

«Якість води»

**«АНАЛІЗ САНІТАРНО-ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ
ВОДИ ВОДОВОДУ «ДНІПРО-МИКОЛАЇВ»**

ЗМІСТ

Зміст	2
Вступ	3
Розділ 1. Літературний огляд	5
1.1. Екологічні проблеми річки Дніпро	5
1.2. Основні показники якості річкової води	6
1.3. Негативний вплив забруднення води на живі організми річки Дніпро	10
Розділ 2. Матеріали та методи досліджень	13
2.1. Фізико-географічна характеристика річки Дніпро	13
2.2. Математико-статистичні методи аналізу	13
Розділ 3. Результати та їх обговорення	16
3.1. Характер мінливості санітарно-екологічних показників якості води водоводу «Дніпро-Миколаїв» протягом періоду дослідження	16
3.2. Динаміка санітарно-екологічних показників якості води водоводу «Дніпро-Миколаїв» протягом періоду дослідження	18
3.3. Вплив року, місяця та сезону на мінливість санітарно- екологічних показників якості води водоводу «Дніпро- Миколаїв» протягом періоду дослідження	23
Висновки	28
Список використаної літератури	30

ВСТУП

Актуальність. Дніпро – найбільша артерія нашої країни. Щорічно у води цієї річки скидається 370 млн. м³ забруднених стоків, це дуже знижує якість води і рибопродуктивність. Оскільки розвиток та існування живої істоти тісно пов'язано з якістю природного середовища, аналіз хімічного складу природних вод є актуальним і завжди необхідним [1].

На сьогоднішній день вплив екологічних ризиків від господарської діяльності, що проводяться на об'єктах в межах басейну річки Дніпро на його якісний стан, зумовлює необхідність застосування комплексного підходу для вивчення тенденцій зміни якісних показників вод Дніпра. Всі ці питання потребують подальшого розгляду та удосконалення [2].

Об'єкт дослідження – мінливість санітарно-екологічних показників якості води водоводу «Дніпро-Миколаїв».

Предмет дослідження – процеси формування сезонних/річних коливань, а також інтеркореляція у характері мінливості проаналізованих показників.

Таким чином, **головною метою** даної роботи було проведення аналізу зміни екологічного стану води водоводу «Дніпро-Миколаїв», встановлення можливих причин цього явища та можливих шляхів покращення його екологічного стану.

Для вирішення цієї мети перед нами були поставлені наступні **завдання:**

- проаналізувати характер мінливості санітарно-екологічних показників якості води водоводу «Дніпро-Миколаїв»;
- визначити особливості динаміки санітарно-екологічних показників якості води водоводу «Дніпро-Миколаїв» протягом періоду дослідження;
- вивчити вплив року, місяця та сезону на мінливість санітарно-екологічних показників якості води водоводу «Дніпро-Миколаїв».

Методи дослідження - порівняльний аналіз за середньомісячними показниками за три роки дослідження із використанням методів математико-статистичного аналізу (описові статистики, аналіз часових рядів, дисперсійний аналіз, тощо).

Практичне значення. Отримані результати свідчать, що характер мінливості санітарно-екологічних показників якості води водоводу «Дніпро-Миколаїв» протягом періоду дослідження обумовлений впливом певних річних коливань, а також значною сезонною компонентою. Крім того, має місце суттєва інтеркореляція у характері мінливості проаналізованих показників, що може свідчити про спільність факторів впливу.

РОЗДІЛ 1

ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

1.1. Екологічні проблеми річки Дніпро

В Україні майже 80% населення забезпечені питною водою з поверхневих джерел, зокрема, майже 75% – із Дніпра. Дніпро – третя за розміром річка Європи (після Волги і Дунаю). Дніпро є транскордонним водотоком: 20% басейну річки розташовано на території Російської Федерації, 23% – Республіки Білорусь та 57% – України. Річка Дніпро є основною водною артерією України, її водні ресурси становлять понад 60% усіх водних ресурсів країни. Загальна площа басейну Дніпра – 504 тис. км², з них 286 тис. км² знаходиться у межах України у її найбільш розвиненій в економічному відношенні частині. Водами Дніпра живляться 80% площ земель України через зрошувальні і обводнювальні системи [3].

Основними проблемами поверхневих вод басейну Дніпра на сьогоднішній день є:

- велика засміченість берегів;
- забудова прибережних захисних смуг;
- погіршення стану гідротехнічних споруд, яке загрожує аваріями та забрудненням водойм;
- надмірне заростання акваторії водною рослинністю;
- відведення дощової каналізації практично без очищення;
- скид неочищених комунально-побутових стоків від помешкань, які не підключені до централізованої каналізації;
- послаблення державного контролю щодо правопорушень у сфері довкілля;
- неефективна система моніторингу водних об'єктів;

- недосконалість наявної системи державного управління у сфері використання, охорони і відновлення водних ресурсів, відсутність чіткого розмежування функцій;
- не застосування в повної мірі вітчизняних наукових інновацій у сфері біохімії [4].

Протягом останніх десятиліть серйозних змін зазнали кількісні характеристики кругообігу азоту та його сполук, що потрапляють у поверхневі джерела водопостачання з побутовими та промисловими стоками, відходами тваринницьких комплексів та ферм, мінеральними добривами. Джерелом азоту в природних водах є розкладені білкові залишки. Внаслідок процесів самоочищення складні органічні сполуки мінералізуються, при цьому змінюється такий показник, як біологічне споживання кисню, хімічне споживання кисню, розчинений кисень та ін. Враховуючи викладене вище, можна зробити висновок, що одними з основними показниками забруднення водойм є біологічне споживання кисню, розчинений кисень нітриту, нітрати, солі амонію [5].

Однак у дослідженнях, здійснених упродовж останніх років, у водах Дніпра та його приток (Прип'ять, Десна, Інгулець та ін.) все ще виявляють у високих концентраціях нітриту, амонійний азот, пестициди, важкі метали, нафтопродукти, феноли, а в окремих випадках і радіонукліди. Це свідчить про порушення нормативів якості води, прийнятих для водойм рибогосподарського та культурно-побутового призначення [6].

1.2. Основні показники якості річкової води

Показники якості води – сукупність біологічних, хімічних та фізико-хімічних характеристик води (трофність, сапробність, солоність, жорсткість, водневий показник, концентрації розчинених речовин і т.д.). Таким чином, якість природних вод – це їх стан, представлений набором показників, який відображає потреби користувачів у складі й властивостях вод. Якість

природних вод (властивості і склад, у цілому стан) задається показниками. Це може бути один показник або цілий набір показників [6].

Набір показників за їх особливостями можна поділити на різні групи. По тому, що характеризують показники, вони можуть бути: 1) загальними і специфічними; 2) фізичними, хімічними та біологічними; 3) простими, груповими та комплексними.

За призначенням показники можна поділити на основні і додаткові, лімітуючі (нормовані) і репрезентативні. Крім того, по тому, як показники характеризують водне середовище, вони можуть бути кількісними, якісними та змішаними.

Кількісні показники (абсолютні та відносні, розмірні та безрозмірні) чисельно характеризують склад і властивості води. Концентрація речовини у воді – це як правило абсолютний (розмірний) показник. Частіше за все він має розмірність мг/дм^3 , г/м^3 , рідше – мкг/дм^3 , нг/дм^3 . Кількість плаваючих домішок, у тому числі нафтових плівок і агрегатів (грудочок), характеризують концентрацією з розмірністю мг/м^2 , мкг/м^2 та нг/м^2 . Крім того, цей показник може бути відносним (безрозмірним) – солоність морської води (‰).

