

УДК 556.11 (282.247.32)

В.І. ВИШНЕВСЬКИЙ, д. геогр. н., проф.,
Національний авіаційний університет,
просп. Любомира Гузара, 1, Київ, 03058, Україна,
e-mail: vishnev.v@gmail.com
ORCID 0000-0002-2900-1598

ГІДРОЛОГО-ГІДРОХІМІЧНИЙ РЕЖИМ ДНІПРОВСЬКИХ ВОДОСХОВИЩ

За результатами моніторингу наведено найважливіші відомості про стан дніпровських водосховищ. Встановлено, що протягом останніх десятиліть відбувається помітне підвищення температури води, водночас зменшується тривалість льодоставу і товщина криги. Висвітлено особливості гідрохімічного режиму в окремих водосховищах. Показано існування значних внутрішньорічних коливань.

Ключові слова: моніторинг, р. Дніпро, водосховища, температура води, гідрохімічні показники.

Дніпровські водосховища — найважливіша складова водогосподарського комплексу України. Вони використовуються у різних сферах: для господарсько-питного і промислового водопостачання, регулювання стоку, гідроенергетики, зрошення, судноплавства, рибного господарства, рекреації.

Матеріал і методика досліджень

Моніторинг стану дніпровських водосховищ виконує низка державних інституцій: гідрометслужба, Державне агентство водних ресурсів, підприємства водоканалу та ін.

Стік Дніпра визначається гідрометслужбою у створах всіх шести гідровузлів. Крім того, це стосується створу Неданчичі, який розташований біля кордону з Білоруссю. На самих водосховищах функціонує 36 гідрологічних постів: шість на Київському, п'ять на Канівському, сім на Кременчуцькому, чотири на Кам'янському, шість на Дніпровському і вісім на Каховському. Крім рівнів води, тут визначають її температуру, характеристики льодових явищ і льодового покриву. Існує також широка мережа спостережень гідрометслужби щодо визначення гідрохімічних показників. Цей моніторинг виконується у 24 пунктах, приблизно у 30 створах. Повторюваність відбору проб від чотирьох до дванадцяти раз на рік.

Ц и т у в а н н я: Вишневський В.І. Гідролого-гідрохімічний режим дніпровських водосховищ. *Гідробіол. журн.* 2020. № 2 (332). С. 103—120.

ISSN 0375-8990 Гідробіологічний журнал. 2020. № 2 (332)

Існує і гідробіологічний моніторинг, який виконується у 22 пунктах, де проби відбираються та аналізуються тричі на рік.

Значним є також обсяг моніторингу Держводагентства України. Ці спостереження виконуються на всіх шести водосховищах більш як у 40 пунктах. Гідрохімічні показники у поверхневому шарі води переважно визначають три — чотири рази на рік за винятком зимового періоду. Це, зокрема, пов'язано з тим, що чимало пунктів моніторингу розташовано на спорудах, призначених для подачі води для зрошення. Водночас на водозаборах великих міст (Києва, Черкас, Дніпра, Запоріжжя та кількох інших) моніторинг здійснюється щомісяця. Зручним є те, що ці дані, хоч і у скороченому вигляді, перебувають у відкритому доступі на сайті Держводагентства України (www.davr.gov.ua).

Показники якості води визначають і підприємства водоканалу, причому найбільші — майже щодня, за винятком вихідних і святкових днів. Це стосується як гідрохімічних показників, так і фіто- і зоопланктону.

Не можна обійти увагою і моніторинг, який виконується з використанням штучних супутників Землі. Чимало цих даних перебуває у відкритому доступі, зокрема на сайті Геологічної служби США (<https://glavis.usgs.gov/>). Фактично ці дані отримуються щодня. Щоправда, доволі часто, переважно у холодну пору року, знімки бувають захмарені.

Наявність величезного обсягу даних дає змогу визначити чимало показників, які характеризують стан дніпровських водосховищ. Водність Дніпра, а також термічні та льодові особливості дніпровських водосховищ досліджено за даними спостережень гідрометслужби. Зокрема для встановлення багаторічних змін водності річки використано дані на посту Київ з 1881 р. Дані найбільш репрезентативних гідрологічних постів стали підґрунтям вивчення температури води та льодового покриву.

Гідрохімічні показники води в основному встановлювали за даними Держводагентства України. Основну увагу приділено періоду 2012—2018 рр. Крім того, з метою з'ясування багаторічних змін зібрано та проаналізовано дані з початку 1990-х років. Перед початком статистичної обробки з використанням програми Excel було виконане їх умовне форматування. Завдяки цьому швидко знаходилися величини, які істотно відрізнялися від інших. Ці відомості ретельно аналізувалися та перевірялися, зокрема шляхом звернення у відповідну лабораторію. Наявність великого обсягу даних, отриманих у конкретні дати, дала змогу встановити внутрішньорічний розподіл за місяцями, а не сезонами. Отримані результати порівнювалися з даними щодо водності Дніпра та інших гідрометеорологічних параметрів.

Дослідження водосховищ з використанням дистанційного зондування Землі спиралося на дані супутників Landsat, Sentinel-2 та ін. Оскільки супутникові знімки мають точний час знімання, це давало змогу «прив'язати» їх до гідрометеорологічних умов на найближчих гідрологічних постах. Супутникові дані переважно опрацьовували з використанням програми ArcMap 10.

Результати досліджень та їх обговорення

Важливим питанням, яке стосується стану водосховищ, є стік Дніпра. Ще донедавна у цьому питанні основна увага була зосереджена на середніх і максимальних витратах. Але аномально мала водність у 2015—2016 рр. та у наступні роки змусила звернути увагу на мінімальні витрати і загалом на зміни стоку. Для вивчення водності річки використано дані гідрологічного поста Київ за період 1881—1974 рр. Після цього у зв'язку зі створенням Канівського водосховища визначення витрат тут припинили. Водність річки у наступні роки встановлено як суму витрат у створі Київської ГЕС і р. Десни на посту Літки, що розташований неподалік від її гирла. За наявними даними, середня багаторічна витрата води біля Києва протягом 1881—2018 рр. становила $1370 \text{ м}^3/\text{с}$, у створі Київської ГЕС протягом 1965—2018 рр. — $1050 \text{ м}^3/\text{с}$. Останні роки були маловодними. Так, середньорічна витрата води у створі Київської ГЕС у 2015 р. ($486 \text{ м}^3/\text{с}$) виявилася найменшою за весь період існування Дніпровського каскаду. У 2016 р. витрата води у цьому створі ($681 \text{ м}^3/\text{с}$) також була значно меншою за середню багаторічну. Власне, маловодними були і 2017—2018 рр., коли витрата води на Київській ГЕС становила відповідно 903 і $980 \text{ м}^3/\text{с}$. Хоча стік Дніпра упродовж останніх років був невеликим, він у цілому залишається сталим, без будь-якої тенденції зменшення чи збільшення (рис. 1).

