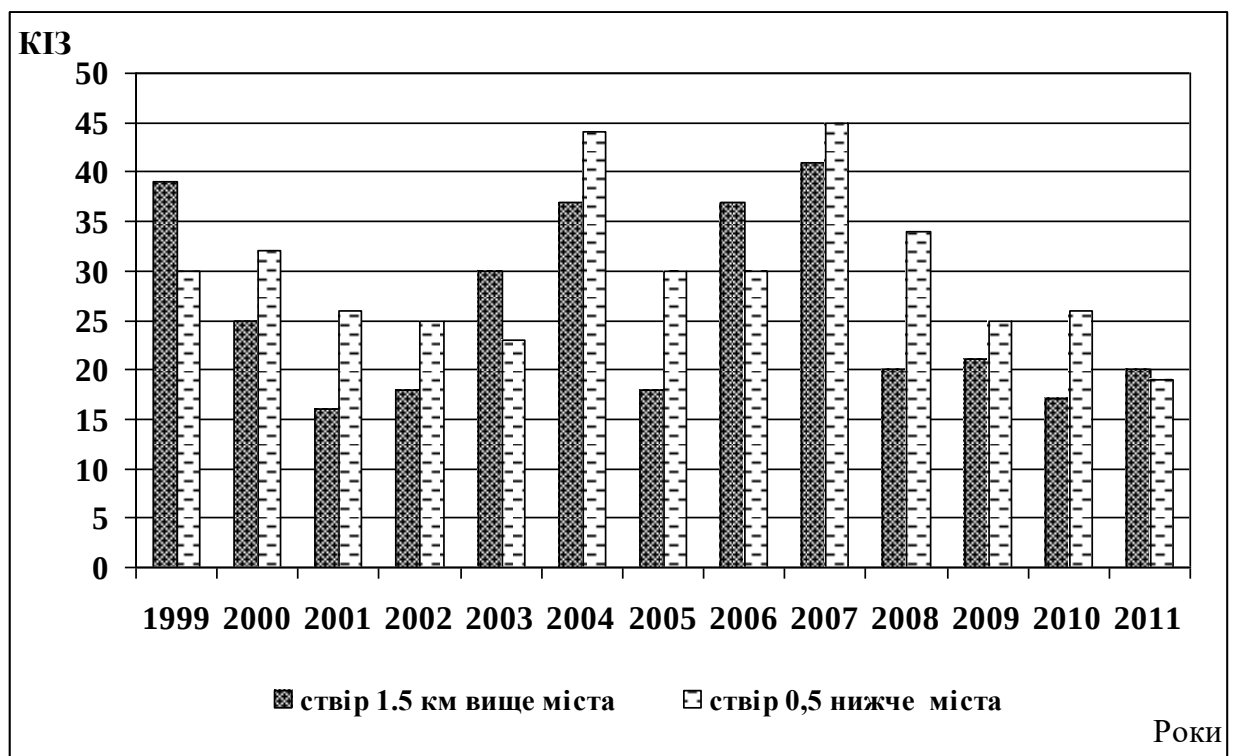


Рисунок 3.2 – Динаміка комбінаторного індексу забрудненості КІЗ в пункті моніторингу м. Мелітополь

В створі 0,5 км нижче міста випадки перевищень ГДК становили 309 разів по показниках мінералізація, магній, хлориди, кольоровість, феноли. Найбільш забрудненими роками виявилися 2004, 2007, 2008 рр., коли якість води описувалася III класом якості, розрядом а) «брудна». Середнє

багаторічне значення КІЗ становило 29 балів, максимальне значення КІЗ становило 45 балів та спостерігалось у 2007 році, клас якості води III а) «брудна», мінімальне значення КІЗ становило 19 балів у 2011 році, що відповідає класу якості води III «брудна».

Для дослідження зміни якості вод р. Молочна за довжиною було визначено середні, максимальні та мінімальні значень КІЗ за досліджуваний період (рис. 3.3). Слід відзначити загальну тенденцію до зменшення забрудненості річки від верхів'їв до низов'їв, яка порушується впливом господарської діяльності в створі 1 км нижче м. Токмак та 0,5 км нижче м. Мелітополь, причому в створі 1 км нижче м. Токмак спостерігається максимальне значення КІЗ.

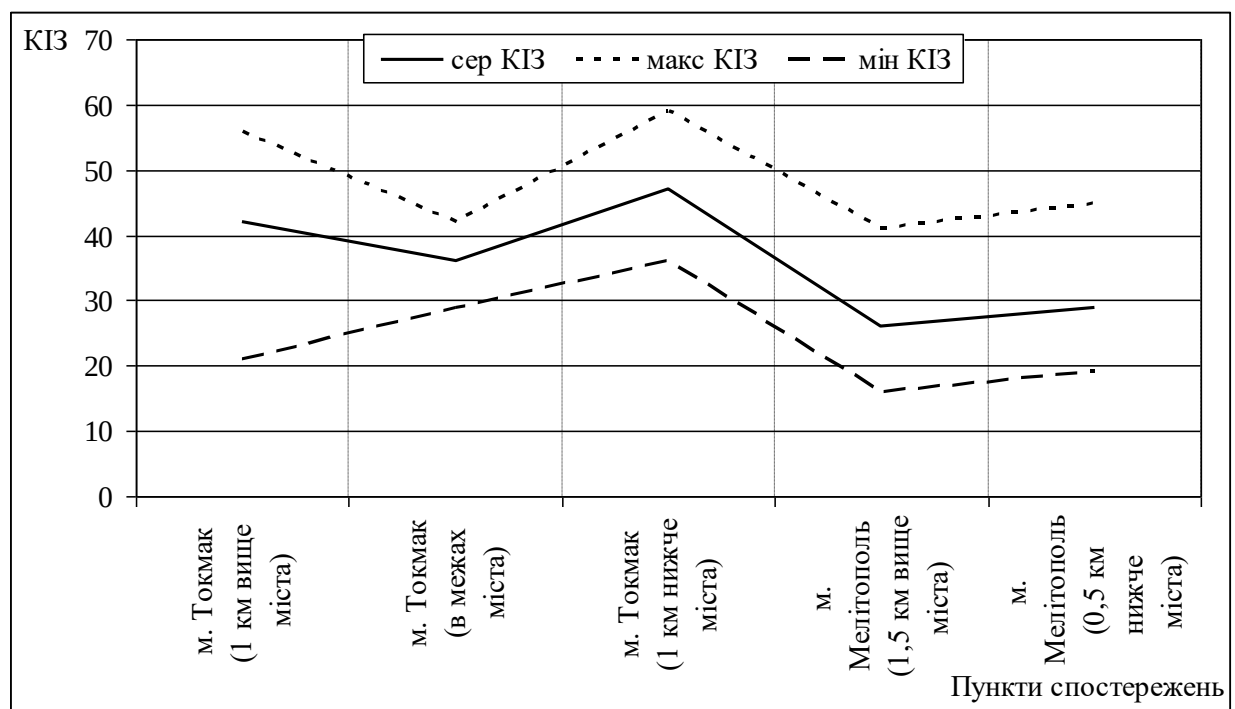


Рисунок 3.3 – Динаміка середніх, максимальних та мінімальних значень КІЗ за довжиною р. Молочна

Можна зауважити, що серед максимальних значень КІЗ, найбільше значення КІЗ становить 59 балів та спостерігається в пункті м. Токмак в створі 1 км нижче міста, найменше значення – 41 бал в створі 1,5 км вище

м. Мелітополь. Максимальні значення КІЗ відповідають III класу якості та характеризують воду як «брудна».

У зміні мінімальних значень КІЗ за довжиною знову виділяється створ 1 км нижче м. Токмак, на якому спостерігається найбільше з мінімальних значень КІЗ, яке дорівнює 36 балів, найменше значення КІЗ було характерним для створу 1,5 км вище м. Мелітополь. Такий розподіл мінімальних значень КІЗ характеризує перехід води від забрудненого стану (II клас якості) до брудної (III клас якості).