Якісні показники – це словесна характеристика природних вод (за токсобністю води можуть бути оліго-, мезо- або політоксобними).

Змішані показники – словесна і чисельна характеристика («прісна» - це вода з мінералізацією до 1 г/дм^3) [6].

Один показник, що характеризує якість води у цілому, як правило, є якісним або змішаним (комплексним). Кожен показник одночасно входить до різних груп. Наприклад, температура є загальним, фізичним, простим, кількісним показником; мінералізація – загальний, хімічний, груповий, змішаний показник; тропність – загальний, біологічний, комплексний, якісний показник; нафтопродукти – специфічний, хімічний, груповий, кількісний показник.

Загальні показники є характерними для будь-яких водних об'єктів. Найбільша частина з них обов'язково входить до повних програм спостережень за якістю вод. Деякі показники виділені окремо у санітарних і рибогосподарських нормах. Перелік загальних вимог до складу і властивостей води у водних об'єктах господарсько-питного та комунально-побутового призначення включає такі показники: завислі речовини, плаваючі домішки, забарвлення, запахи, присмаки, температура, рН, мінералізація, розчинений кисень, БСК, ХСК, хімічні речовини, збудники хвороб, лактозопозитивні кишкові палички (ЛКП), коліфаги. Загальні вимоги до складу та властивостей води водних об'єктів рибогосподарського призначення включають усі перелічені показники (крім ХСК, ЛКП та коліфаги; вони не нормовані у рибогосподарських нормах) і додатково такий показник як токсичність [6].

Специфічні показники обумовлені місцевими природними умовами, а також особливостями антропогенного впливу на водний об'єкт (феноли, нафтопродукти, важкі метали, пестициди, СПАР, тощо). До переліків санітарно-гігієнічних і рибогосподарських ГДК речовин входить частина загальних та всі специфічні показники.

Загальні показники іноді називають основними. Однак цей термін найчастіше використовують у випадках, коли йдеться про показники, значення яких суттєво (в декілька разів) перевищує нормативи. Такі показники у першу чергу повинні бути внесеними до програм спостережень за якістю води у розглядуваному водному об'єкті. Тому, основні – це показники, які мають пріоритет при організації спостережень. Ця група може об'єднувати і загальні, і специфічні показники.

Жорсткість є властивістю природної води, зумовленою, головним чином, розчиненими в ній солями кальцію і магнію. Кальцій і магній складають більшість мінералів, що утворюють поверхневі шари. В природних умовах іони кальцію, магнію та інших лужноземельних металів потрапляють у воду при взаємодії розчиненого у воді CO_2 з карбонатними

мінералами. Джерелом цих іонів можуть бути також мікробіологічні процеси в ґрунтах на площі водозбору або у донних відкладах чи у зворотних водах. Загальну жорсткість визначає сумарний вміст солей кальцію і магнію. Вона підрозділяється на тимчасову (карбонатну) і постійну (некарбонатну). Тимчасова жорсткість обумовлена концентрацією гідрокарбонатів кальцію і магнію - $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, постійна жорсткість - концентрацією розчинених у воді кальцієвих і магнієвих солей сильних кислот (CaSO_4 , CaCl_2 , MgSO_4 , MgCl_2). При кип'ятінні гідрокарбонати переходять в карбонати і випадають в осад. Тому карбонатну жорсткість називають тимчасовою або переборною. Жорсткість, що залишається після кип'ятіння, називається постійною. Жорсткість коливається в широких межах. Рекомендована одиниця СІ для вимірювання жорсткості – моль/м³ або ммоль/дм³. Крім того жорсткість вимірюється в мг-екв/дм³ [6].

Розчинений кисень. Основними джерелами надходження кисню у водні об'єкти є газообмін з атмосферою (атмосферна реаерація), фотосинтез, а також дощові і талі води, що, як правило, перенасичені киснем. Окисні реакції є основними джерелами енергії для більшості гідробіонтів. Основне споживання розчиненого кисню відбувається у процесі дихання гідробіонтів і окислювання органічних речовин мікроорганізмами. Низький вміст розчиненого кисню (анаеробні умови) позначається на всьому комплексі біохімічних і екологічних процесів у водному об'єкті.

Біохімічне споживання кисню (БСК). БСК визначається як кількість кисню, що споживається мікроорганізмами при окислюванні органічних речовин, які містяться в одиниці об'єму води, за визначений період часу. На практиці БСК оцінюють за п'ять діб (БСК₅) та за двадцять діб (БСК₂₀). Зазвичай БСК₂₀ трактують як повне БСК, ознакою якого є початок процесів нітрифікації в пробі води. БСК є оцінкою загального забруднення води органічними речовинами [6].

Переважає кількість домішок у воді – мінеральні солі (до 90% всіх домішок). Показник, що характеризує кількість розчинених речовин,

передусім мінеральних солей, в 1 л води – *сухий залишок*. Тобто, значення солевмісту приблизно рівне сухому залишку.

Природне внесення *нітратів* в воду відбувається при розкладанні мікроорганізмами білків тваринного і рослинного походження, коли виділяються сполуки амонію, які при контакті з повітрям окиснюються до нітритів і нітратів. Зазвичай вміст таких забруднень вкрай низький і не має негативного впливу на стан води. Але все ж основною причиною надходження в воду нітратів є змив з полів і городів добрив. Оскільки вони добре розчинні у воді та практично не затримуються в ґрунті, вони здатні проникати на досить великі відстані, забруднюючи поверхневі води. Ще одне джерело нітратів це стічні води промислових виробництв.

Сульфати у воді можуть бути органічного і мінерального походження. Джерелом надходження у воду сульфатів мінерального походження є ґрунт, до складу якого входять сірчаноокислі сполуки натрію, магнію, кальцію тощо, а сульфатів органічного походження — сірковмісні органічні речовини, в тому числі й відходи тваринного походження. Значні коливання вмісту сульфатів у воді дають підстави пропустити забруднення води органічними речовинами [6].

1.3. Негативний вплив забруднення води на живі організми річки Дніпро

Одним із наслідків високого антропогенного впливу є евтрофікація водойм. Це складний процес у прісних і морських водах, де бурхливий розвиток певних типів мікробіотичних поростей порушує водні екосистеми і являє собою загрозу тваринам і здоров'ю людини. Найбільшу увагу викликає вивчення надходження та розподілу у водах місцевого стоку біогенних речовин, особливо сполук азоту і фосфору. Адже вони є хімічними каталізаторами процесу антропогенного евтрофування поверхневих вод, який у наш час вже досяг глобального, планетарного масштабу. Він

характеризується різким збільшенням біомаси водоростей, вищої водної рослинності, фітопланктону за рахунок надходження поживних біогенних речовин антропогенного генезису. В результаті біохімічного розкладу цієї біомаси у воді річок та водосховищ може виникати, починаючи з другої половини літа, дефіцит кисню, що супроводжується заморними явищами і являє собою значну загрозу для життєдіяльності багатьох гідробіонтів. Окрім того, в результаті розкладу рослинних організмів у воду надходять токсичні речовини, небезпечні як для тварин, так і для людини [7].

Втручання людини в екосистему басейну р. Дніпро призвело до втрати та збіднення біорізноманіття. Зокрема, втрачено не менше ніж 8090 природних екосистем. Дніпро зберігає свій природний стан лише на невеликих ділянках, що з'єднують водосховища. Будівництво каскаду водосховищ та гребель негативно вплинула на рибні запаси річки, що спричинило зміни міграційних шляхів і зменшення популяцій багатьох цінних видів риб. Греблі перегородили річку і закрили окремим видам риб шлях до нерестилищ, унаслідок чого їх вилов зменшився. Більше того, через періодичні попуски води (зниження і потім підвищення рівня води у водосховищі, які здійснюються згідно з правилами експлуатації водосховищ) гине багато особин дорослої риби і мальків, які залишаються на мілководді. Загибель риби в особливо великих масштабах спостерігається також влітку під час цвітіння, коли риба задихається у цій воді.