На відміну від ділянки біля Києва, водність Дніпра у нижній течії стала меншою порівняно з природними умовами. Це зумовлено як значними обсягами безповоротного водозабору, так і втратами на додаткове випаровування з поверхні ставків і водосховищ. Лише з поверхні Каховського водосховища щороку втрачається близько 850 млн м^3 води, що становить половину всіх втрат у межах каскаду. Протягом 1956—2018 рр. водність Дніпра у створі Каховського гідровузла становила $1310 \text{ м}^3/\text{с}$ ($41,4 \text{ км}^3/\text{рік}$), що менше за природний стік приблизно на $12 \text{ км}^3/\text{рік}$. Упродовж цього періоду водність річки біля Києва виявилася навіть більшою ($1400 \text{ м}^3/\text{с}$ або $44,2 \text{ км}^3/\text{рік}$), що свідчить про переважання безповоротних втрат над бічним припливом.

Термічний і льодовий режими. Глобальне потепління, яке не могло оминути Україну, вплинуло на термічний і льодовий режими водосховищ і, відтак на численні процеси, що відбуваються в них [1—11].

Дані спостережень на гідрологічних постах свідчать про існування вираженої тенденції підвищення температури води. Для кількісного визначення цього підвищення важливе опрацювання даних, отриманих в однорідних умовах. У межах Києва однорідними можна вважати дані з 1977 р., тобто з часу наповнення Канівського водосховища. За 1977—2019 рр. підвищення температури води у травні — вересні у середньому становило $0,7 \text{ }^\circ\text{C}$ за десятиріччя. Якщо на початку спостережень вона була близько $18 \text{ }^\circ\text{C}$, то нині $21 \text{ }^\circ\text{C}$. Ще більшим є підвищення максимальної температури — на $1,0 \text{ }^\circ\text{C}$ за десятиріччя (рис. 2).

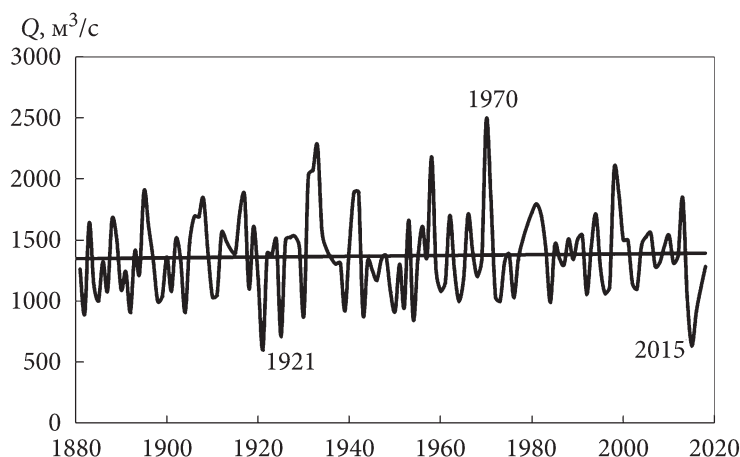


Рис. 1. Коливання середньорічних витрат води Дніпра біля Києва у 1881—2018 рр.

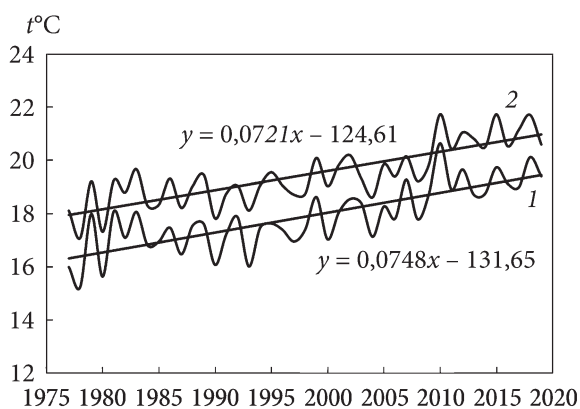


Рис. 2. Зміни середньої за травень — вересень температури повітря (1) і води Дніпра (2) у Києві протягом 1977—2019 рр.

Наведений рисунок свідчить про існування тісного зв'язку між температурою повітря і води. Найвища температура води у дніпровських водосховищах спостерігалася у липні — серпні 2010 р. і у серпні 2015 р., коли дуже високою була і температура повітря. Зокрема 10 серпня 2015 р. на гідрологічному посту у Києві температура води досягла 29,1 °С. На багатьох гідрологічних постах, розташованих південніше, вона перевищила 30 °С. Донедавна 2015 р. був найтеплішим за всю історію спостережень. Того року середня температура повітря на метеостанції Київ досягла 10,5 °С, що на 2,8 °С вище за норму. Ще вищою (10,6 °С) виявилася середньорічна температура у 2019 р. Упродовж 2012—2019 рр. найвища температура води спостерігалася у серпні, тобто дещо пізніше, ніж звичайно.

Підвищення температури повітря і води позначилося і на льодовому режимі водосховищ. У межах усього Дніпровського каскаду зменшилася тривалість льодових явищ та особливо тривалість льодоставу (рис. 3).

Наведені на рисунку дані свідчать не лише про зменшення тривалості льодоставу, а й про те, що у Київському і Кременчуцькому водосховищах він не дуже різниться, хоч Кременчуцьке розташоване значно південніше

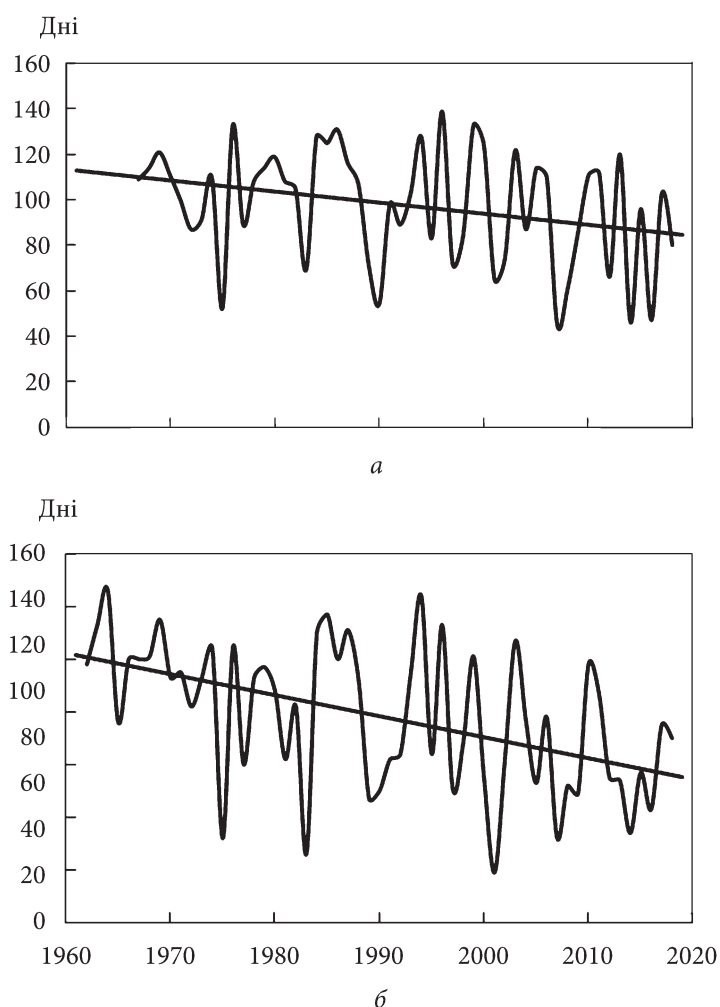


Рис. 3. Багаторічні зміни тривалості льодоставу на дніпровських водосховищах: *а* — Київське — Толокунь; *б* — Кременчуцьке — Черкаси

за Київське. У цьому разі важливою є не лише широта, а й довгота, яка впливає на кліматичні умови. Через це температура повітря взимку у місці розташування Київського і Кременчуцького водосховищ приблизно однакова.