Хід зміни середніх багаторічних значень в цілому повторює коливання максимальних і мінімальних. Середні багаторічні значення КІЗ в основному характеризують воду як брудну, тобто III класу якості, та забруднену, тобто II класу якості.

Підсумовуючи, можна зробити загальний висновок про те, що вода р. Молочна за досліджуваний період належать переважно до III класу якості, що характеризує воду як «брудну» та непридатну для рибогосподарського водокористування. Найбільшим ступенем забрудненості через значну зношеність каналізаційних мереж характеризується створ, розташований 1 км нижче м. Токмак.

Це означає необхідність нагального вирішення гідроекологічних проблем басейну р. Молочна шляхом приведення в належний технічний стан мереж каналізації та каналізаційних насосних станцій, ліквідації несанкціонованих звалищ, проведення екологічного моніторингу на полігоні твердих побутових відходів.

ВИСНОВКИ

1) В режимі головних іонів та мінералізації вод річки Молочної можна відзначити такі основні закономірності: максимальні значення SO_4^{2-} , Mg^{2+} та Σ_i спостерігалися у весняний сезон в пункті м. Мелітополь (1 км нижче міста), (1,5 км вище міста) і становили 639 мг/дм³, 115 мг/дм³ та 2199 мг/дм³ відповідно; максимальне значення Cl^- спостерігалось у зимовий сезон в пункті м. Токмак (1 км вище міста) і дорівнювало 628 мг/дм³; в осінній сезон в пункті м. Мелітополь (1,5 км вище міста) та (0,5 км нижче міста) досягав максимуму вміст Ca^{2+} (319 мг/дм³) та $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ (525,2 мг/дм³); максимальне значення HCO_3^- становило 602 мг/дм³ та було характерним для літнього сезону в м. Мелітополь (1,5 км вище міста).

2) У багаторічному ході вмісту біогенних речовин у водах р. Молочна можна відзначити, що максимальні значення іонів NH_4^+ та $\text{N}_{\text{заг}}$ спостерігалися в літній сезон в пункті м. Мелітополь (0,5 км нижче міста) і становили 1,66 мгN/дм³ та 2,77 мгN/дм³ відповідно; максимальні концентрації NO_2^- та NO_3^- дорівнювали 0,18 мгN/дм³ та 2,35 мгN/дм³ у весняний сезон в пункті м. Токмак (в межах міста) та м. Мелітополь (0,5 км нижче міста) відповідно; в осінній сезон в пункті м. Токмак (1 км нижче міста) та м. Мелітополь (0,5 км нижче міста) досягав максимального значення вміст PO_4^{3-} та $\text{P}_{\text{заг}}$ і становив 1,72 мгP/дм³ та 5,7 мгP/дм³ відповідно; максимальне значення Si спостерігалось у літній сезон в пункті міста Токмак (в межах міста) і становило 0,44 мг/дм³.

3) Максимальні значення мікроелементів характеризуються таким розподілом впродовж досліджуваного періоду: в літній сезон в пункті м. Токмак (1 км вище міста) концентрації $\text{Fe}_{\text{заг}}$ та Cu^{2+} досягали 0,38 мг/дм³ та 3,15 мкг/дм³; максимальне значення Mn спостерігалось в осінній сезон в пункті м. Токмак (1 км вище міста) і становило 222,7 мкг/дм³; максимальна

концентрація Zn^{2+} спостерігалася у весняний сезон в пункті м. Токмак (1 км нижче міста) і становила 73,4 мкг/дм³.

4) Стосовно розподілу максимальних концентрацій специфічних забруднювальних речовин, можна відзначити, що максимальні величини СПАР спостерігалися в пункті м. Токмак (в межах міста) в осінній сезон і становили 0,06 мг/дм³; розглядаючи феноли можна сказати що максимальна концентрація спостерігалась в осінній сезон в водах р. Молочна м. Мелітополь (0,5 км нижче міста) і становила 0,004 мг/дм³.

5) В розподілі концентрацій головних іонів та біогенних речовин у водах р. Молочна відрізняється м. Мелітополь, для якого притаманні найбільш високі значення показників сольового складу (HCO_3^- , SO_4^{2-} , Mg^{2+} , Ca^{2+} , $Na^+ + K^+$, Σ_i) та біогенів (NH_4^+ , $N_{заг}$, NO_3^- , $P_{заг}$).

6) Відповідно до формули Курлова склад води річки Молочної є хлоридно-сульфатним кальцієво-натрієвим з мінералізацією 1,82 г/дм³ (1824 мг/дм³).

7) Аналіз багаторічної трансформації вмісту мінералізації дозволяє зробити висновок про збільшення її значень від верхів'їв (м. Токмак в створі 1 км вище міста) 2044 мг/дм³ в 2003 р. до низов'їв (м. Мелітополь в створі 0,5 км нижче міста) 367 мг/дм³ в 2004 р. В розподілі іонів гідрокарбонатів спостерігається поступове зменшення їх абсолютних значень у річкових водах впродовж періоду 1999-2009 рр. в усіх пунктах гідрохімічного моніторингу. Зміна інших іонів в цілому віддзеркалює хід мінералізації у водах р. Молочна.

8) Оцінка якості річкових вод за комплексом гідрохімічних показників дозволяє зробити висновок про те, що води р. Молочна за досліджуваний період належать переважно до III класу якості, що характеризує воду як «брудну» та непридатну для рибогосподарського водокористування, найбільшим ступенем забрудненості через значну зношеність каналізаційних мереж характеризується створ, розташований 1 км нижче м. Токмак.

В якості основних природоохоронних заходів, що необхідні для поліпшення екологічного стану вод річки можна порекомендувати привести в належний технічний стан мереж каналізації та каналізаційних насосних станцій, ліквідувати несанкціоновані звалища по берегах, провести екологічний моніторинг на полігоні твердих побутових відходів, відрегулювати роботу гідротехнічних споруд.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Алексеев Д.К., Гальцова В.В., Дмитриев В.В. Экологический мониторинг: современное состояние, подходы и методы. Часть I. Учебное пособие. – СПб.: изд. РГГМУ, 2011. – 302 с.
2. Горєв Л.М., Пелешенко В.І., Хільчевський В.К. Гідрохімія України. – К.: Вища школа, 1995. – 307 с.
3. Гриценко Т.О., Юрчик Т.В. Екологічна оцінка якості вод на прикладі річок Східної України // Збірник статей за матеріалами студентської наукової конференції ОДЕКУ, 15-20 квітня 2013 р. – Одеса: ТЕС. – 2013. – С. 115-118.
4. Гриценко Т.О., Юрчик Т.В. Оцінка придатності вод річок Сіверський Донець та Молочна для господарсько-питного та рибогосподарського водокористування // Збірник статей за матеріалами студентської наукової конференції ОДЕКУ, 08-12 квітня 2014 р. – Одеса: ТЕС. – 2014. – С. 95-97.
5. Емельянова В.П., Данилова Г.Н., Колесникова Т.Х. Обзор методов оценки качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям // Гидрохимические материалы. – 1982. – Т. LXXXI. – С. 121-131.
6. Емельянова В.П., Данилова Г.Н., Колесникова Т.Х. Оценка качества поверхностных вод суши по гидрохимическим показателям // Гидрохимические материалы. – 1983. – Т. LXXXVIII. – С. 119-129.
7. Игошин Н.И. Проблемы восстановления и охраны малых рек и водоемов. Гидроэкологические аспекты: Учебное пособие. – Харьков: Бурун Книга, 2009. – 240 с.
8. Камзіст Ж.С., Шевченко О.Л. Гідрогеологія України: Навчальний посібник. – Київ: Фірма «ІНКІОС», 2009. – 614 с.
9. Коротун І.М., Коротун Л.К., Коротун С.І. Природні ресурси України: Навчальний посібник. – Рівне, 2000. – 192 с.
10. Никаноров А.М. Гидрохимия: Учебник. – СПб: Гидрометеиздат, 2001. – 444 с.

