

# ГІДРОХІМІЯ, ЯКІСТЬ ВОДИ

УДК 556.56.3/.4; 556.551

Н.М. Осадча

## **БАЛАНС СТОКУ ГУМУСОВИХ РЕЧОВИН У КАСКАДІ ДНІПРОВСЬКИХ ВОДОСХОВИЩ**

Досліджено концентрації гумусових речовин у воді основних приток української частини басейну Дніпра та показано, що найбільший вміст притаманний річкам верхньої частини басейну: Прип'яті, верхній ділянці Дніпра та Десні. Річка Прип'ять, частка водного стоку якої складає 27,3 % від усього стоку Дніпра, вносить близько 50 % загальної кількості розчинених гумусових речовин. Обчислено баланс основних фракцій гумусових речовин на ділянці від верхнього Дніпра до греблі Каховської ГЕС і показано, що каскад водосховищ у середньому акумулює 20 тис. т (56 %) гумінових і 290,4 тис. т (49 %) фульвокислот, разом з якими в донні відклади виводяться зв'язані токсиканти.

**Ключові слова:** водосховища, каскад, водний стік, гумінові кислоти, фульвокислоти, акумуляція.

### **Вступ**

Водні ресурси найбільшого в Україні басейну р. Дніпро в середньому становлять 53 км<sup>3</sup>/рік і забезпечують  $\frac{3}{4}$  національних потреб економіки у воді. Протягом 1950-1976 рр. на річці поетапно було створено каскад із 6-ти водосховищ, у результаті чого водний режим Дніпра було істотно трансформовано і він набув виразних озерних рис.

Побудова Дніпровських водосховищ дозволила вирішити низку господарських проблем, серед яких найважливішими були регулювання внутрірічного розподілу водного стоку, забезпечення водою маловодних регіонів, зрошення, вироблення електроенергії та забезпечення судоходної глибини 365 см на всій довжині річки.

Більш як 60-ти річне існування каскаду Дніпровських водосховищ висвітлює наявність низки різнонаправлених екологічних проблем, до яких призводить зарегулювання стоку рівнинних річок. Серед основних

варто вказати затоплення значних територій, «цвітіння води», підтоплення земель, абразію берегів.

Дніпровські водосховища виконують роль регулятора водного стоку шляхом зменшення піку витрат весняного водопілля. Для природного водного режиму Дніпра характерний високий весняний підйом рівнів води, що призводило до підтоплення значних територій і, зокрема м. Києва. Основну регулюючу роль, яка досягає трохи більше ніж  $9 \text{ км}^3/\text{рік}$ , відіграє третє в каскаді Кременчуцьке водосховище [22]. Типовий для рівнинної річки гідрограф з весняною повінню та літньо-осінньою меженню в цьому водосховищі спостерігається тільки в багатоводні роки. Головне, Київське, водосховище забезпечує часткове сезонне регулювання. Близько 60 % його водного стоку припадає на весняне водопілля. В інші періоди коливання рівнів і витрат води мінімальні. Друге в каскаді, Канівське водосховище, має значення добового та тижневого регулятора стоку. Четверте та п'яте в каскаді, Дніпродзержинське та Дніпровське водосховища, у регулюванні стоку відіграють незначну роль. Також мало використовується для регулювання стоку ємність найглибшого Каховського водосховища, що пов'язано з необхідністю забезпечення подачі води в Північно-Кримський канал.

Зарегулювання Дніпра змінило його гідрологічний режим, що проявилось у зменшенні швидкості течії та інтенсивності турбулентного перемішування, зменшенні водообміну та появі значної частки (до 40 %) застійних зон. Тип кругообігу речовин і енергії у водосховищах перетворився з транзитного на замкнутий, домінуючої ролі набули внутріводоймові процеси [1, 3, 4, 18, 22].