У м'які зими, наприклад 2014—2015 рр., на деяких гідрологічних постах, зокрема на Каховському водосховищі та у нижніх б'єфах ГЕС, льодостав може не утворюватися. Загальною тенденцією останніх десятиліть є зменшення не лише тривалості льодоставу, а й товщини льодового покриву (рис. 4).

Впродовж останнього десятиріччя тривалий льодостав зі значною товщиною льоду спостерігався взимку 2009—2010 рр. Того року тривалість льодоставу на посту Толокунь, що розташований на правому бе-

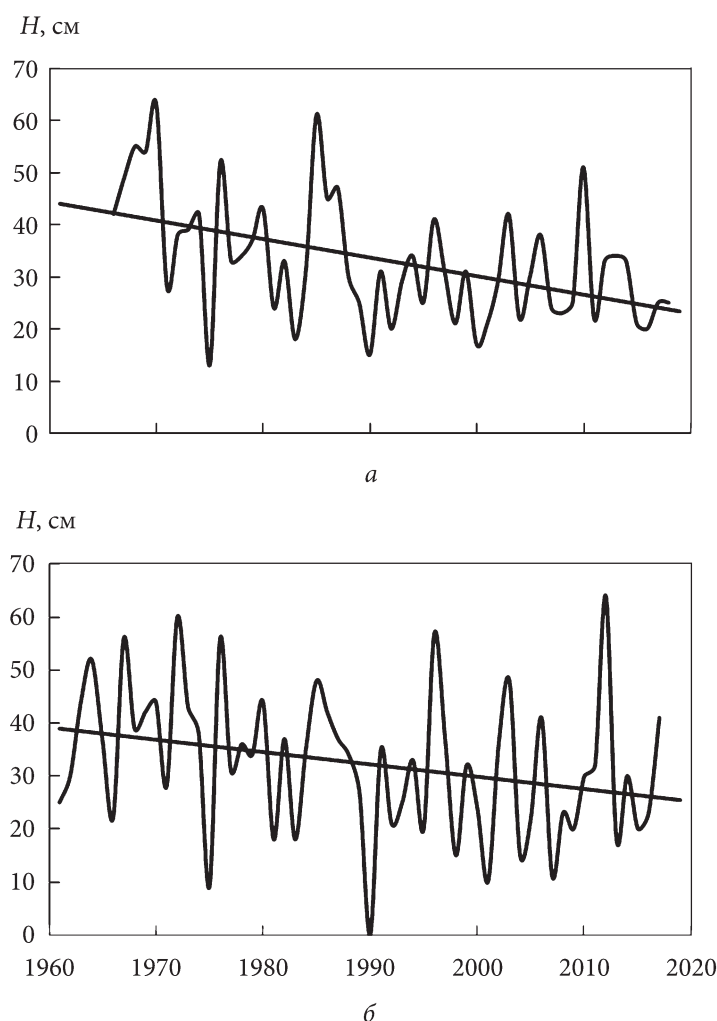


Рис. 4. Багаторічні зміни максимальної товщини льодового покриття на дніпровських водосховищах: *а* — Київське — Толокунь, *б* — Кременчуцьке — Черкаси

резі Київського водосховища приблизно посередині його довжини, становила 111 діб. Ще більшою (114 діб) вона була на посту Страхолісся, що розташований північніше. Особливістю зими 2009—2010 рр. була ще й багатосніжність і, відповідно, накопичення снігу на кризі [2].

Дослідження термічного і льодового режимів виконано також з використанням дистанційного зондування Землі. Встановлено, що особливістю всіх водосховищ, за винятком Київського, є порівняно невисока температура води у зоні їх виклинювання у літній період. Це зумовлено скиданням води у нижній б'єф зі значних глибин — звичайно більше 10 м. Значний вплив на температуру води у водосховищах (насамперед великих) може чинити вітер, який у деяких випадках спричинює просторові відмінності до 5 °С. Переважання у літній період вітру з північного сходу

над Кременчуцьким і Кам'янським водосховищами зумовлює те, що найвища температура часто спостерігається біля правого південно-західного берега [4]. За супутниковими знімками встановлено, що тривалість льодоставу біля східного і західного берегів Київського водосховища різна — більша біля східного, що зумовлено впливом правобережних приток Терів та Ірпінь, які несуть порівняно теплу воду, особливо під час допілля.

Слід відмітити, що часто крижаний покрив найпізніше зникає не у Київському, а у розташованому значно південніше Кременчуцькому водосховищі. У цьому ж водосховищі зафіксовано найбільшу товщину криги. На посту Світловодськ 28.02.1976 р. вона досягла 77 см [2].

Гідрохімічні показники. Сухий залишок. Упродовж 2012—2018 рр. усереднена концентрація сухого залишку у дніпровських водосховищах була у межах 280—320 мг/дм³. Менше значення характерне для Київського, більше — для Каховського водосховищ. Певний вплив на цей показник мають місцеві умови, зокрема розташування пунктів спостережень відносно місць скидів стічних вод і впадіння приток. Зокрема зростання концентрації сухого залишку спостерігається нижче скиду Бортницької станції аерації (БСА), на якій очищують стічні води м. Києва. Подібне спостерігається на південній околиці м. Дніпро біля технічного водозабору Придніпровської ТЕС. Тут простежується вплив р. Самари, що впадає вище за течією. Невелика водність Дніпра у 2015—2017 рр. спричинила зростання концентрації сухого залишку порівняно з роками зі звичайною водністю. Зокрема у нижньому б'єфі Київської ГЕС на водозаборі Дніпровської водопровідної станції (ДВС) середня концентрація у 2012—2014 рр. становила 270, у 2015—2017 рр. — 294 мг/дм³, тобто існує слабко виражена обернена залежність між середньорічною концентрацією сухого залишку і водністю Дніпра.

Зарегулювання стоку зумовило відмінності внутрішньорічного розподілу сухого залишку порівняно з природними умовами. Відбулося не лише його вирівнювання упродовж року, а й зміщення мінімумів і максимумів на пізніші терміни. Насамперед це стосується нижньої течії Дніпра. Затримка внутрішньорічних коливань залежить також від водності Дніпра, яка визначає швидкість просування водних мас вниз за течією. Найменші значення сухого залишку у нижньому б'єфі Київської ГЕС протягом 2012—2018 рр. відмічені у червні — липні, у нижній течії Дніпра — наприкінці року (рис. 5).

У роки з витратами більшими за середні (1998—1999 рр.) внутрішньорічний розподіл є іншим — максимум концентрації сухого залишку у нижньому б'єфі Київської ГЕС припадає на лютий — березень, мінімум — на квітень — травень. У таких умовах вже у липні концентрація помітно зростає через зменшення частки талої води і зростання частки підземної. Отже, невеликий стік Дніпра протягом 2012—2018 рр. зумовив зміщення максимумів і мінімумів на один — два місяці.