11. Никаноров А.М., Иваник В.М., Пирумова Е.И. Тенденция многолетних изменений солевого состава воды р. Дон в нижнем течении // Метеорология и гидрология. – 2004. - №11. – С. 83-89.
12. Молочна ріка – диво природи. – Мелітополь, 2002. – 100 с.
13. Осадчий В.І., Набиванець Б.Й., Осадча Н.М., Набиванець Ю.Б. Гідрохімічний довідник: Поверхневі води України. Гідрохімічні розрахунки. Методи аналізу. – К.: «Ніка-Центр», 2008. – 656 с.
14. Паламарчук М.М., Закорчевна Н.Б. Водний фонд України: Довідковий посібник. – К.: «Ніка-Центр», 2006. – 320 с.
15. Романенко В.Д. Основы гидроэкологии. – К.: «Генеза», 2004. – 664 с.
16. Сніжко С.І. Оцінка та прогнозування якості природних вод. – К.: НІКА – Центр, 2001. – 264 с.
17. Хільчевський В.К., Винарчук О.О., Гончар О.М., Забокрицька М.Р., Кравчинський Р.Л., Сташук В.А., Чунарьов О.В. Гідрохімія річок Лівобережного лісостепу України: Навчальний посібник. – К.: Ніка-Центр, 2014. – 230 с.
18. Хільчевський В.К., Осадчий В.І., Курило С.М. Основы гідрохімії. – К.: Ніка-Центр, 2012. – 312 с.
19. Швебс Г.І., Ігошин М.І. Каталог річок і водойм України: Навчально-довідниковий посібник. – Одеса: Астропринт, 2003. – 392 с.
20. Sileika A.S. Analysis of variation in nitrogen and phosphorus concentration in the nemunas river / Sileika A.S. S.Kyrta. K. Gaigalis, L.Berankiene, A.Smitiene // Water management Engineering. Vilanial.-2005. – Vol.2(5). – P.15-24.

ДОДАТОК А

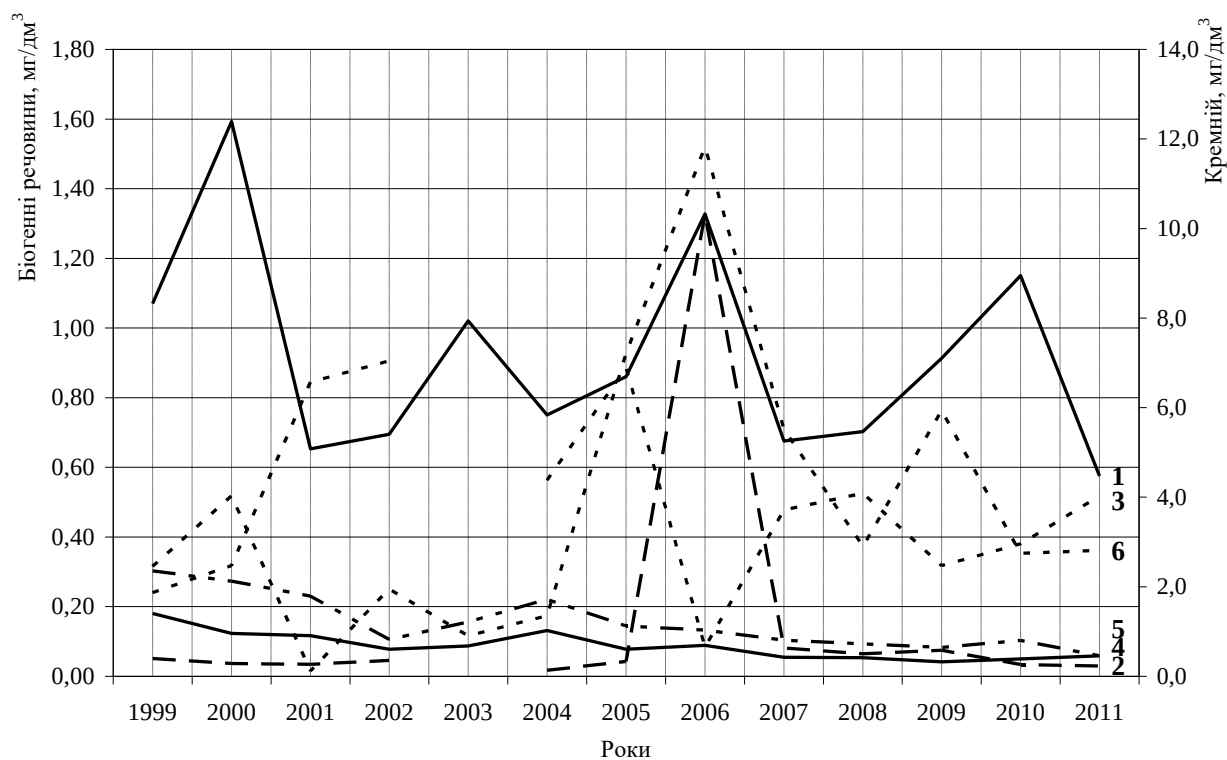


Рисунок А.1 – Міжрічна динаміка вмісту біогенних речовин у водах
р. Молочна в пункті м. Токмак (1 км вище міста)

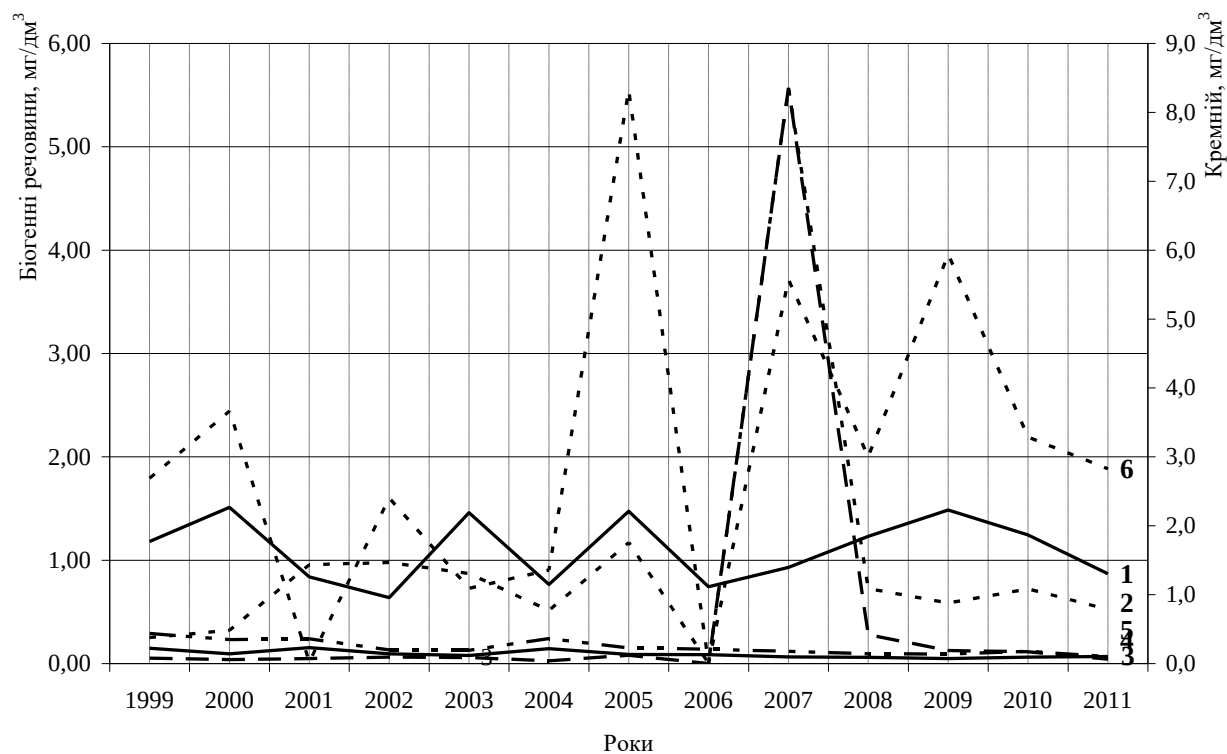


Рисунок А.2 – Міжрічна динаміка вмісту біогенних речовин у водах
р. Молочна в пункті м. Токмак (в межах міста)