Трансформація гідрологічного режиму неминує призвела до зміни хімічного складу дніпровської води. У всіх без винятку водосховищах спостерігається значне зростання мінералізації води. Так, у Київському водосховищі середня мінералізація води зросла з  $240 \text{ мг/дм}^3$  на момент його заповнення [6] до  $320 \text{ мг/дм}^3$  у 2007-2012 рр. Максимальні концентрації спостерігалися в літньо-осінній період та наприкінці зимової межени і сягали  $> 400 \text{ мг/дм}^3$ . У Кременчуцькому та Каховському водосховищах зміни мінералізації води за аналогічний період становили відповідно 252-347 та  $275\text{-}361 \text{ мг/дм}^3$ . Це пов'язано з підсиленням притоку ґрунтових вод під час зменшення рівнів води у водосховищах, інтенсифікацією розкладання органічних речовин, збільшенням випаровування води, надходженням із донних відкладів [7]. При цьому

зменшилася річна амплітуда коливання для головних іонів та величини мінералізації води.

Саме тоді уповільнення течії води призвело до зростання ролі акумулятивних процесів [18, 22]. Осадження зависей мінерального та органічного походження на ділянках з активними седиментаційними процесами сприяє виведенню з ними із водного розчину багатьох інгредієнтів. За характерних фізико-хімічних умов водного середовища перерозподіл і трансформація розчинених форм елементів відбувається в напрямку згори – донизу з наступним депонуванням у донних відкладах. Багаторічні дослідження водосховищ Дніпровського каскаду дозволили зробити висновок щодо їхньої значної екосистемної ролі як потужного біогеохімічного бар'єра, що найбільшою мірою проявилася під час Чорнобильської катастрофи 1986 р. [15].

**Мета** цієї роботи – визначити роль водосховищ Дніпровського каскаду в перерозподілі органічних речовин гумусового походження. Гумусові речовини (ГР) – це природні біополімери, які утворюються внаслідок мікробіального розкладання органічних решток, і є гетерогенною сумішшю біохімічно стійких сполук із властивостями слабких кислот. В їхній систематиці, заснованій на розчинності, прийнято виділяти 2 найбільші фракції – гумінові (ГК) та фульвокислоти (ФК). До ГК відносять речовини, що розчиняються в слабких лугах і коагулюють при підкисленні розчину. Гумінові кислоти мають темно-коричневе або чорне забарвлення і характеризуються високою біологічною стійкістю. Вони надають ґрунтам темного кольору навіть за незначного вмісту гумусу. Через погану розчинність у воді ГК накопичуються у верхньому шарі ґрунту і, таким чином, формують гумусний горизонт. Фульвокислоти (ФК) мають жовте забарвлення і добре розчиняються у воді. Зважаючи на ступінь міграції ГР за умов різного зволоження ґрунту, колір гумусових речовин не є визначальною ознакою. Вони змінюють забарвлення залежно від рН від світло-жовтого в кислому середовищі до майже чорного в лужному [11].

За сучасними уявленнями ГК і ФК мають загальний принцип будови. В основі їхньої молекули знаходиться ароматичне ядро, з яким пов'язані бічні ланцюги. Індивідуальні відмінності полягають у співвідношенні ароматичних і периферійних аліфатичних структур та в різному вмісті функціональних груп [11, 16]. Однак у складі ГК співвідношення ароматичного і аліфатичного вуглецю вище порівняно з

ФК. За даними інфрачервоної спектроскопії до складу ГР входять карбоксильні, фенол-гідроксильні, карбонільні, амінні, катехольні та хінонні групи. ФК мають більшу кількість функціональних груп, що визначає їх вищу рухомість і реакційну здатність [17].

Дані гель-хроматографічного дослідження засвідчили, що ГК є гетерогенними речовинами, до складу яких входять як високо- так і низькомолекулярні сполуки. Ефективні значення молекулярних мас ГК знаходяться в діапазоні від декількох сотень до кількох тисяч дальтон (Да). ФК більш гомогенні, а їхня молекулярна маса не перевищує 1-1,5 тис. Да [10, 16].