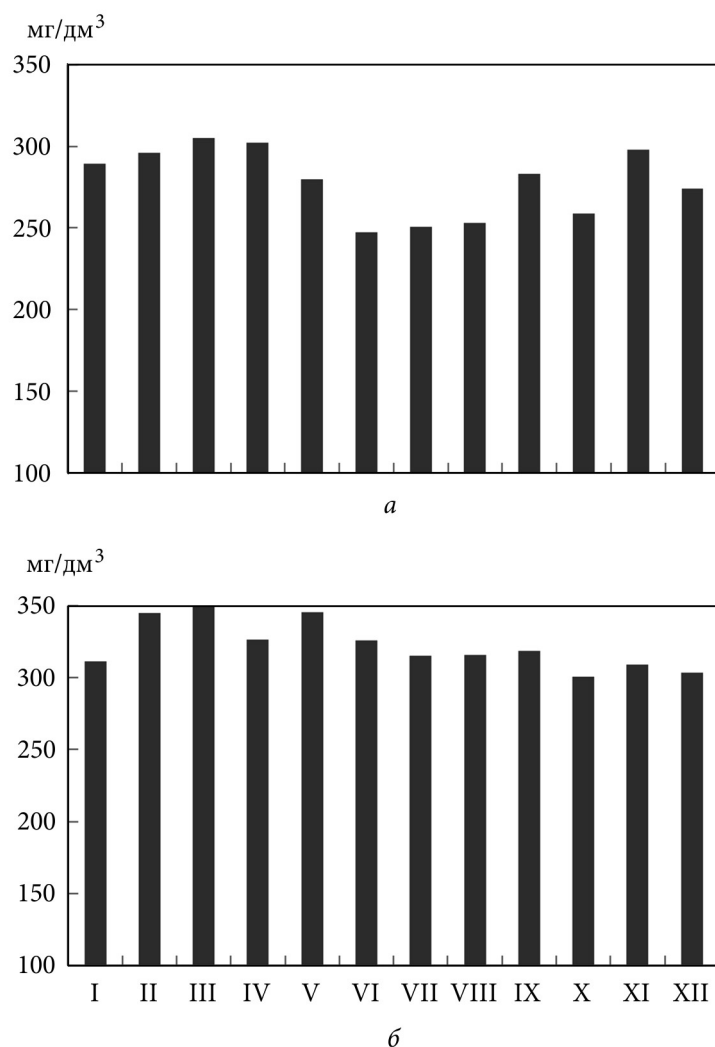


Рис. 5. Внутрішньорічний розподіл концентрації сухого залишку у нижньому б'єфі Київської ГЕС (а) і на верхній околиці м. Херсон (б) протягом 2012—2018 рр.

Кольоровість води на мережі моніторингу визначається фотометричним методом за платино-кобальтовою шкалою. За наявними даними, вона залежить від водності Дніпра і його найбільшої притоки Прип'яті. Збільшення стоку Прип'яті супроводжується зростанням виносу гумусових речовин і, відповідно, кольоровості. Подібний результат прямої залежності кольоровості від витрат води отримано у [2, 6]. Кольоровість у гирлі Прип'яті істотно вища, ніж у Дніпрі, і зазвичай становить 150—170 град. Максимум (566 град) зафіксовано на посту Чорнобиль під час літнього паводка 30.07.1998 р. Нижче за течією кольоровість поступово зменшується. Впродовж 2012—2018 рр. у нижньому б'єфі Київської ГЕС вона становила 40—45, на Кам'янському водосховищі біля смт Аули —

20—25, на водозаборі м. Запоріжжя — 16—20, у нижньому б'єфі Каховської ГЕС — 10—14 град.

Концентрація розчиненого кисню залежить як від природних, так і господарських чинників. Так, у Київському водосховищі значний вплив має тривалість льодоставу. Ще один природний чинник — згадане вище надходження гумусових речовин, насамперед зі стоком Прип'яті. Поєднання цих чинників інколи призводить до значного погіршення кисневого режиму. Це, зокрема, спостерігалось наприкінці холодної і багатосніжної зими 2009—2010 рр., коли концентрація розчиненого кисню у Київському водосховищі зменшилася до 1—2 мг/дм³. У нижньому б'єфі Київської ГЕС 18.03.2010 р. було навіть зафіксовано концентрацію 0,21 мг/дм³. За таких умов виникла задуха риби.

Упродовж 2012—2018 рр. середня концентрація розчиненого кисню на водозаборі ДВС становила 7,6 мг/дм³. Нижче за течією кисневий режим дещо покращувався. На питному водозаборі м. Черкаси у с. Сокирне середня концентрація розчиненого кисню у ці роки становила 8,4 мг/дм³, мінімальна — 1,4, максимальна — 13,0 мг/дм³, на водозаборі у смт Аули — відповідно 9,1, 6,0 і 12,1 мг/дм³, на водозаборі м. Запоріжжя — відповідно 8,9, 5,6 і 13,9 мг/дм³.

Значними є коливання концентрації розчиненого кисню впродовж року. На водозаборі ДВС вона достатньо висока у грудні — січні, у лютому — березні, за умов льодоставу, істотно знижується, а під час водопілля, яке в основному проходить у квітні — травні, знову зростає. Після цього концентрація кисню зменшується відповідно до підвищення температури повітря і води, а з настанням осінніх холодів знову зростає. Дещо іншим є внутрішньорічний розподіл у водосховищах, розташованих нижче за течією. Через менш стійкий льодовий покрив тут немає істотного зменшення концентрацій наприкінці зими та у березні. Крім того, вниз за течією зменшується роль гумусових речовин, які виносить Прип'ять. Оскільки більшість водосховищ замерзає пізніше Київського, концентрація кисню у грудні в них вища. Значна мінливість чинників, які впливають на концентрацію розчиненого кисню у Київському водосховищі, зумовлює її велику мінливість. Нижче за течією сезонні коливання більш плавні (рис. 6).

Хімічне споживання кисню (біхроматна окиснюваність) по всій довжині Дніпра знаходиться приблизно на одному рівні — найчастіше у діапазоні 27—33 мг О/дм³. На нього також впливають природні чинники, зокрема надходження гумусових речовин, а також господарська діяльність. Помітне зростання ХСК відмічене нижче скиду БСА, а також с. Святилівка, що лежить на лівому березі Кременчуцького водосховища. Останнє зумовлене скидом з розташованих поряд ставкових рибних господарств [3].

Подібно до кольоровості води, існує пряма залежність між водністю Дніпра і ХСК. Крім того, для ХСК властиві значні сезонні коливання, ISSN 0375-8990. Гідробіологічний журнал. 2020. № 2 (332)