У результаті знищення дніпровських плавнів поступово змінився видовий і якісний склад тваринного й рослинного світу. В Наддніпрянщині зникло чимало видів диких тварин і птахів [8].

Хімікати, розчинені в дощовій воді і поглинені частинками ґрунту, в результаті їх вимивання потрапляють у ґрунтові води, а потім – у річки, де починають накопичуватися в рибах і дрібніших водних організмах. Хоча деякі живі організми і пристосувалися до цих шкідливих речовин, бували випадки масової загибелі окремих видів, ймовірно, через отруєння сільськогосподарськими отрутохімікатами.

У водоприймальних басейнах деякі метали, наприклад залізо і марганець, окислюються або в результаті хімічних або біологічних (під впливом бактерій) процесів. Так, наприклад, утворюється іржа на поверхні заліза та його сполук. Розчинні форми цих металів існують в різних типах стічних вод: вони були виявлені у водах, які просочилися із шахт та зі звалищ металобрухту, а також з природних боліт. Солі цих металів, що окислюються у воді, стають менш розчинними і утворюють тверді забарвлені опади, що випадають з розчинів. Тому вода набуває кольору і стає каламутною. Так, стоки залізородних шахт і звалищ металобрухту забарвлені в рудий або оранжево-коричневий колір через присутність оксидів заліза (іржі).

Такі неорганічні забруднювачі, як хлорид і сульфат натрію, хлорид кальцію та ін. (тобто солі, що утворюються при нейтралізації кислотних або лужних промислових стоків), не можуть бути перероблені біологічним чи хімічним шляхом. Хоча самі ці речовини не трансформуються, вони впливають на якість вод, у які скидаються стоки. У багатьох випадках небажано використовувати "жорстку" воду з високим вмістом солей, так як вони утворюють осад на стінках труб і казанів.

Такі неорганічні речовини, як цинк і мідь, поглинаються мулистим донним осадом водотоків, а потім разом з цими тонкими частинками транспортуються течією. Їх токсична дія сильніша в кислому середовищі, ніж в нейтральному або лужному. У кислих стічних водах вугільних шахт цинк, мідь і алюміній досягають концентрацій, смертельних для водних організмів. Деякі забруднювачі, будучи окремо не особливо токсичними, при взаємодії перетворюються на отруйні сполуки (наприклад, мідь у присутності кадмію) [9].

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Фізико-географічна характеристика річки Дніпро

Дніпро – одна з найбільших рік Європи, площа її водозбору переважає площу більшості європейських країн. Великою є й довжина ріки, за нею Дніпро поступається лише Волзі, Дунаю та Уралу. З півночі на південь басейн простягнувся більш як на 1000 км. Довжина Дніпра за природних умов становила 2285 км. Створення Дніпровського каскаду зумовило те, що довжина ріки скоротилася.

Водозбір Дніпра в Україні розташований у межах дев'ятнадцяти областей та охоплює 48% території держави. Лише Автономна Республіка Крим і ще п'ять областей (Закарпатська, Івано-Франківська, Чернівецька, Одеська та Луганська) розміщені поза басейном Дніпра. Найбільші області на водозборі – Дніпропетровська (31,9 тис. км²) та Чернігівська (31,0 тис. км²). Найменша площа водозбору у Львівській, Тернопільській та Вінницькій областях.

Нижня течія Дніпра розміщена на Причорноморській низовині, що має похил до моря. Як і у верхній течії, правий берег Дніпра тут звичайно вищий за лівий. У межах низовини є кілька замкнених улоговин – так званих подів. Зокрема певний вплив на рельєф мають тектонічні рухи. Істотно впливає на рельєф робота водних потоків [10].

2.2. Математико-статистичні методи аналізу

Оцінка якості поверхневих вод необхідна у випадках, коли необхідно простежити тенденцію просторово-часової зміни стану вод під впливом природних і антропогенних процесів. Достовірність отриманих результатів хімічного стоку, яка визначається, переважно, репрезентативністю

гідрохімічних даних та повнотою рядів спостережень пов'язане з тим, що умови формування хімічного складу води в річному циклі кожного року повторюється посезонно [2]. У зв'язку з цим порівняльний аналіз було проведено за середньомісячними показниками за три роки дослідження.

Аналіз зміни якісного стану води у р. Дніпро проводили з врахуванням вимог ДСТУ 4808:2007 «Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання» [11].

На підставі даних моніторингу було проведено лабораторний аналіз санітарно-екологічних показників якості води водоводу «Дніпро-Миколаїв».

До аналізу були включено наступні показники:

- концентрація у воді розчинного кисню (мг/дм^3);
- БСК ($\text{мг O}_2/\text{дм}^3$);
- концентрація у воді нітратів (мг/дм^3);
- сухий залишок (мг/дм^3);
- жорсткість (ммоль/дм^3);
- концентрація у воді хлоридів (мг/дм^3);
- концентрація у воді сульфатів (мг/дм^3).

Для кожного показника були розраховані основні показники мінливості ($Mean \pm SE$), а також рівень мінливості – середнє квадратичне відхилення (SD) та коефіцієнт варіації ($CV, \%$).

Відповідність характеру розподілу показників нормальному (Гауса-Лапласа) було перевірено за допомогою d-критерію Колмогорова-Смирнова.

Наявність вірогідного тренду у відношенні часової мінливості санітарно-екологічних показників якості води водоводу «Дніпро-Миколаїв» протягом періоду дослідження було визначено на підставі коефіцієнту рангової кореляції Спірмена (R_s). Більш детальний аналіз особливостей динаміки санітарно-екологічних показників якості води водоводу «Дніпро-Миколаїв» протягом періоду дослідження було проведено з використанням автокореляційних функцій.

Аналіз вплив року, місяця та сезону на мінливість санітарно-екологічних показників якості води водоводу «Дніпро-Миколаїв» протягом періоду дослідження було проведено на підставі алгоритму однофакторного дисперсійного аналізу.

Нарешті, наявність вірогідного зв'язку між використаними в аналізі санітарно-екологічними показниками якості води водоводу «Дніпро-Миколаїв» протягом окремих місяців було перевірено за допомогою коефіцієнту парної лінійної кореляції Пірсона-Браве (r).

Всі статистичні розрахунки було проведено за допомогою комп'ютерної програми PAST [12].

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

3.1. Характер мінливості санітарно-екологічних показників якості води водоводу «Дніпро-Миколаїв» протягом періоду дослідження

В таблиці 3.1 наведено показники мінливості санітарно-екологічних показників якості води водоводу «Дніпро-Миколаїв» протягом періоду дослідження.