Водний цикл міграції ГР довгий час практично знаходився поза увагою дослідників, що було пов'язано з традиційним поглядом про інертність, стійкість і переважно з позитивною роллю ГР для водних екосистем. Однак накопичений досвід із вивчення ГР показав, що вони відіграють значно вагомішу роль у формуванні хімічного складу поверхневих вод внаслідок впливу на фізичні, хімічні та біологічні процеси. ГР становлять основну частину органічної речовини поверхневих вод. Від їхньої наявності істотно залежить рН води та стан кисневого режиму водних об'єктів, вони мають властивості регулятора окисно-відновного стану, значною мірою впливають на цикли біогенних елементів і стійкість елементів карбонатно-кальцієвої рівноваги. Без знання ГР неможливо оцінити міграційну здатність важких металів, органічних мікрополутантів [8, 16]. Крім того, вони прямо й опосередковано впливають на розвиток гідробіонтів, регулюючи багато метаболічних процесів у воді. Високий вміст ГР у воді призводить до виникнення перешкод під час процесу водопідготовки, в результаті чого питна вода не може досягти нормативного складу. А застосовуване в Україні знезараження води шляхом її хлорування призводить до виникнення вторинних хлор-похідних, багато з яких має виражену канцерогенну дію [25, 26].

До завдань нашого дослідження також входив розрахунок загального балансу ГР каскаду Дніпровських водосховищ та визначення ролі кожної з приток у формуванні його прибуткової частини.

### **Матеріали та методи**

Матеріалами роботи слугували результати власних експедиційних досліджень, виконаних на водосховищах Дніпра та його притоках, і результати державної мережі спостережень про середньорічні витрати

води. Створи спостереження було приурочено переважно до гирлових зон річок, а у водосховищах вони розміщені у верхній та нижній частинах.

Виділення ГР із багатокомпонентного складу поверхневих вод проводили методом систематичного аналізу органічних речовин [19, 20]. Проби води, попередньо відфільтровані через мембранний фільтр з діаметром пор 0,45 мкм, пропускали через колонку з целюлозним аніоном ДЕАЕ та десорбували 0,3 моль/дм<sup>3</sup> розчином NaOH. Отриманий концентрат містив суміш ГР, для розділення яких його підкислювали кількома краплями 1 моль/дм<sup>3</sup> HCl до pH = 2 и витримували протягом 1-2 год на водяній бані (t = 70-80 °C). Протягом 10-20 год відстоювання ГК осідали у вигляді коричневих пластівців, які відокремлювали мембранною фільтрацією (d = 0,45 мкм). Фільтрат уміщував у собі ФК. Відокремлений осад ГК розчиняли в 10 см<sup>3</sup> 0,5 %-ого розчину NaOH. Концентрацію ГК і ФК визначали фотометрично за градувальним графіком [9].

Стік ГР обчислювали загальноприйнятим методом на підставі середньорічних концентрацій та витрат води [21].

## Результати та їх обговорення

### Вміст ГР у воді основних приток

Середній вміст ГР у воді основних приток Дніпра наведено на рис. 1, з якого видно, що найбільші концентрації ГР притаманні водам р. Прип'ять, а в середній та нижній частинах басейну Дніпра вони значно знижуються.