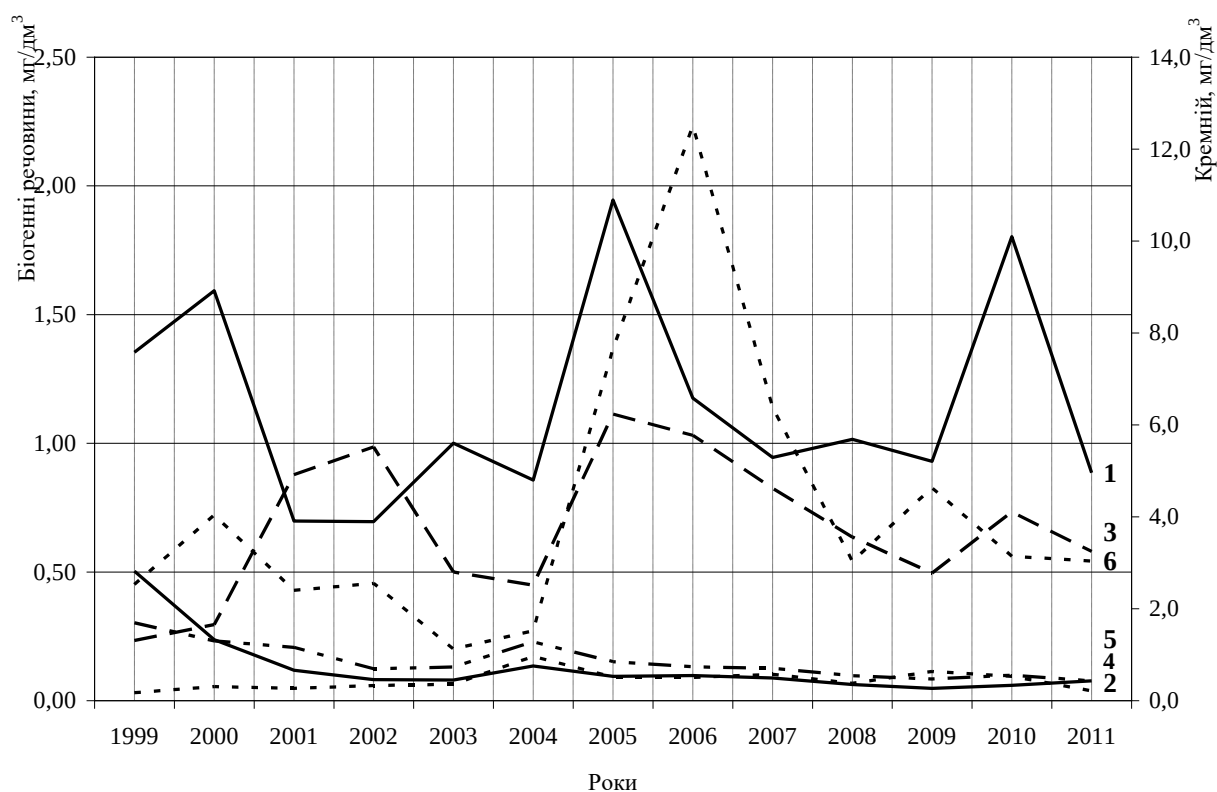


Рисунок А.3 – Міжрічна динаміка вмісту біогенних речовин у водах
р. Молочна в пункті м. Токмак (1 км нижче міста)

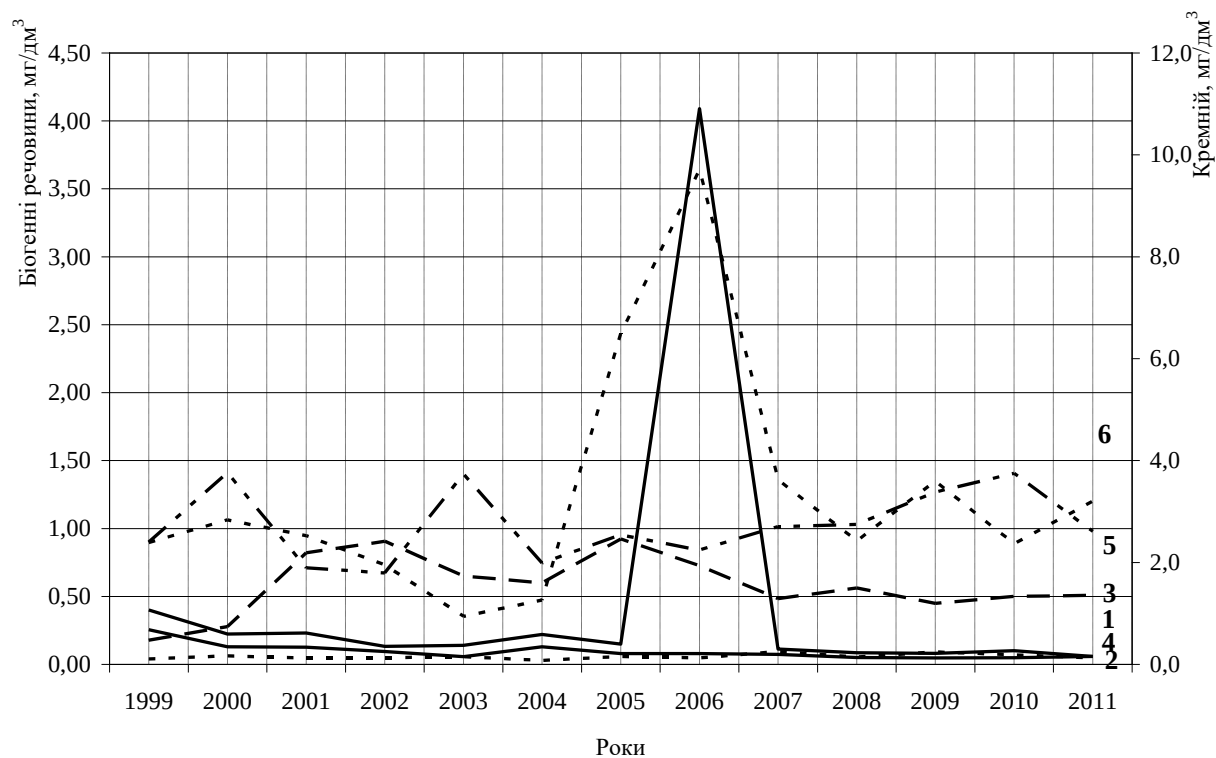


Рисунок А.4 – Міжрічна динаміка вмісту біогенних речовин у водах
р. Молочна в пункті м. Мелітополь (1,5 км вище міста)