Таблиця 3.1

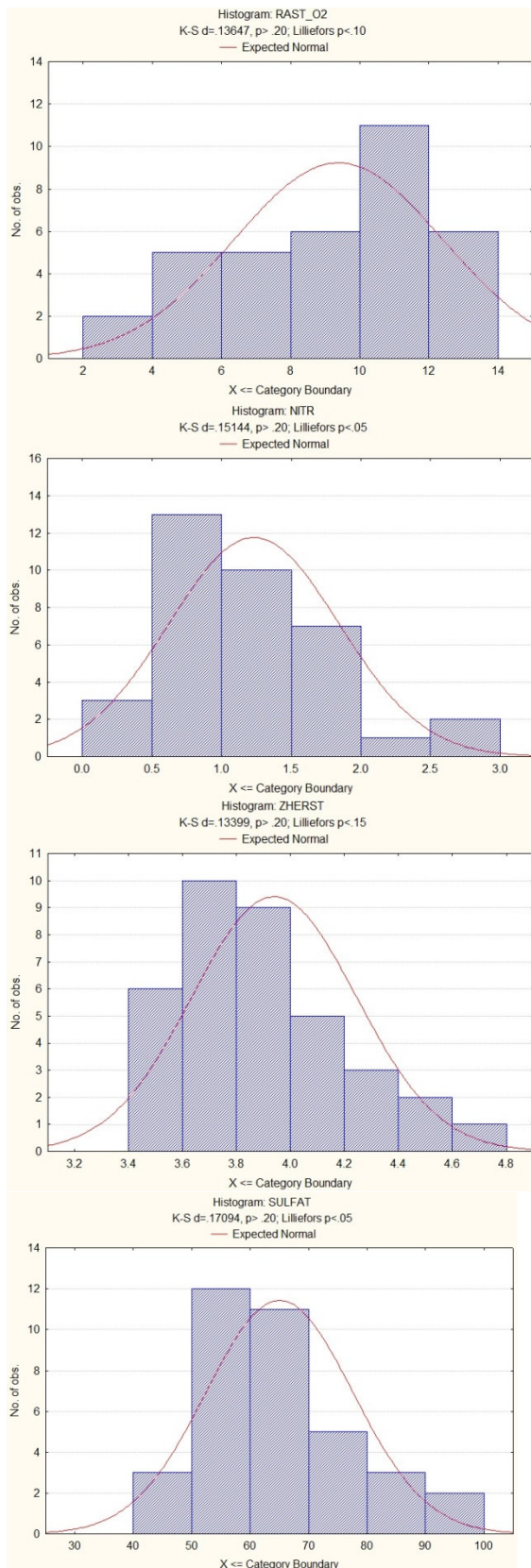
Характер мінливості санітарно-екологічних показників якості води водоводу «Дніпро-Миколаїв» протягом періоду дослідження

Показники	<i>n</i>	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>Mean</i>	<i>SE</i>	<i>SD</i>	<i>CV, %</i>
РозО ₂	35	3,7	13,6	9,4	0,51	3,03	32,25
БСК	35	1,0	5,1	2,6	0,18	1,09	41,73
Нітрати	36	0,4	2,8	1,2	0,10	0,61	49,56
СухЗал	36	260,0	353,0	320,9	3,63	21,80	6,79
Жорсткість	36	3,5	4,7	3,9	0,05	0,31	7,75
Хлориди	36	24,0	56,0	34,3	1,24	7,45	21,73
Сульфати	36	44,0	96,0	65,0	2,10	12,57	19,34

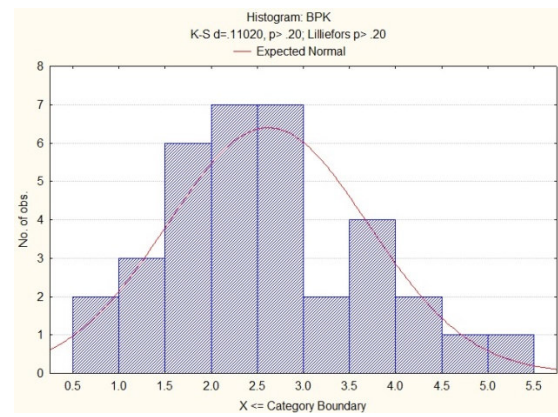
Примітка: РозО₂ – розчинний кисень; СухЗал – сухий залишок.

Для всіх досліджених санітарно-екологічних показників якості води водоводу «Дніпро-Миколаїв» встановлений характер розподілу вірогідно не відхилявся від нормального (*d*-критерій Колмогорова-Смирнова; у всіх випадках: $p > 0,20$) (рис. 3.1).

За весь період дослідження концентрація у воді розчинного кисню змінювалася от 3,7 до 13,6 мг/дм³, складаючи в середньому – $9,4 \pm 0,51$ мг/дм³.

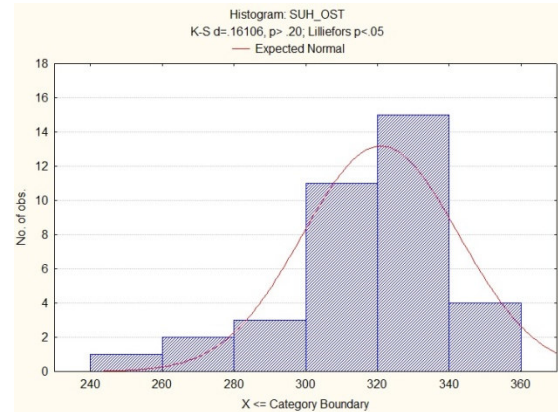


А



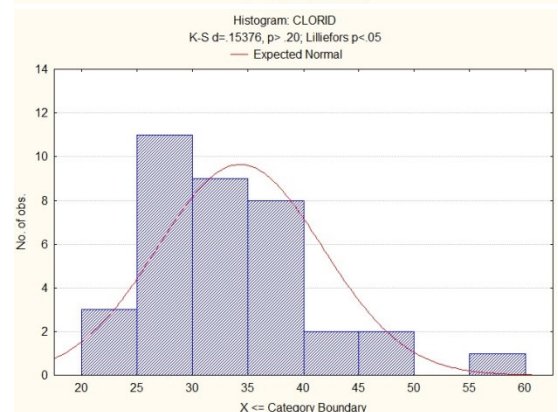
Б

В



Г

Д



Є

Ж *Рис. 3.1. Гістограми розподілу санітарно-екологічних показників якості води «Дніпро-Миколаїв» протягом періоду дослідження: А – розчинний кисень; Б – БСК; В – нітрати; Г – сухий залишок; Д – жорсткість; Є – хлориди; Ж – сульфати. (Наведено теоретичну криву нормального розподілу.)*

БСК змінювалося від 1,0 до 5,1 мг $O_2/дм^3$, складаючи в середньому – $2,6 \pm 0,18$ мг $O_2/дм^3$.

Концентрація у воді нітратів змінювалася від 0,4 до 2,8 мг/дм³ (складаючи в середньому – $1,2 \pm 0,10$ мг/дм³).

Сухий залишок коливався від 260 до 353 мг/дм³ (складаючи в середньому – $320,9 \pm 3,63$ мг/дм³).

Жорсткість варіювала от 3,5 до 4,7 ммоль/дм³ (складаючи в середньому – $3,9 \pm 0,05$ ммоль/дм³).

Концентрація у воді хлоридів змінювалася від 24 до 56 мг/дм³ (складаючи в середньому – $34,3 \pm 1,24$ мг/дм³), а концентрація у воді сульфатів – от 44 до 96 мг/дм³ (складаючи в середньому – $65,0 \pm 2,10$ мг/дм³).

Найвищий рівень мінливості санітарно-екологічних показників за окремі місяці дослідження було встановлено для концентрації у воді нітратів ($CV = 49,56\%$) та БСК ($CV = 41,73\%$), тоді як для сухого залишку та жорсткості воді рівень мінливості був найнижчий ($CV = 6,79$ та $CV = 7,75\%$, відповідно) (табл. 3.1).

За даними [1] оптимальні концентрації кисню для риб різних сімейств коливаються від 4 до 14 мг/дм³, при вмісту кисню менш ніж 3-4 мг/дм³ спостерігається замор риби. Як свідчать результати досліджень, наведені в таблиці 3.1, насиченість води киснем води водоводу «Дніпро-Миколаїв» достатня.