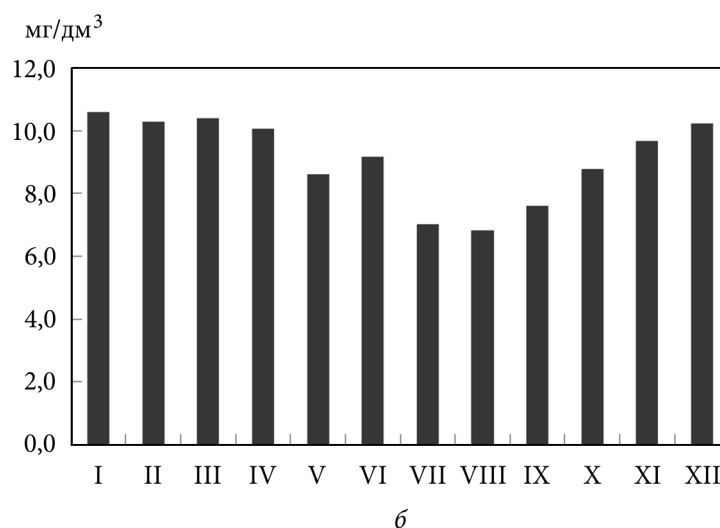
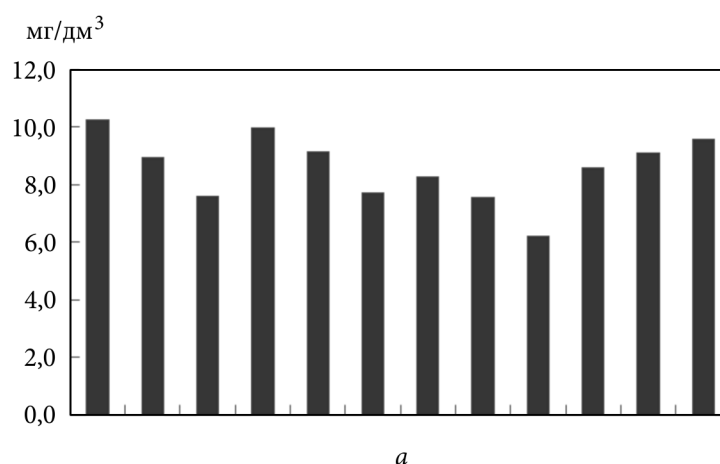


Рис. 6. Внутрішньорічний розподіл розчиненого кисню у нижньому б'єфі Київської ГЕС (а) і Кам'янському водосховищі біля смт Аули (б) протягом 2012—2018 рр.

причому настання мінімумів і максимумів за течією Дніпра зміщуються на пізніші терміни. Це ще раз вказує на важливу роль р. Прип'яті (рис. 7).

Цікаво порівняти отримані результати з тими, що отримані на інших річках. У Дунаї, в якому умови живлення істотно відрізняються, ХСК значно нижче. Зокрема, біля Братислави воно у середньому становить 11—12 мг О/дм³. Максимальні значення відмічені у травні, мінімальні — у вересні [13]. Найбільш ймовірно, пізніші терміни настання мінімумів і максимумів у Дніпрі зумовлені його більшим зарегулюванням і меншою швидкістю течії.

Біохімічне споживання кисню (БСК₅). На відміну від ХСК, цей показник униз за течією Дніпра зменшується. Для кількісного оцінювання цих змін виконано усереднення даних для окремо взятих водосховищ. Такий

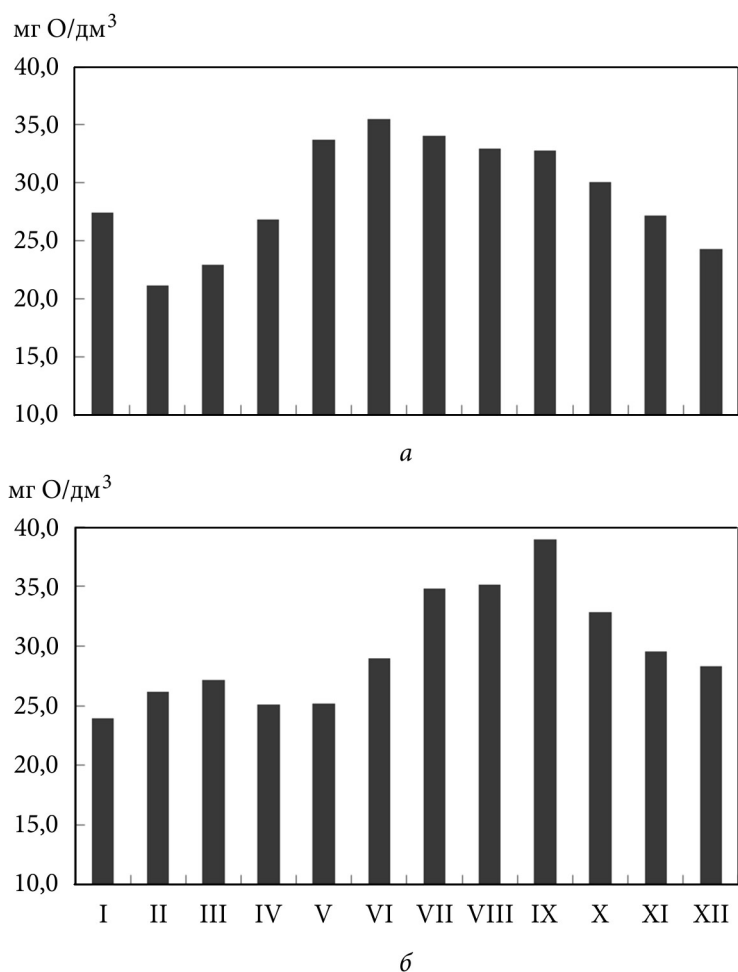


Рис. 7. Внутрішньорічний розподіл ХСК у нижньому б'єфі Київської ГЕС (а) і Кам'янському водосховищі біля смт Аули (б) протягом 2012—2018 рр.

підхід відповідає сучасній концепції моніторингу, яка полягає у з'ясуванні стану окремо взятих водних масивів, якими є водосховища. Для Київського водосховища дані взято такими, як на посту Козаровичі (єдиний пункт спостережень на водосховищі), для Канівського — усереднені в пунктах ДВС, Українка і Переяслав, Кременчуцького — Канів (нижній б'єф), Сокирне, Святилівка і Світловодськ, Кам'янського — Шулівка, Верхньодніпровськ та Аули, Дніпровського — середні між розташованими поряд Кайдацьким і Ломовським водозаборами м. Дніпро, а також у м. Запоріжжя, Каховського — Енергодар, Марганець, Нікополь, Мар'янське і Любимівка (рис. 8).

Найвищі значення БСК₅ відмічені у другій половині літа при найвищій температурі води та активності мікроорганізмів. Мінімальні припадають на холодну пору року (січень — лютий). У нижньому б'єфі

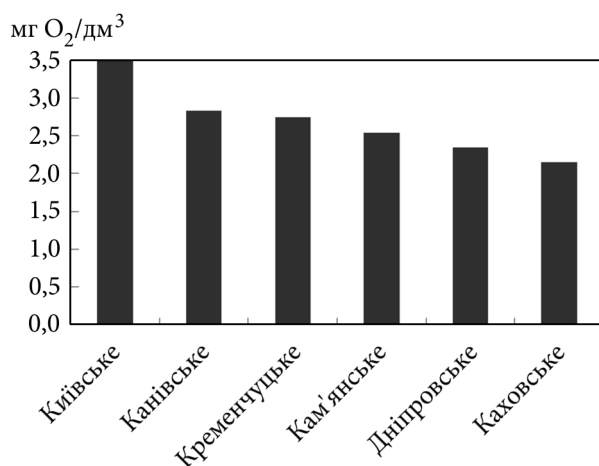


Рис. 8. Значення БСК₅ у дніпровських водосховищах протягом 2012—2018 рр.

Київської ГЕС це стосується і березня, адже вода тут залишається дуже холодною (рис. 9).

Концентрація біогенних сполук. Зміни концентрації цих сполук в окремо взятих водосховищах досліджено подібно до БСК₅. За даними моніторингу концентрація сполук азоту в напрямку до гирла зменшується, причому найбільш виражено для азоту нітритного і нітратного (рис. 10). Аналогічне зменшення концентрацій сполук азоту вниз за

течією зафіксовано на Волзькому каскаді водосховищ [1].