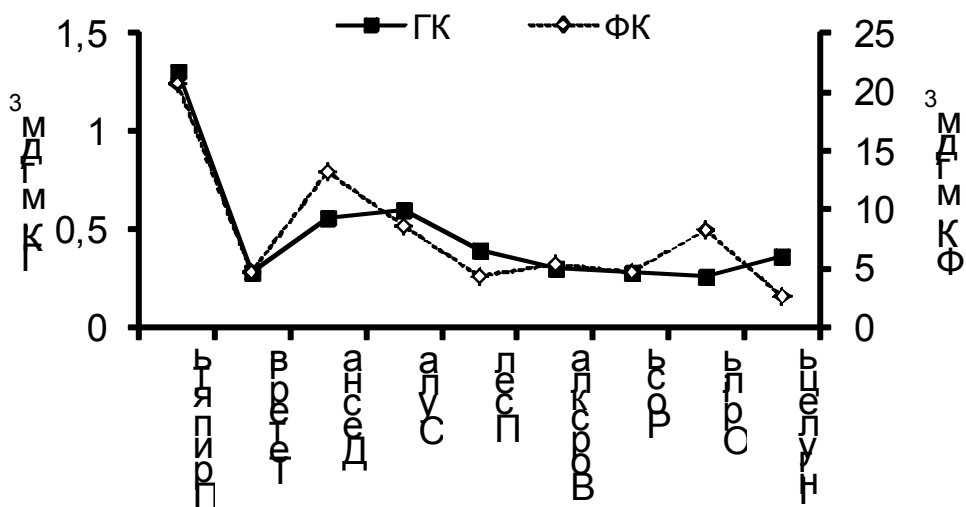


Рис. 1. Середні концентрації ГК і ФК у воді основних приток Дніпра

Вміст ГР у водах Прип'яті перевищує характерні межі коливань відповідної фізико-географічної зони [21]. Це пов'язано з особливостями басейну річки, який вирізняється розвинутою гідрографічною мережею, неглибоким заляганням ґрунтових вод та незначним похилом, що в результаті сприяє формуванню природної заболоченості території.

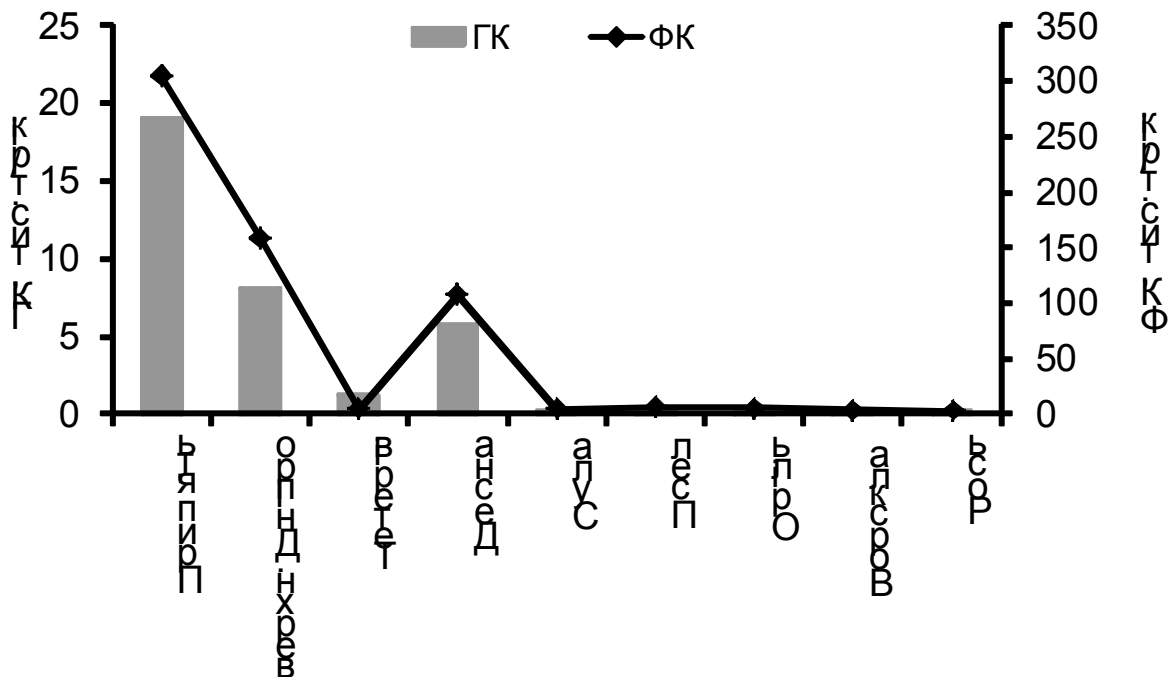


Рис. 2. Винос ГР з водами основних приток Дніпра (2005-2010 рр.)