З іншого боку, аналіз зміни значень відношення БСК₅ до концентрації розчиненого в воді кисню, що наведено в роботі [2], показали на зростаючу втрату спроможності вод басейну Дніпра до самоочищення, а основним джерелом забруднень можуть бути його притоки.

3.2. Динаміка санітарно-екологічних показників якості води водоводу «Дніпро-Миколаїв» протягом періоду дослідження

Якщо розглядати особливості динаміки санітарно-екологічних показників якості води водоводу «Дніпро-Миколаїв» протягом періоду

дослідження, то можна виділити три основні типи часових змін: випадкові коливання, більш-менш виражені сезонні коливання та наявність тренду.

Перший тип (випадкові коливання) було виявлено для динаміка сухого залишку у воді водоводу «Дніпро-Миколаїв» протягом періоду дослідження (рис. 3.2).

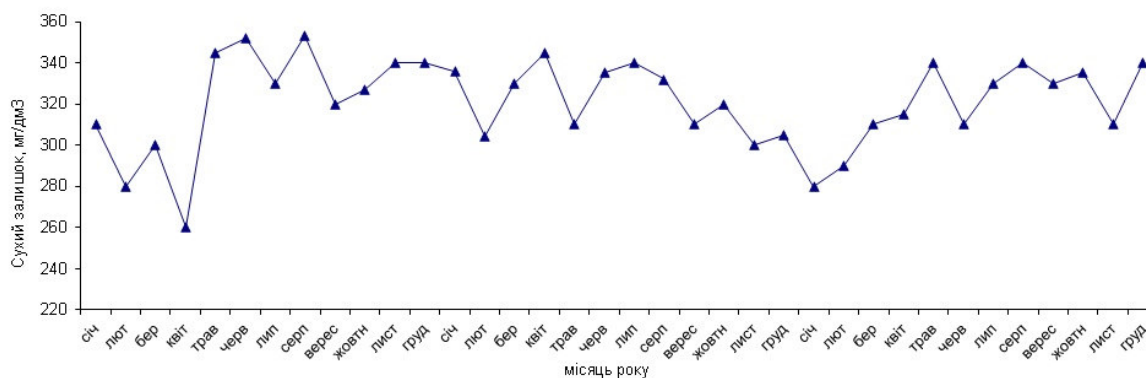


Рис. 3.2. Динаміка сухого залишку у воді водоводу «Дніпро-Миколаїв» протягом періоду дослідження

Більш-менш виражені сезонні коливання було виявлено для динаміки концентрації у воді розчинного кисню, БСК та жорсткості води (рис. 3.3). При цьому, концентрація у воді розчинного кисню значно підвищувалася у зимові та весняні місяці та зменшувалася у літні-осінні місяці (рис. 3.3А).

Аналогічно, значення БСК підвищувалося наприкінці зими та на початку весни, тоді як значно зменшувалося у серпні-листопаді (рис. 3.3Б).

Нарешті, пікові оцінки жорсткості води водоводу «Дніпро-Миколаїв» спостерігалися протягом липня-серпня (рис. 3.3В).

Нарешті, нами встановлено наявність вірогідного тренду у відношенні часової мінливості трьох санітарно-екологічних показників якості води водоводу «Дніпро-Миколаїв» протягом періоду дослідження (рис. 3.4). При цьому, напрямок зміни відрізнявся для різних показників. У відношенні концентрації у воді хлоридів ($R_s = 0,736$; $p < 0,001$) та концентрації сульфатів ($R_s = 0,516$; $p = 0,001$) встановлено, що протягом періоду дослідження спостерігалася поступово збільшення (рис. 3.4А, В).

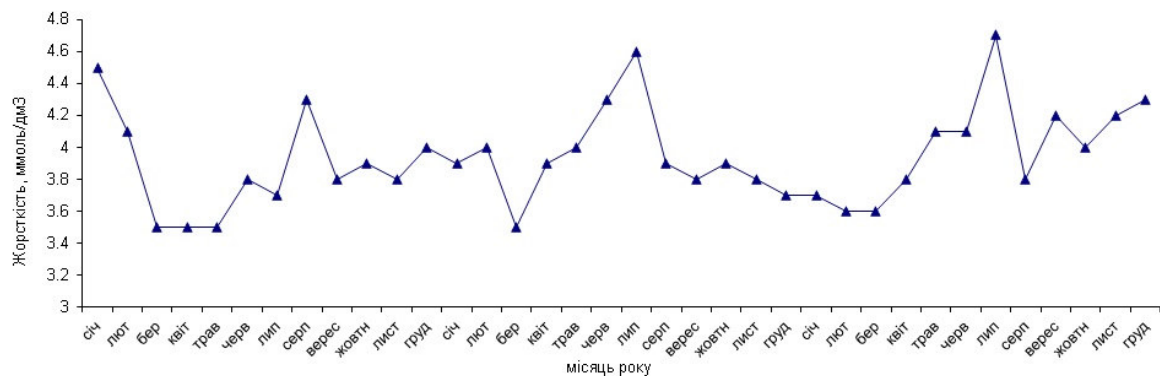
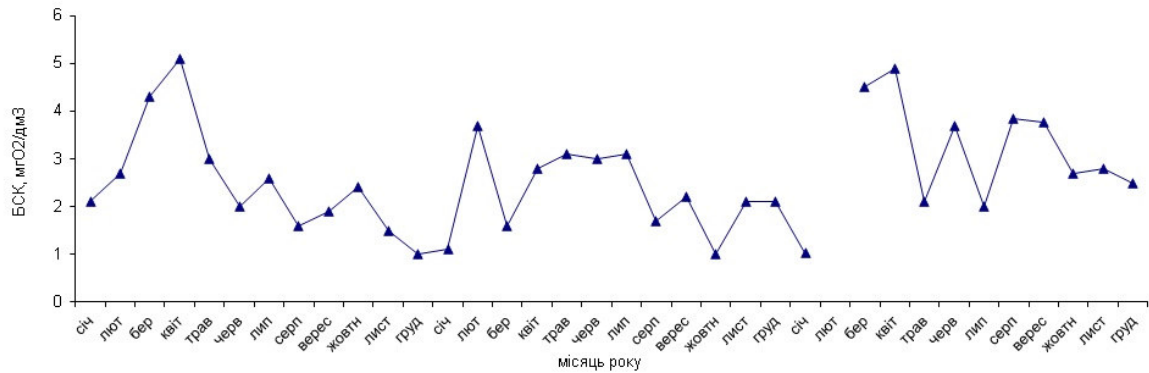
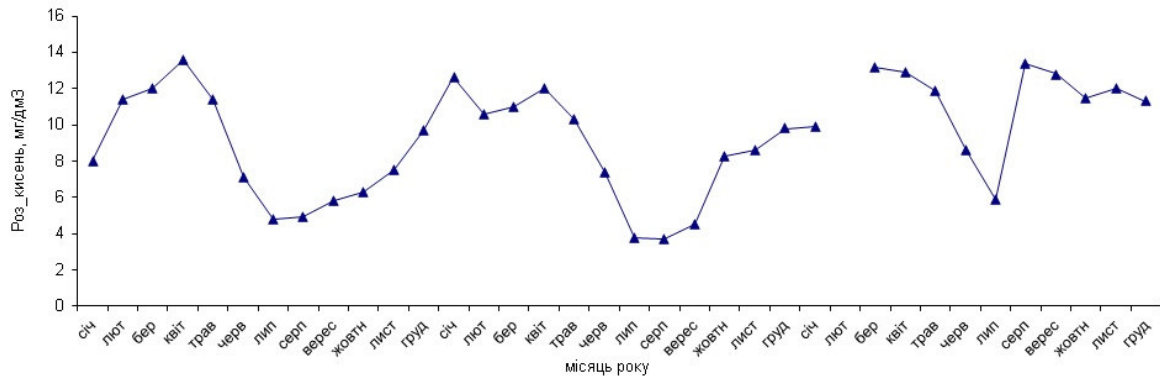


Рис. 3.3. Динаміка санітарно-екологічних показників якості води водоводу «Дніпро-Миколаїв» протягом періоду дослідження: А – розчинний кисень; Б – БСК; В - жорсткість.