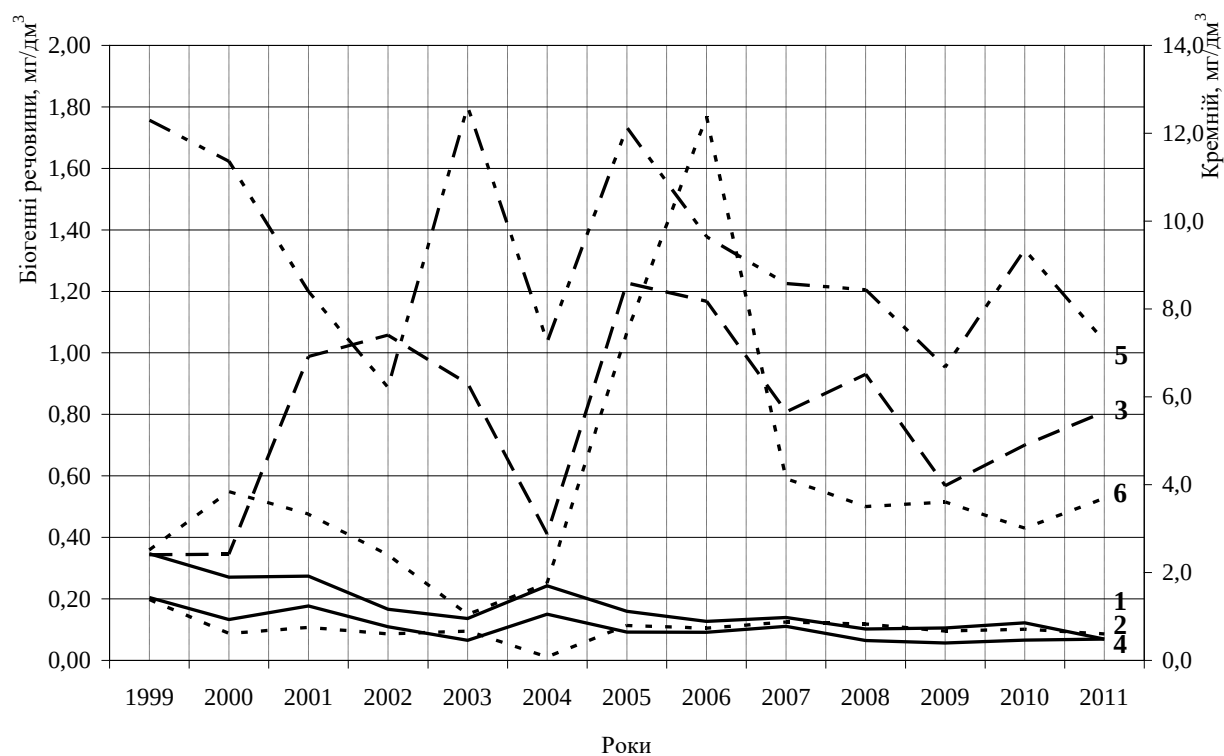


Рисунок А.5 – Міжрічна динаміка вмісту біогенних речовин у водах
р. Молочна в пункті м. Мелітополь (0,5 км нижче міста)

Умовні позначення:

- 1 – концентрації іонів амонію (NH_4^+);
- 2 – концентрації нітритних іонів (NO_2^-);
- 3 – концентрації нітратних іонів (NO_3^-);
- 4 – концентрації іонів фосфатів (PO_4^{3-});
- 5 – концентрації фосфору загального ($\text{P}_{\text{заг}}$);
- 6 – концентрації іонів кремнію (Si).

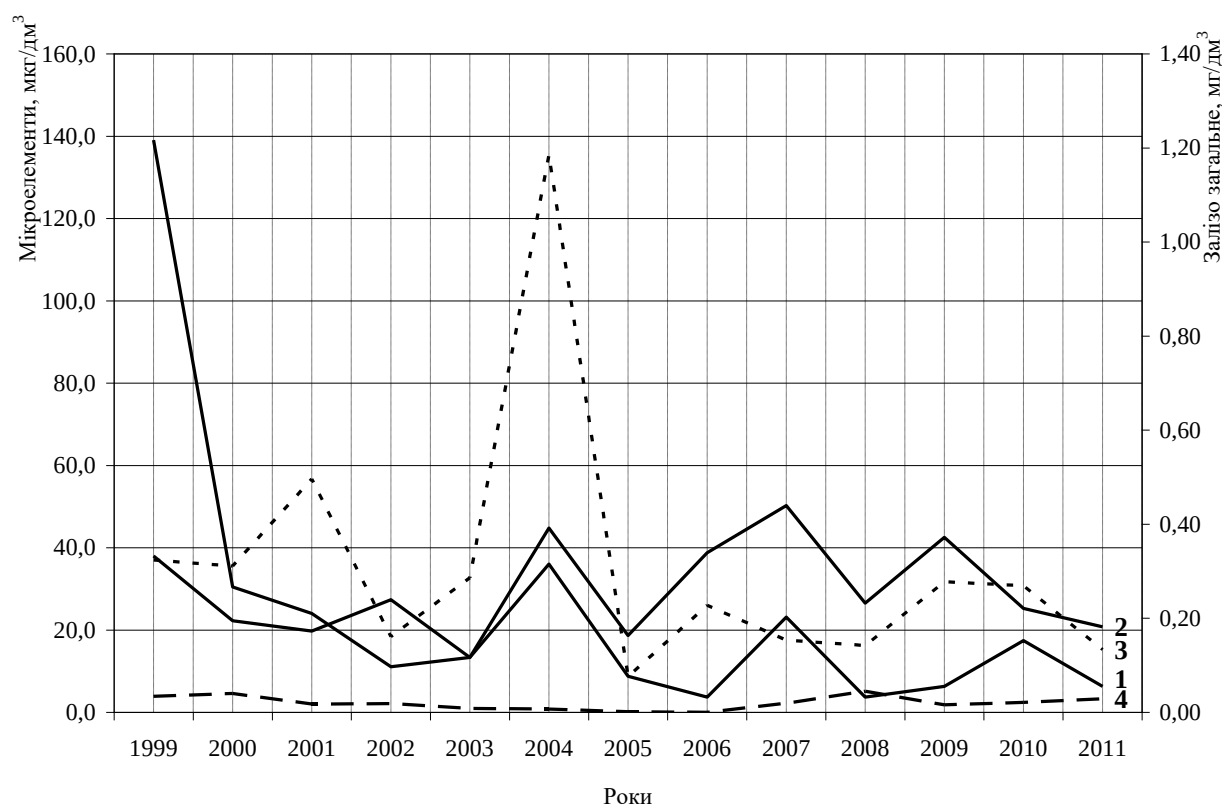


Рисунок А.6 – Міжрічна динаміка вмісту мікроелементів у водах
р. Молочна в пункті м. Токмак (1 км вище міста)

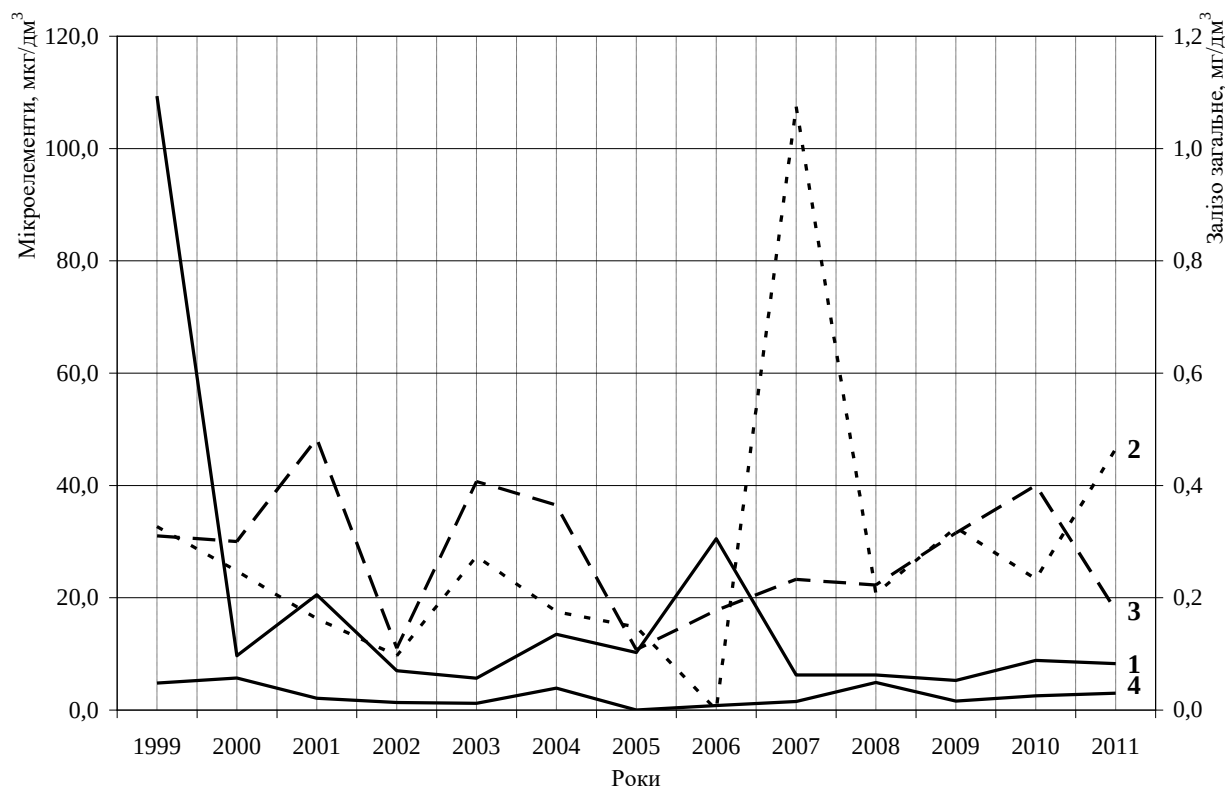


Рисунок А.7 – Міжрічна динаміка вмісту мікроелементів у водах
р. Молочна в пункті м. Токмак (1 км нижче міста)