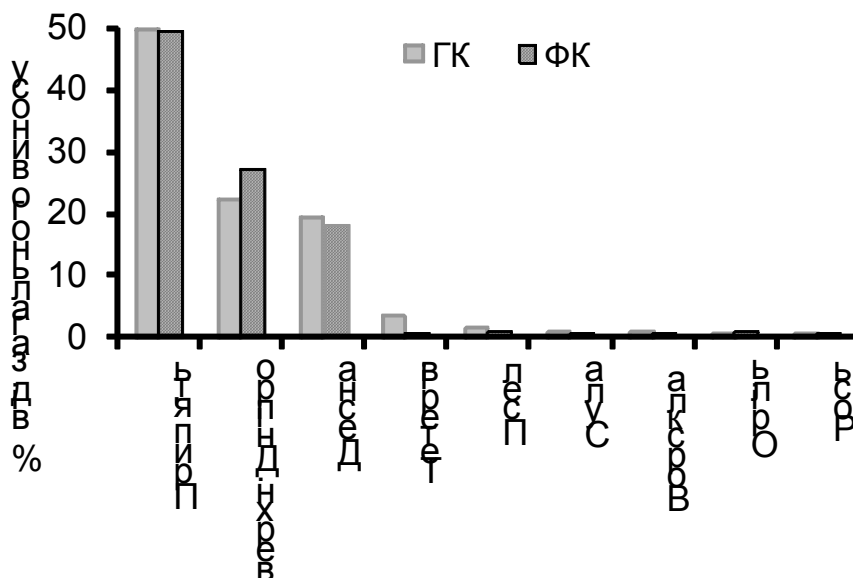


Рис. 3. Відносна частка окремих приток у формуванні стоку ГР з території басейну р. Дніпро (2005-2010 рр.)

За даними [2] заболоченість басейну Прип'яті сягає 40 %. У роки існування Радянського Союзу рівень ґрунтових вод знижувався за допомогою меліоративної системи, однак після Чорнобильської аварії вона почала деградувати, русла каналів заросли та замулились, їхня пропускна здатність знизилась, що призвело до підйому рівнів ґрунтових вод і вторинного заболочування [23]. Ступінь заболоченості басейну неоднорідний. Значно більше заболочені численні лівобережні притоки, що протікають територією Білорусі. Серед правобережних українських приток болотне живлення відіграє значну роль у формуванні стоку річок Стир та Случ.

Болота та торфово-болотні і лучно-болотні ґрунти містять велику кількість органічних речовин. У складі вбирного комплексу таких ґрунтів переважає іон водню, що сприяє утворенню вод з низьким  $pH$  та існуванню ГР у найбільш рухливій і агресивній формі кислоти. У багатоводні періоди низинні болота здатні скидати у з'єднанні з ними річки значні об'єми води, збагачені ГР.

На підставі даних про середні концентрації ГР та витрати води розраховано стік ГР з басейнів вищезазначених приток та визначено відносну роль кожної з них у загальному стоці ГР Дніпра за період 2005-2010 рр. (рис. 2, 3).

Згідно з отриманими матеріалами (рис. 2, 3), основний внесок у формування стоку ГР Дніпра забезпечують річки Прип'ять, верхній Дніпро та Десна, серед яких головну роль відіграють води р. Прип'ять. У середньому за досліджуваний період частка зазначених річок у виносі ГК становила відповідно 49,9, 22,4 та 19,4 %. Тобто, разом вони виносять 91,7 % ГК. Досить значну роль відіграють води р. Тетерів, з якими надходить у середньому 3,5 % розчинених ГК.

Внесок інших досліджуваних річок значно поступається вказаним і змінюється в межах від 1,63 до 0,66 %. Міграція ФК у каскаді Дніпровських водосховищ також на 95 % забезпечується водами річок Прип'ять, Дніпро та Десна, частка яких у середньому становить відповідно 49,7, 27,2 та 18,1 %. Роль стоку ФК інших річок коливається від 1,1 % для Псла до 0,6 % для Росі.

Таким чином, наше припущення про визначальну роль вод р. Прип'ять у формуванні стоку ГР басейну Дніпра отримало переконливе обґрунтування [12-14]. Річка Прип'ять, води якої формують у середньому

27,3 % водного стоку басейну Дніпра, вносить майже 50 % розчинених ГР.

Стік ГР з водою річок Прип'ять, Дніпро та Десна тісно пов'язаний з їхньою водністю, про що свідчить сумісний хід відповідних параметрів на хронологічних графіках (рис. 4).