Тоді як у відношенні концентрації у воді нітратів ($R_s = -0,462$; $p = 0,005$), навпаки, встановлено, що протягом періоду дослідження спостерігалось поступово зменшення (рис. 3.4Б).

Більш детальний аналіз особливостей динаміки санітарно-екологічних показників якості води водоводу «Дніпро-Миколаїв» протягом періоду

дослідження було проведено з використанням автокореляційних функцій (рис. 3.5).

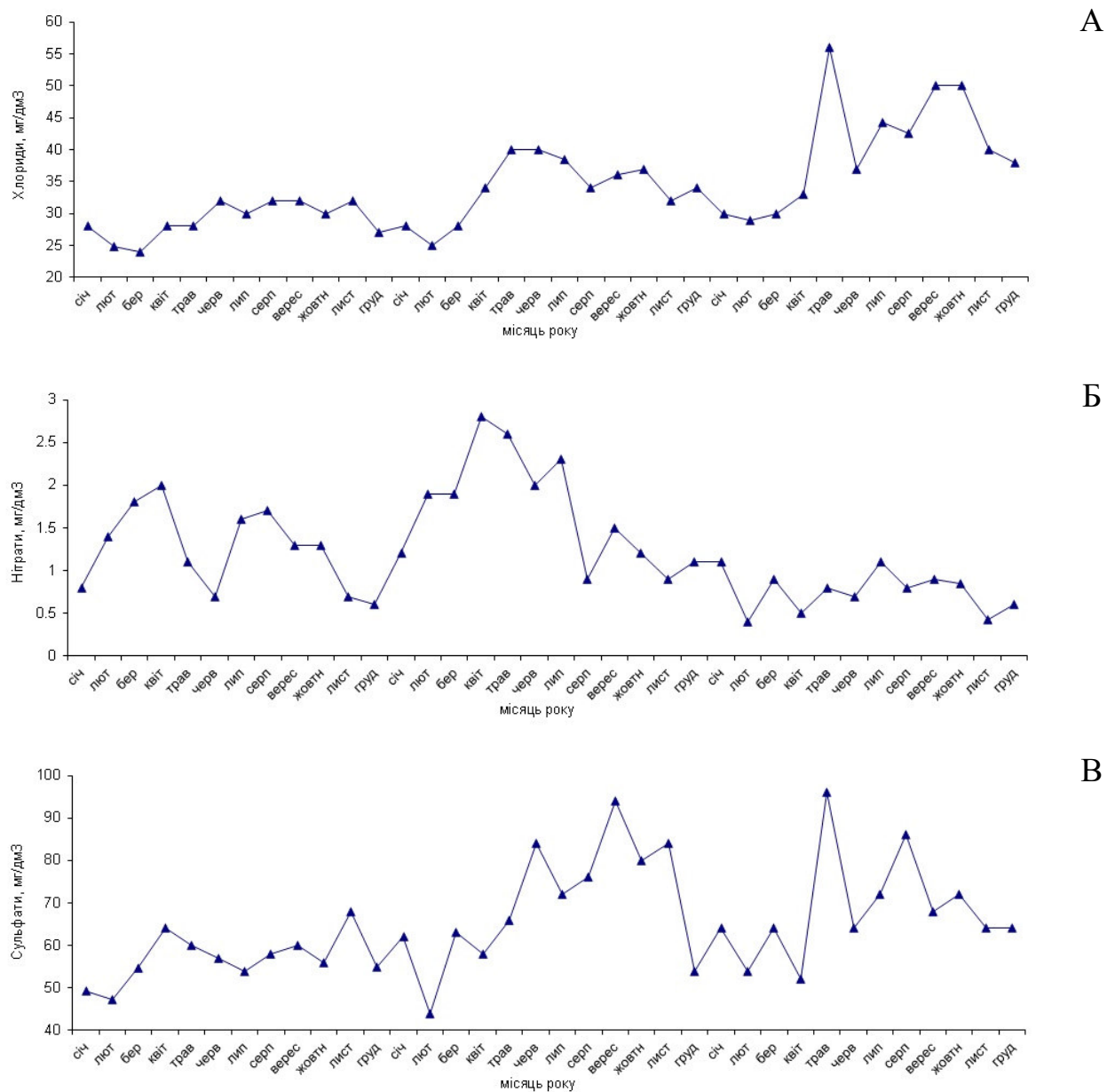
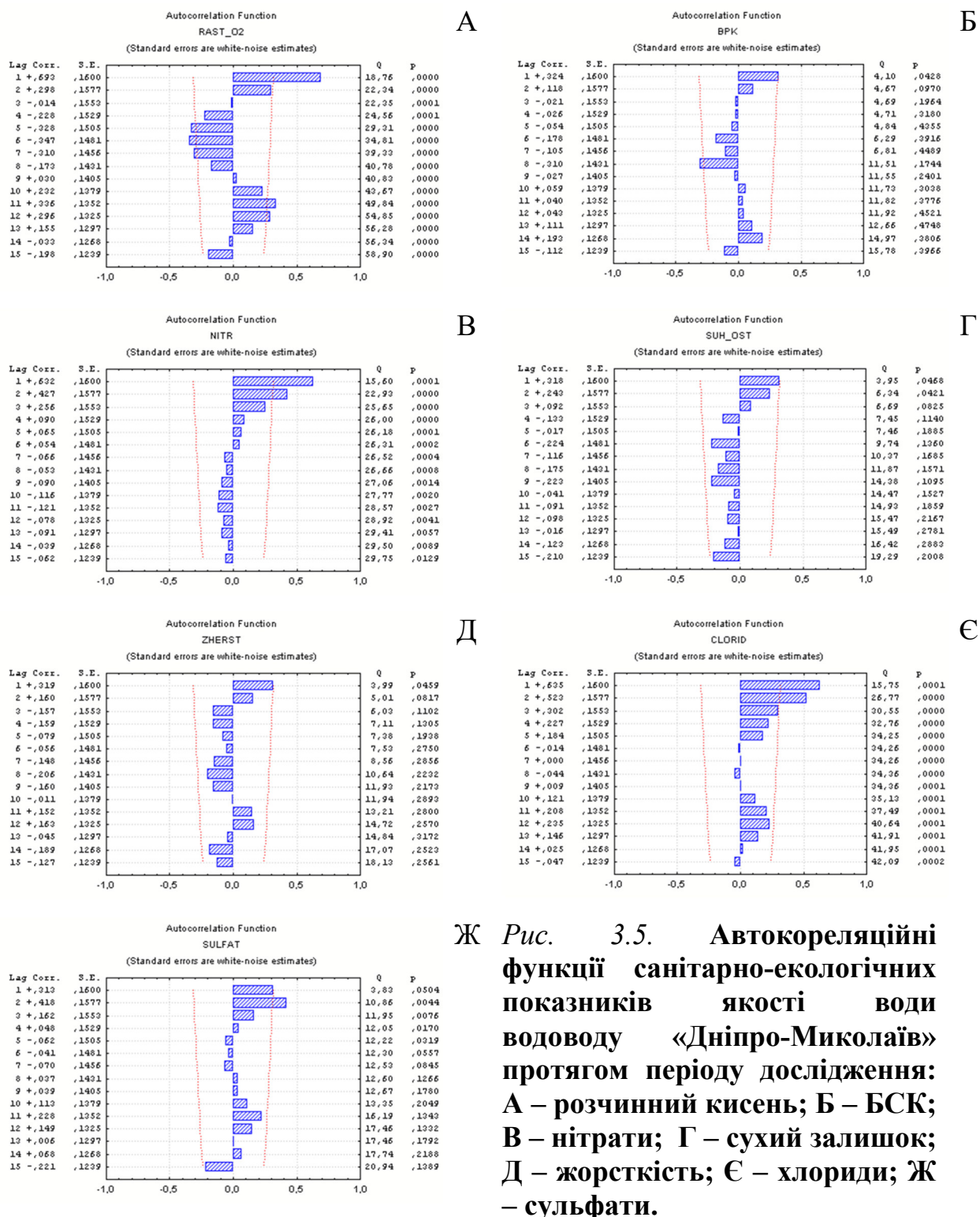