Як і у багатьох інших випадках, на концентрацію сполук азоту істотно впливають місцеві умови, причому більше, ніж, приміром, на концентрацію сухого залишку. Так, у створі на 0,5 км вище скиду БСА впродовж 2012—2018 рр. середня концентрація азоту амонійного становила 0,50 мг N/дм³, нітритного — 0,082, нітратного — 1,55 мг N/дм³. Значно більші вони у створі 0,5 км нижче скиду: відповідно 1,66, 0,148 і 3,66 мг N/дм³. Нижче за течією вплив БСА нівелюється.

Вміст сполук азоту значно коливається протягом року. Зокрема у Кам'янському водосховищі біля смт Аули найбільші концентрації азоту амонійного спостерігаються у другій половині літа, найменші — у березні. Внутрішньорічний розподіл концентрації азоту нітратного істотно відрізняється — вона найменша у літній період. Вважається [5], що зменшення концентрацій азоту нітратного пов'язано з його поглинанням гідробіонтами. Істотне зменшення концентрації сполук азоту, насамперед нітритів і нітратів, у літній період, відмічено і у Дунаї [13].

Дані з 1993 р. свідчать про відсутність помітних змін концентрації сполук азоту у дніпровських водосховищах. Так само немає чіткої залежності від водності Дніпра. Це підтверджується і при порівнянні сучасних даних з даними 1960—1980-х років [5]. Водночас доводиться констатувати, що на інших великих річках Європи відбуваються позитивні зміни [9, 12, 13].

На відміну від сполук азоту, концентрації неорганічного фосфору вниз за течією Дніпра зростають, причому найбільш істотно, починаючи з Кременчуцького водосховища (рис. 11), що відмічено і у роботі [5]. Водночас виразних змін за течією Волги немає [1].

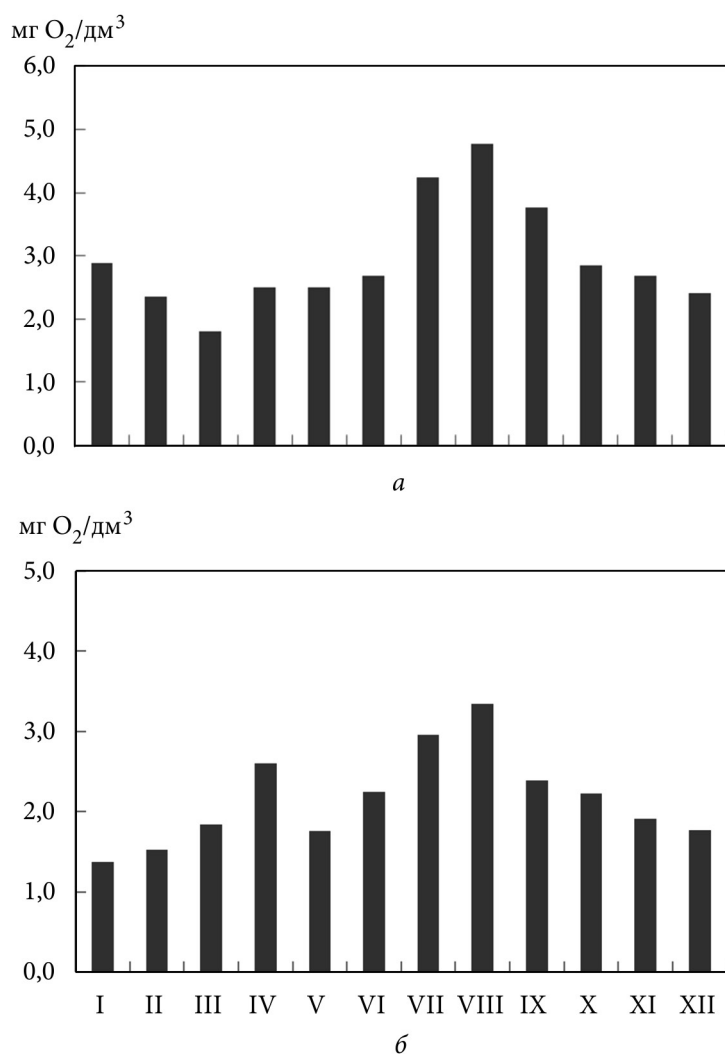


Рис. 9. Внутрішньорічні зміни БСК₅ у нижньому б'єфі Київської ГЕС (а) і Кам'янському водосховищі біля смт Аули (б) протягом 2012—2018 рр.

Можна припустити, що підвищені концентрації азоту амонійного та неорганічного фосфору у Кременчуцькому водосховищі є важливим чинником того, що тут спостерігається найбільше «цвітіння» води [4]. Будь-якої тенденції зміни концентрації неорганічного фосфору за багаторічний період не відмічено. Зокрема, у нижньому б'єфі Київської ГЕС середня концентрація протягом 1994—2000 рр. становила 0,076 мг P/дм³, у 2012—2018 рр. — 0,078 мг P/дм³.

Для концентрації неорганічного фосфору характерні значні внутрішньорічні коливання з мінімумом у квітні — травні і максимумом у другій половині літа і першій половині осені (рис. 12). Загалом існує зворотна залежність від витрат води. Близькими є результати, наведені у праці [5], де

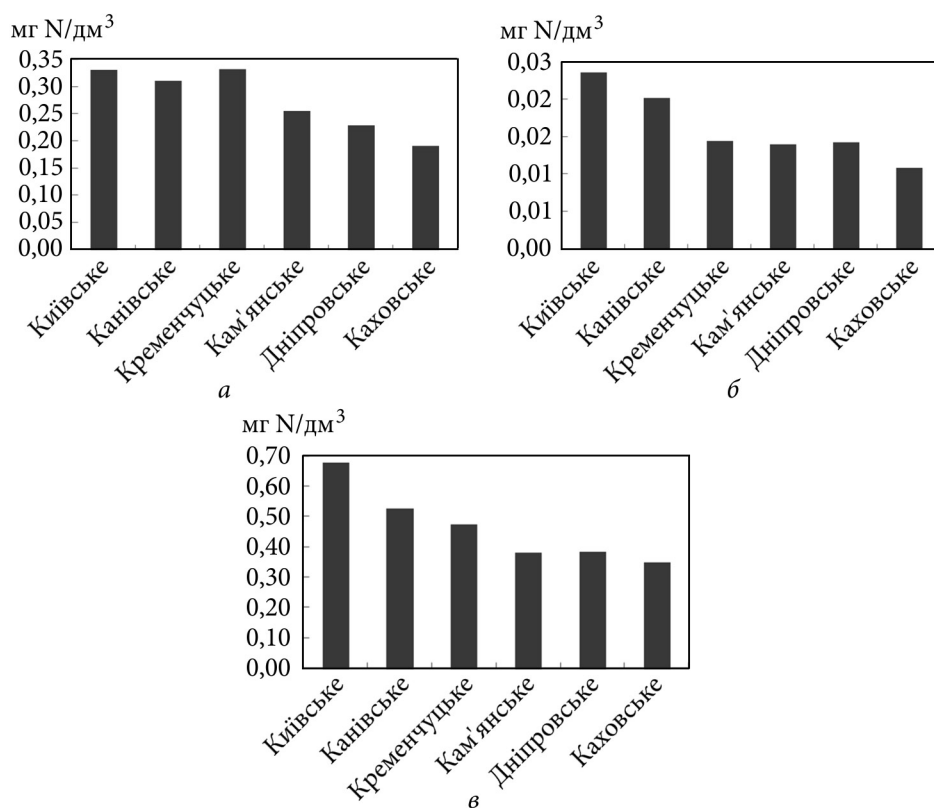


Рис. 10. Концентрація азоту амонійного (а), нітритного (б) і нітратного (в) у дніпровських водосховищах протягом 2012—2018 рр.