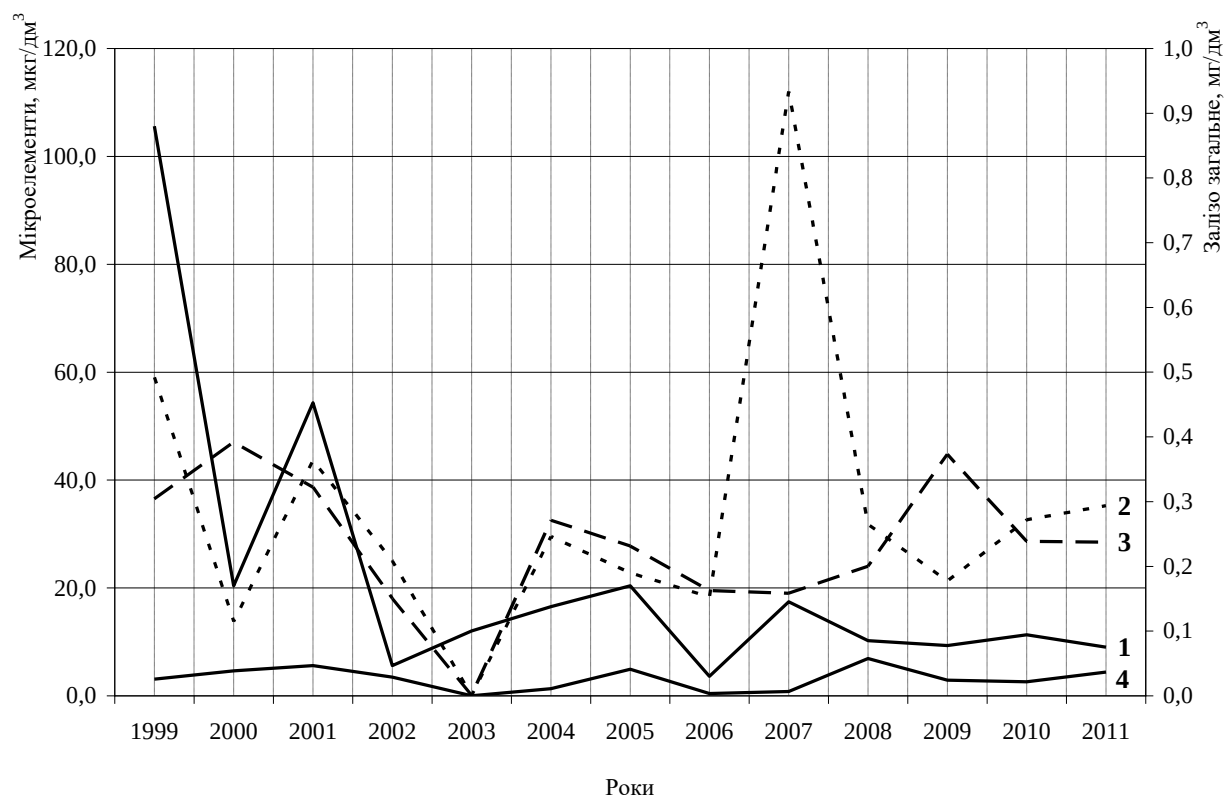


Рисунок А.8 – Міжрічна динаміка вмісту мікроелементів у водах
р. Молочна в пункті м. Мелітополь (1,5 км вище міста)

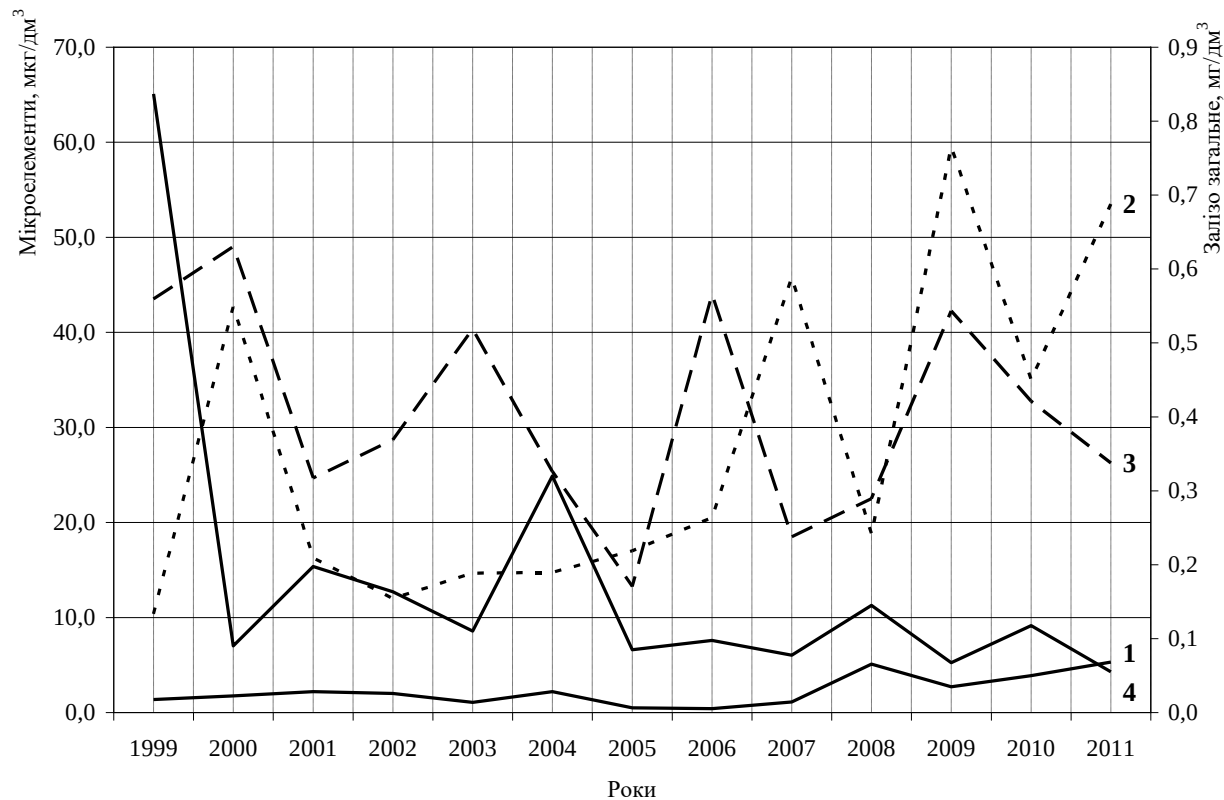


Рисунок А.9 – Міжрічна динаміка вмісту мікроелементів у водах
р. Молочна в пункті м. Мелітополь (0,5 км нижче міста)

Умовні позначення:

1 – концентрації заліза загального ($\text{Fe}_{\text{заг}}$);

2 – концентрації іонів марганцю (Mn);

3 – концентрації іонів цинку (Zn^{2+});

4 – концентрації іонів міді (Cu^{2+}).