Рис. 3.4. Динаміка санітарно-екологічних показників якості води водоводу «Дніпро-Миколаїв» протягом періоду дослідження: А – хлориди; Б – нітрати; В – сульфати.

Для концентрації у воді розчинного кисню було відмічено наявність вірогідних негативних оцінок автокореляційної функції для лагів у 5-7 місяців, а також вірогідних позитивних оцінок автокореляційної функції для лагів у 11-12 місяців. Таким чином, автокореляційний аналіз підтверджує

наявність вірогідних сезонних коливань, пікові значення концентрації у воді розчинного кисню відмічалися кожні 11-12 місяців (рис. 3.5А).



Для БСК було встановлено наявність вірогідної негативної оцінки автокореляційної функції для лагу у 8 місяців (рис. 3.5Б).

Для концентрації у воді нітратів, хлоридів та фосфатів, навпаки, вірогідні позитивні оцінки автокореляційної функції було відмічено лише для лагів у 1-2 місяці. Це свідчить про наявність вірогідного тренду у характері часової мінливості цих санітарно-екологічних показників якості води водоводу «Дніпро-Миколаїв», що вже раніше нами було встановлено (рис. 3.4).

Для сухого остатку та жорсткості води вірогідні оцінки автокореляційної функції встановлено не було, що свідчить про наявність випадкових коливань цих показників протягом періоду дослідження.

В роботі [2] на підставі проведеного аналізу зміни якості води було показано, що водна екосистема річки Дніпро, знаходячись під постійним техногенним впливом, має тенденцію до постійного та стійкого погіршення її екологічного стану.

При проведенні моніторингу мінералізації та хімічного складу води Дніпра в межах Канівського природного заповідника за тривалий час спостережень, також було відмічено поступове незначне зростання загальної мінералізації води за рахунок хлоридів, сульфатів, магнію та натрію [13].

3.3. Вплив року, місяця та сезону на мінливість санітарно-екологічних показників якості води водоводу «Дніпро-Миколаїв» протягом періоду дослідження

Нами було встановлено, що рік дослідження вірогідно впливав на характер динаміки санітарно-екологічних показників якості води водоводу «Дніпро-Миколаїв» протягом періоду дослідження (табл. 3.2). В найбільшому ступені річні відмінності було встановлено у відношенні концентрації у воді нітратів та хлоридів (у обох випадках: $p < 0,001$).

Крім того, було доведено наявність суттєвих коливань концентрації у воді водоводу «Дніпро-Миколаїв» нітратів ($p = 0,019$). Вміст у воді розчинного кисню змінювалася протягом трьох років дослідження також у

широких межах (табл. 3.1), хоча рівень вірогідності річних відмінностей досягав лише першого рівня значущості ($p = 0,048$).

Таблиця 3.2

Результати однофакторного дисперсійного аналізу впливу року дослідження на основні показники якості води р. Дніпро протягом періоду дослідження

Показники	<i>SSA</i>	<i>dfA</i>	<i>MSA</i>	<i>SSE</i>	<i>dfE</i>	<i>MSE</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
РозО ₂	53,87	2	26,93	257,56	32	8,05	3,35	0,048
БСК	3,71	2	1,86	36,79	32	1,15	1,61	0,215
Нітрати	5,25	2	2,63	7,82	33	0,24	11,08	0,000
СухЗал	61,06	2	30,53	16574,83	33	502,27	0,06	0,941
Жорсткість	0,12	2	0,06	3,15	33	0,10	0,63	0,538
Хлориди	729,04	2	364,52	1212,52	33	36,74	9,92	0,000
Сульфати	1186,84	2	593,42	4344,92	33	131,66	4,51	0,019

Якщо розглядати мінливість протягом окремих місяців дослідження, то вірогідний вплив було встановлено лише у відношенні вмісту у воді розчинного кисню ($p = 0,031$), тоді як для решти показників санітарно-екологічних показників якості води вплив місяця дослідження не доведено (табл. 3.3).

З іншого боку, було доведено наявність суттєвої сезонної компоненти у характері мінливості санітарно-екологічні показники якості води водоводу «Дніпро-Миколаїв» протягом періоду дослідження (табл. 3.4).

Найбільш суттєві відмінності було відмічено у відношенні вмісту у воді розчинного кисню ($p < 0,001$). Крім того, наявність сезонної компоненти мінливості було встановлено для наступних санітарно-екологічні показники якості води водоводу «Дніпро-Миколаїв»: БСК ($p = 0,021$), жорсткості ($p = 0,024$) та концентрації у воді сульфатів ($p = 0,016$).

Аналогічно, високу і стійку розбіжність концентрації головних іонів протягом періоду досліджень було відмічено раніше при проведенні

багаторічного моніторингу води Дніпра в межах Канівського природного заповідника, що може бути пов'язано із постійними коливаннями водного, гідродинамічного, вітрового, седиментаційного і температурного режимів, а також як сезонними, так і добовими коливаннями водності [13].

Таблиця 3.3

Результати однофакторного дисперсійного аналізу впливу місяця дослідження на основні показники якості води р. Дніпро протягом періоду дослідження

Показники	<i>SSA</i>	<i>dfA</i>	<i>MSA</i>	<i>SSE</i>	<i>dfE</i>	<i>MSE</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
РозО ₂	169,74	11	15,43	141,69	23	6,16	2,50	0,031
БСК	19,23	11	1,75	21,27	23	0,92	1,89	0,096
Нітрати	3,70	11	0,34	9,36	24	0,39	0,86	0,585
СухЗал	6694,56	11	608,60	9941,33	24	414,22	1,47	0,207
Жорсткість	1,21	11	0,11	2,06	24	0,09	1,28	0,295
Хлориди	806,22	11	73,29	1135,35	24	47,31	1,55	0,178
Сульфати	2256,02	11	205,09	3275,73	24	136,49	1,50	0,195

Таблиця 3.4

Результати одно факторного дисперсійного аналізу впливу сезону дослідження на основні показники якості води р. Дніпро протягом періоду дослідження

Показники	<i>SSA</i>	<i>dfA</i>	<i>MSA</i>	<i>SSE</i>	<i>dfE</i>	<i>MSE</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
РозО ₂	145,97	3	48,66	165,45	31	5,34	9,12	0,000
БСК	10,73	3	3,58	29,77	31	0,96	3,73	0,021
Нітрати	2,16	3	0,72	10,90	32	0,34	2,12	0,118
СухЗал	3296,56	3	1098,85	13339,33	32	416,85	2,64	0,067
Жорсткість	0,82	3	0,27	2,44	32	0,08	3,58	0,024
Хлориди	383,94	3	127,98	1557,62	32	48,68	2,63	0,067
Сульфати	1511,61	3	503,87	4020,14	32	125,63	4,01	0,016

Нарешті, нами було встановлено наявність суттєвого зв'язку між певними санітарно-екологічними показниками якості води водоводу «Дніпро-Миколаїв» протягом періоду дослідження (табл. 3.5). Найвищий рівень кореляції біло встановлено між концентрацією у воді хлоридів та сульфатів ($r = 0,662$; $p < 0,001$). Крім того, концентрація у воді хлоридів була позитивно пов'язана із вмістом сухого залишку ($r = 0,358$; $p = 0,032$) та жорсткістю води ($r = 0,455$; $p = 0,005$).