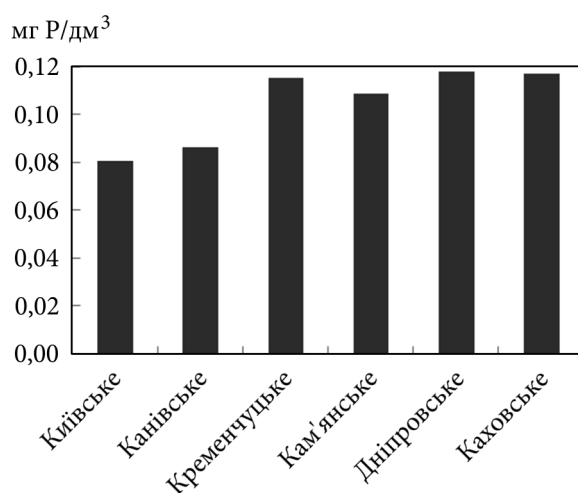


Рис. 11. Концентрації неорганічного фосфору у дніпровських водосховищах протягом 2012—2018 рр.

сказано про зростання концентрацій від весни до осені. У нашому випадку закономірності внутрішньорічного розподілу є більш детальними.

Доводиться констатувати, що концентрація неорганічного фосфору у Дніпрі істотно вища, ніж у Дунаї та Волзі [1, 6, 8, 12, 13]. Важливо й те, що у згаданих річках, на відміну від Дніпра, протягом останніх десятиліть вона значно зменшилась.

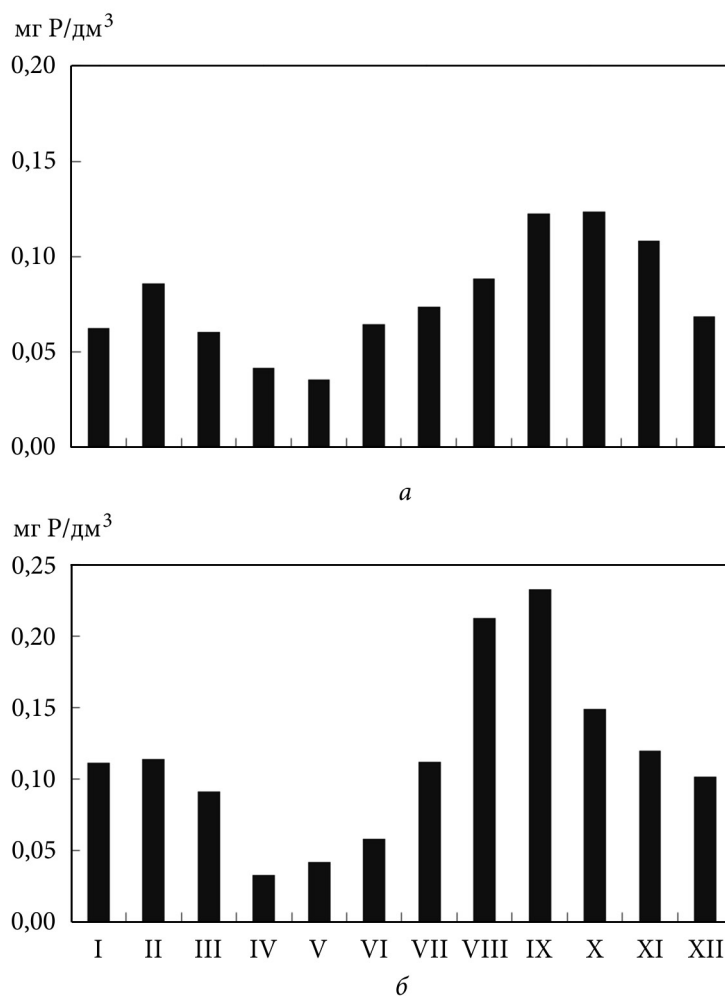


Рис. 12. Внутрішньорічний розподіл концентрації неорганічного фосфору у нижньому б'єфі Київської ГЕС (а) і в Кам'янському водосховищі біля смт Аули (б) протягом 2012—2018 рр.

Деякі відмінності існують і у внутрішньорічному розподілі. Так, у Дунаї біля Братислави мінімум концентрації неорганічного фосфору спостерігається у травні, максимум — у січні — лютому [13], у Волзі (Куйбишевське водосховище) мінімум — у червні — липні, максимум — наприкінці року [8]. У праці [8] сказано також про залежність концентрації неорганічного фосфору від витрат води протягом року і розвитку «цвітіння». До цих чинників ймовірно потрібно додати ще й температуру води, а також процес розкладання водоростей.

Співвідношення між сумарною концентрацією неорганічних форм азоту і фосфору поступово зменшується вниз за течією Дніпра. Якщо у Київському водосховищі воно становить 12—13, то у Каховському — близько п'яти (рис. 13).

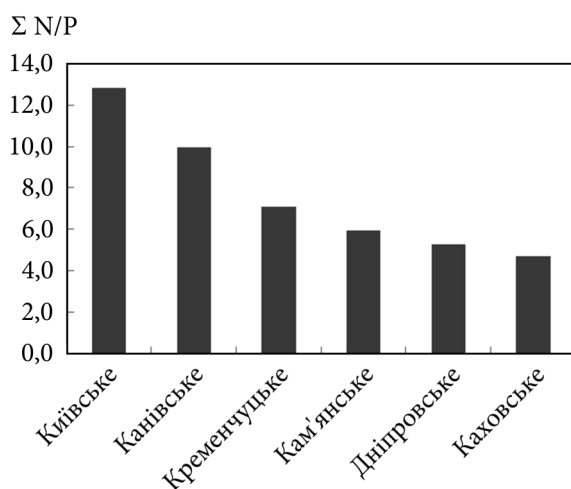


Рис. 13. Співвідношення $\Sigma N/P$ у дніпровських водосховищах протягом 2012—2018 рр.

року. Зокрема, у верхів'ї Канівського водосховища на водозаборі ДВС у квітні воно досягає 30,0, у вересні — жовтні зменшується до 5,0. Водночас у Кам'янському водосховищі біля смт Аули найбільше значення (до 22) відмічене у квітні — травні, найменше (приблизно 2,5) — у серпні — вересні (рис. 14).

Висновки

Моніторинг, що виконується кількома відомствами на дніпровських водосховищах, дає змогу характеризувати зміни водності Дніпра, особливості термічного та льодового режимів, гідрохімічних показників. За даними моніторингу можна стверджувати, що природна водність Дніпра залишається сталою. Водночас у нижній течії водність Дніпра істотно зменшилася внаслідок господарської діяльності.

На стан дніпровських водосховищ істотно впливає потепління клімату, яке спричиняє значне підвищення температури води, зменшення тривалості льодоставу і товщини льодового покриву.