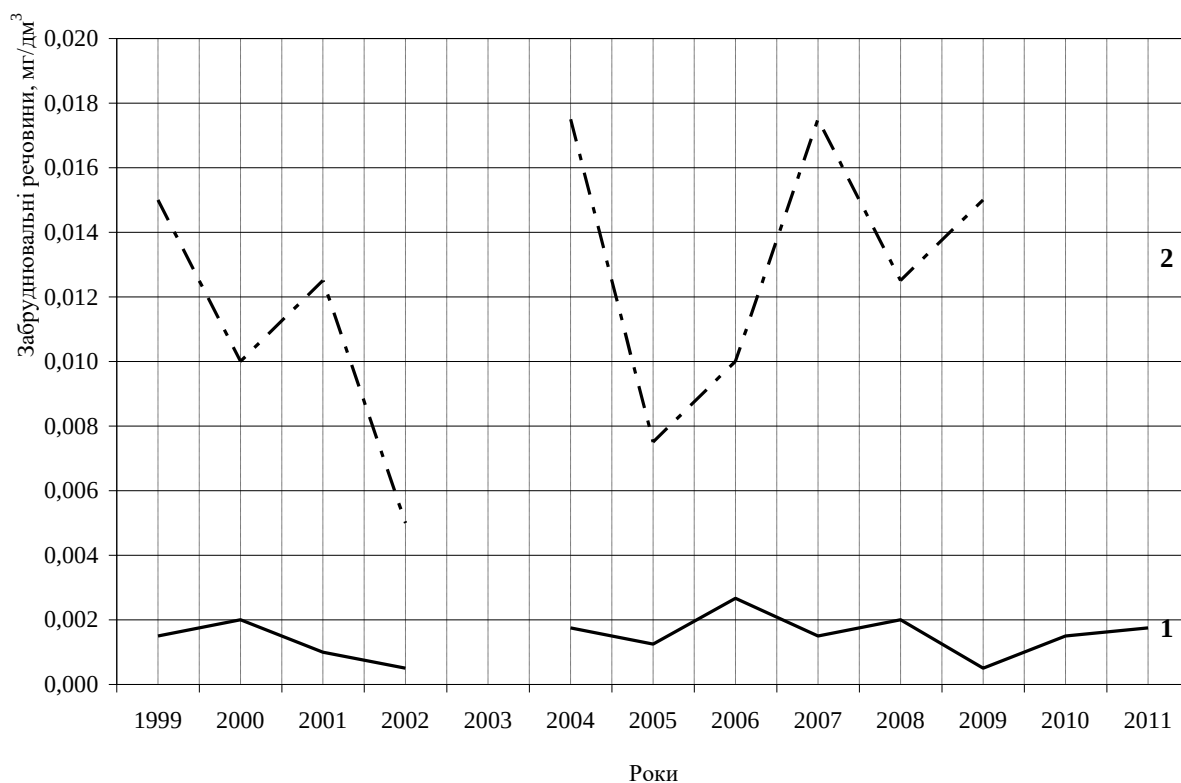


Рисунок А.10 – Міжрічна динаміка вмісту забруднювальних речовин у водах р. Молочна в пункті м. Токмак (1 км вище міста)

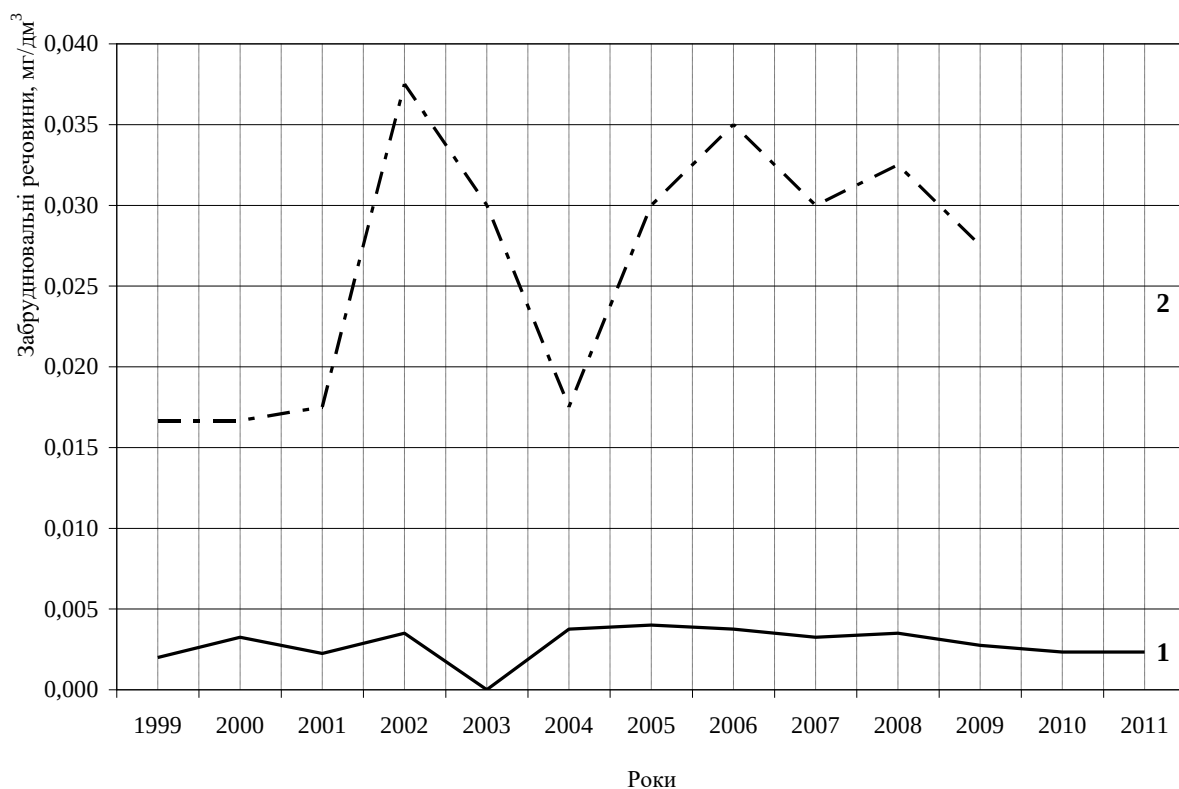


Рисунок А.11 – Міжрічна динаміка вмісту забруднювальних речовин у водах р. Молочна в пункті м. Токмак (в межах міста)