Таблиця 3.5

Оцінки коефіцієнту кореляції між санітарно-екологічними показниками якості води водоводу «Дніпро-Миколаїв»

Показники	РозО ₂	БСК	Нітрати	СухЗал	Жорстк	Хлориди	Сульфати
РозО ₂	X	0,467	-0,120	-0,264	-0,330	0,051	-0,139
БСК		X	0,153	-0,336	-0,159	0,030	-0,135
Нітрати			X	-0,038	0,004	-0,151	-0,042
СухЗал				X	0,309	0,358	0,212
Жорстк					X	0,455	0,126
Хлориди						X	0,662
Сульфати							X

Примітка. Вірогідні ($p < 0,05$) оцінки коефіцієнту кореляції виділено напівжирним курсивом.

Вірогідну та також позитивну кореляцію було встановлено, як і можна було очікувати, між БСК та концентрацією у воді розчинного кисню ($r = 0,467$; $p = 0,005$). З іншого боку, БСК було вірогідно, але негативно, пов'язано із сухим залишком у воді ($r = -0,336$; $p = 0,048$).

В роботі [13] також було встановлено наявність значної кореляції між певними санітарно-екологічними показниками якості води, яка мала досить широкі розбіжності від середньої до тісної. Так, коефіцієнти кореляції (r) між загальною мінералізацією та іонами Na⁺, Mg²⁺, Cl⁻, SO₄²⁻ становила 0,678; 0,610, 0,570 та 0,503, відповідно, що відповідає середньому ступеню прямого прямолінійного зв'язку. Між загальною мінералізацією води та вмістом у її

складі HCO_3^- та Ca^{2+} було встановлено тісний прямий прямолінійний зв'язок з коефіцієнтами кореляції 0,909 та 0,819, відповідно.

ВИСНОВКИ

1. Для всіх досліджених санітарно-екологічних показників якості води водоводу «Дніпро-Миколаїв» встановлений характер розподілу вірогідно не відхилявся від нормального (d-критерій Колмогорова-Смирнова; у всіх випадках: $p > 0,20$).

2. У відношенні характеру динаміки санітарно-екологічних показників якості води водоводу «Дніпро-Миколаїв» протягом періоду дослідження, можна виділити три основні типа часових змін: випадкові коливання, більш-менш виражені сезонні коливання та наявність тренду.

3. Більш-менш виражені сезонні коливання було виявлено для динаміки концентрації у воді розчинного кисню, БСК та жорсткості води. При цьому, концентрація у воді розчинного кисню значно підвищувалася у зимові та весняні місяці та зменшувалася у літні-осінні місяці, а значення БСК підвищувалося наприкінці зими та на початку весни, тоді як значно зменшувалося у серпні-листопаді.

4. У відношенні концентрації у воді хлоридів ($R_s = 0,736$; $p < 0,001$) та концентрації сульфатів ($R_s = 0,516$; $p = 0,001$) встановлено, що протягом періоду дослідження спостерігалось їх поступово збільшення, тоді як у відношенні концентрації у воді нітратів, навпаки, поступово зменшення ($R_s = -0,462$; $p = 0,005$).

5. В найбільшому ступені річні відмінності було встановлено у відношенні концентрації у воді нітратів та хлоридів (у обох випадках: $p < 0,001$). Вірогідний вплив окремих місяців дослідження було встановлено лише у відношенні вмісту у воді розчинного кисню ($p = 0,031$). Крім того, наявність сезонної компоненти мінливості було встановлено для наступних санітарно-екологічних показників якості води водоводу «Дніпро-Миколаїв»: БСК ($p = 0,021$), жорсткості ($p = 0,024$) та концентрації у воді сульфатів ($p = 0,016$).

6. Було встановлено наявність суттєвого зв'язку між певними санітарно-екологічними показниками якості води водоводу «Дніпро-Миколаїв» протягом періоду дослідження – найвищий рівень кореляції біло встановлено між концентрацією у воді хлоридів та сульфатів ($r = 0,662$; $p < 0,001$). Крім того, концентрація у воді хлоридів була позитивно пов'язана із вмістом сухого залишку ($r = 0,358$; $p = 0,032$) та жорсткістю води ($r = 0,455$; $p = 0,005$).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гафіатулліна, О. Г., & Охріменко, О. В. (2013). Моніторинг гідрохімічного стану річки Дніпро міста Херсон. *Таврійський науковий вісник*, 83, 238-243.
2. Пономаренко, Р. В., Слепужніков, Є. Д., Пляцук, Л. Д., Аблєєва, І. Ю., & Третьяков, О. В. (2019). Визначення якісного стану водної екосистеми річки Дніпро. *Екологічна безпека*, 2(28), 52-62.
3. Маринич, О. М., & Шищенко П. Г. (2006). *Фізична географія України: Підручник*. К.: Знання.
4. Савчук, Д. (2003). Екологічні та економічні аспекти функціонування Дніпровських водосховищ. *Екологічний вісник*, 5-6, 24-26.
5. Пономаренко, Р. В., Пляцук, Л. Д., Третьяков, О. В., Аблєєва, І. Ю., Буц, Ю. В., & Барбашин, В. В. (2020). Удосконалення методології визначення якісного стану водної екосистеми (на прикладі річки Дніпро). *Комунальне господарство міст*, 1(154), 82-93.
6. Снітинський, В. В., Антоняк, Г. Л., Багдай, Т. В., Бубис, О.Є., & Панас, Н. Є. (2014). Сучасний стан та екологічні проблеми водних ресурсів України. *Журнал агробіології та екології*, 1(4), 9-16.
7. Степова, О. В. (2016). Оцінка біогенного забруднення поверхневих водойм Полтавської області. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*, 1-2, 93-97.
8. Хвесик, М. А. (2013). Екологічні проблеми басейну р. Дніпро та шляхи їх вирішення. *Екологія і природокористування*, 17, 68-74.
9. Осадчий, В. І. (2017). Ресурси та якість поверхневих вод України в умовах антропогенного навантаження та кліматичних змін. *Вісник Національної академії наук України*, 8, 29-46.
10. Вишневський, В. І. (2011). *Ріка Дніпро*. К. : «Інтерпрес ЛТД».
11. ДСТУ 4808:2007. (2007). *«Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила*

вибирання» : надано чинності наказом Держспоживстандарту України від 05.07.07 р. №144. К. : Держспоживстандарт України.

12. Hummer, O., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1), 1-9.

13. Лозовіцький, П. С. (2016). Моніторинг мінералізації та хімічного складу води Дніпра в межах Канівського природного заповідника. *Часопис картографії*, 3(15), ч. 2, 73-101.