Уповільнення водообміну, спричинене зарегулюванням стоку і невеликою водністю Дніпра в останні роки, зумовило зміщення мінімумів і максимумів концентрацій сухого залишку на пізніші терміни. Характерною особливістю показника БСК₅ є його зменшення вниз за течією Дніпра. Зменшення концентрацій униз за течією Дніпра властиве також для сполук азоту. Водночас у тому ж напрямку вміст неорганічного фосфору у воді зростає. Як наслідок, існує виразна тенденція зменшення співвідношення $\Sigma N/P$ униз за течією: у Київському водосховищі воно становить 12—13, у Каховському — близько п'яти. Значними є й внутрішньорічні коливання цих показників. Зокрема вони чітко простежуються щодо

У Дунаї біля Братислави співвідношення $\Sigma N/P$ істотно більше, ніж у Дніпрі і приблизно становить 25 [13]. Як і у Дніпрі, вниз за течією це співвідношення зменшується: у межах Румунії біля м. Констанца воно знижується до 15 [12]. Близьким (15) є це співвідношення у нижніх Волзьких водосховищах [9].

Дані моніторингу дніпровських водосховищ свідчать про значні коливання співвідношення $\Sigma N/P$ протягом

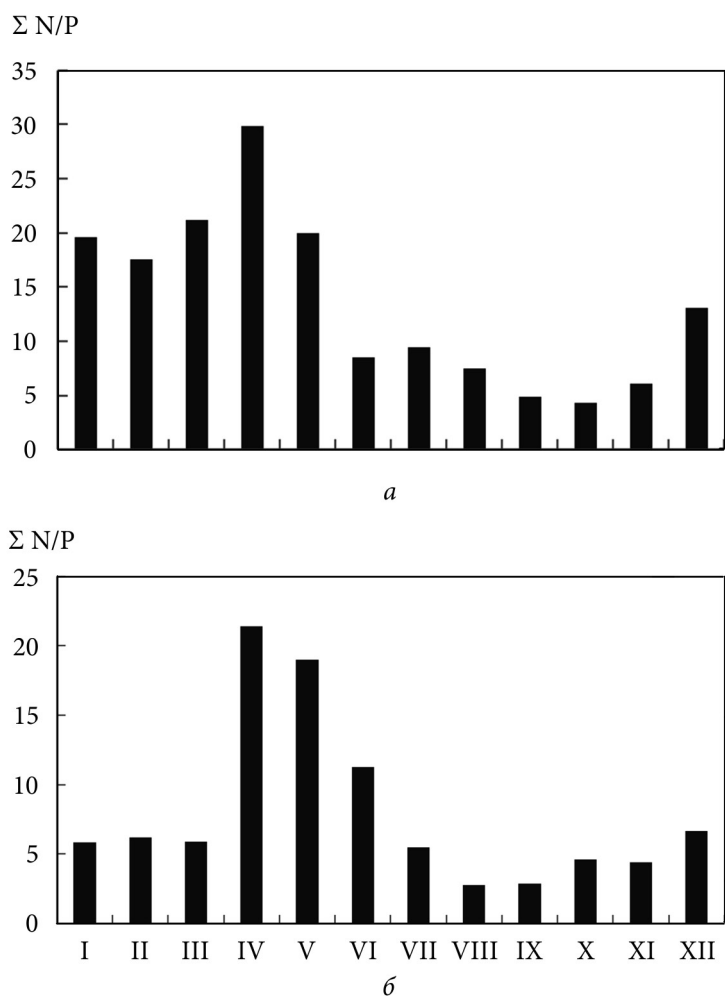


Рис. 14. Внутрішньорічний розподіл співвідношення $\Sigma N/P$ у нижньому б'єфі Київської ГЕС (а) і Кам'янському водосховищі біля смт Аули (б) протягом 2012—2018 рр.

концентрації неорганічного фосфору, яка найнижча у квітні — травні і найвища у серпні — жовтні.

Список використаної літератури

1. Болгов М.В., Кочарян А.Г., Лебедева И.П., Шишков С.Н. Качество природных вод в каскаде Волжских водохранилищ. *Аридные экосистемы*. 2008. Т. 14, № 35—36. С. 68—82.
2. Вишневський В.І. Ріка Дніпро. К.: Інтерпрес ЛТД, 2011. 384 с.
3. Вишневський В.І., Шевчук С.А., Кравцова О.Й. Закономірності змін якості води за течією Дніпра. *Меліорація і водне господарство*. 2017. Вип. 106. С. 33—42.
4. Вишневський В.І., Шевчук С.А. Використання даних дистанційного зондування Землі у дослідженнях водних об'єктів України. К.: Інтерпрес ЛТД, 2018. 116 с.
5. Гидрология и гидрохимия Днепра и его водохранилищ. Киев: Наук. думка, 1989. 216 с.

6. Осадча Н.М. Баланс стоку гумусових речовин у каскаді дніпровських водосховищ. *Наук. праці УГМІ*. 2012. Вип. 263. С. 81—99.
7. Правила експлуатації водосховищ Дніпровського каскаду. К.: Генеза, 2003. 176 с.
8. Селезнева А.В., Беспалова К.В., Селезнев В.А. Содержание растворенного неорганического фосфора в воде Куйбышевского водохранилища. *Вод. хоз-во России*. 2018. № 2. С. 35—43.
9. Шашуловская Е.А., Мосияш С.А., Филимонова И.Г. и др. Гидрохимические основы биологической продуктивности в замыкающих водохранилищах Волжского каскада. *Тр. Зоол. ин-та РАН*. 2016. Т. 320, № 3. С. 367—376.
10. Щербак В.И. Отклик фитопланктона Киевского водохранилища на повышение летних температур. *Гидробиол. журн.* 2018. Т. 54, № 5. С. 20—38.
11. Якушин В.М., Щербак В.И., Семенюк Н.Е., Линчук М.И. Гидрохимическая характеристика Киевского водохранилища на современном этапе его существования. *Там же*. 2017. Т. 53, № 4. С. 104—120.
12. Cociasu A., Popa L. Significant changes in Danube nutrient loads and their impact on the Romanian Black Sea coastal waters. *Cercetari Marine*. 2005, N 35. P. 25—37.
13. Pekarova P., Onderka M., Pekar J. et al. Prediction of water quality in the Danube River under extreme hydrological and temperature conditions. *J. Hydrol. Hydromech.* 2009. Vol. 57, N 1. P. 3—15.

Надійшла 02.05.2019

V.I. Vyshnevskiy, Dr. Sci. (Geogr.), Prof., Prof.,
National Aviation University,
1 Liubomyra Guzara Ave, Kyiv, 03058, Ukraine,
e-mail: vishnev.v@gmail.com
ORCID 0000-0002-2900-1598

HYDROLOGICAL-HYDROCHEMICAL REGIME OF THE DNIPRO RESERVOIRS

On the basis of the state monitoring of the Dnipro reservoirs the main information about their state is provided. It was stated, that over the last decades the water temperature notably increased, whereas the ice period duration and ice cover thickness decreased. The peculiarities of the hydrochemical regime in the reservoirs' cascade were considered. Presence of the significant annual fluctuations was shown.

Keywords: monitoring, the Dnipro River, reservoirs, water temperature, ice cover, hydrochemical characteristics.