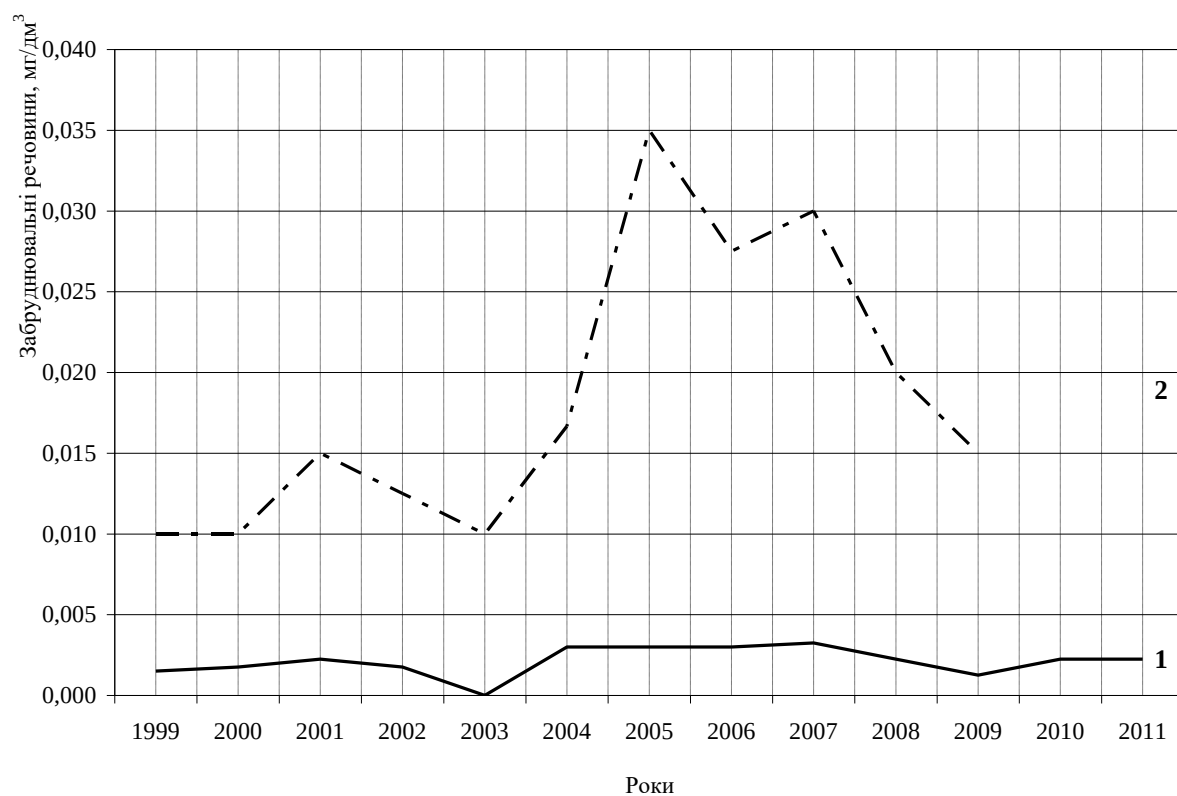


Рисунок А.12 – Міжрічна динаміка вмісту забруднювальних речовин у водах р. Молочна в пункті м. Токмак (1 км нижче міста)

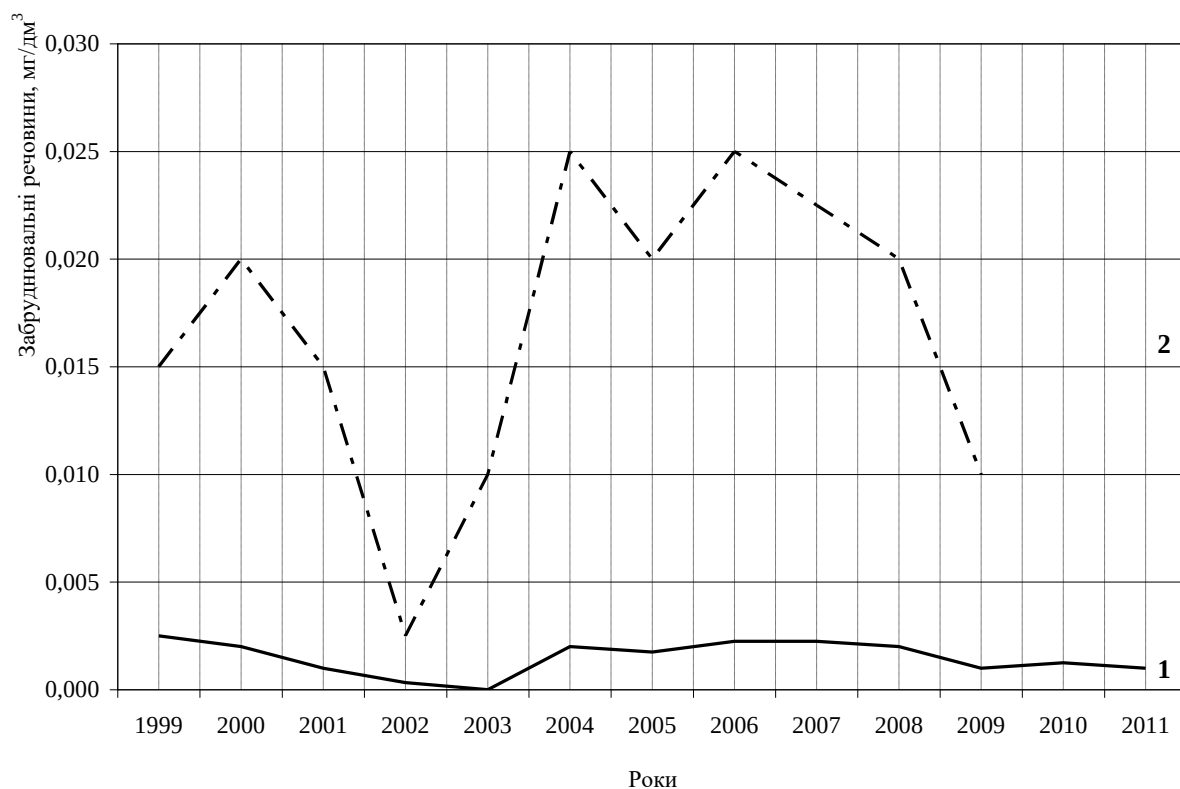


Рисунок А.13 – Міжрічна динаміка вмісту забруднювальних речовин у водах р. Молочна в пункті м. Мелітополь (1,5 км вище міста)

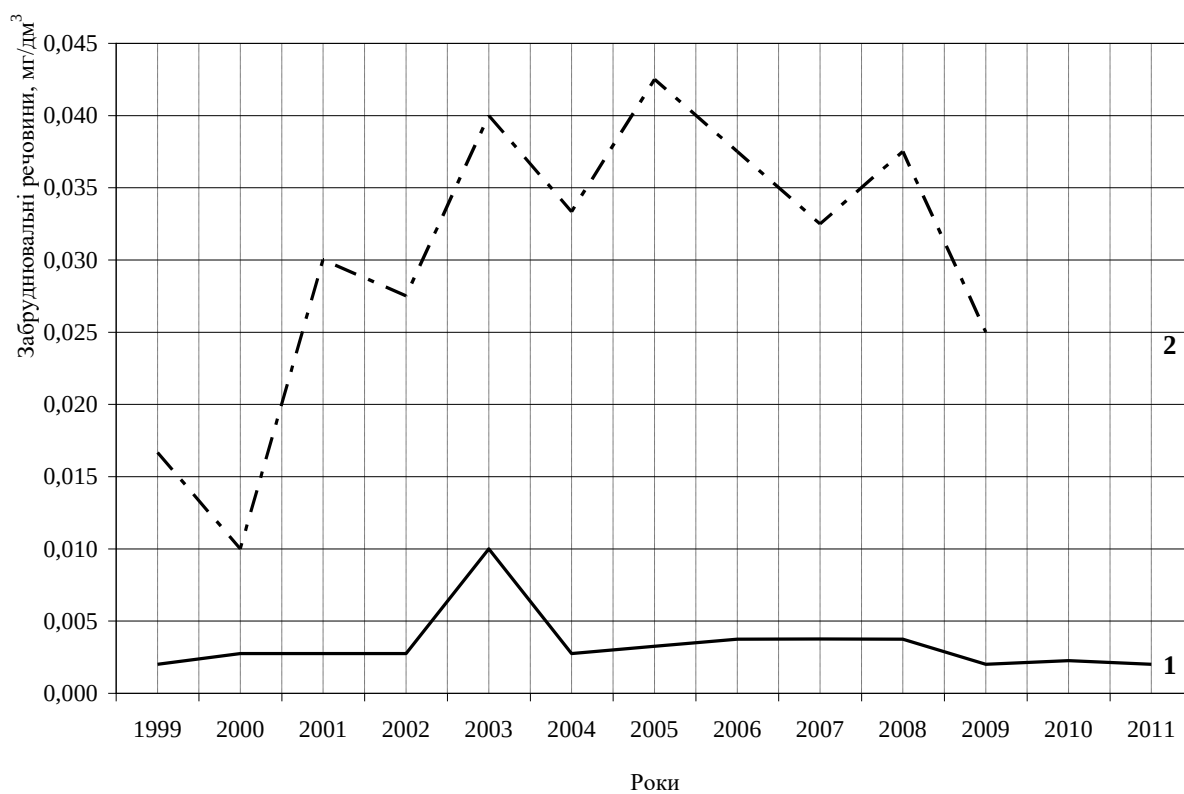


Рисунок А.14 – Міжрічна динаміка вмісту забруднювальних речовин у водах р. Молочна в пункті м. Мелітополь (0,5 км нижче міста)

Умовні позначення:

1 – концентрації фенолів;

2 – концентрації СПАР.