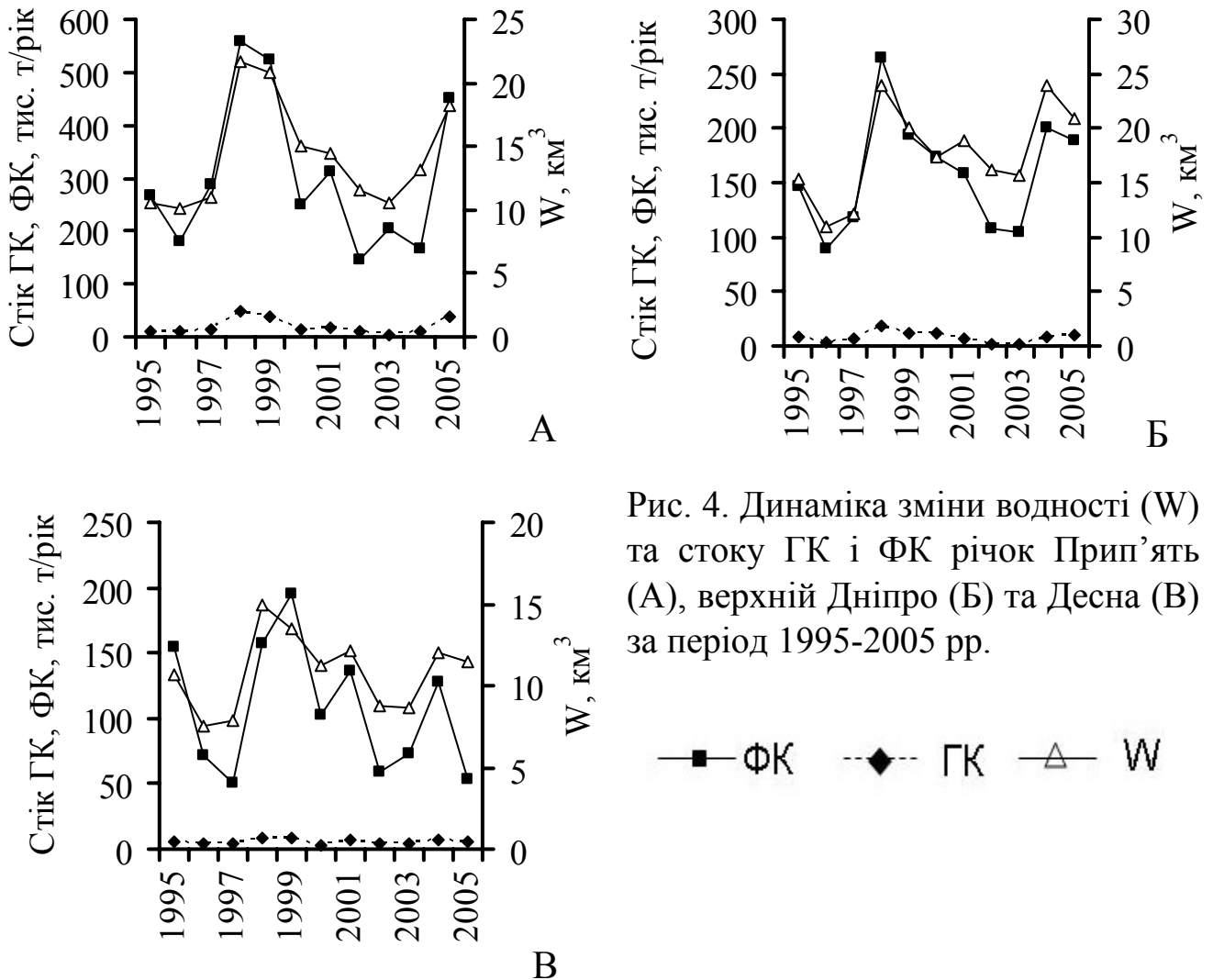


Рис. 4. Динаміка зміни водності (W) та стоку ГК і ФК річок Прип'ять (А), верхній Дніпро (Б) та Десна (В) за період 1995-2005 рр.

Характерно, що зі збільшенням водності зростає не тільки загальний винос розчинених компонентів, а й кількість речовин, що припадає на 1 км³ води. Природа такої закономірності полягає в тому, що в багатоводні роки створюються умови для збільшення виносу ГР завдяки глибшому просочуванню атмосферних опадів та тривалішому контакту твердої поверхні з водою, упродовж якого встигає встановитися міжфазова рівновага речовин.



*Розподіл гумусових речовин у водосховищах Дніпровського каскаду*

ГР з водами приток надходять до різних водосховищ Дніпровського каскаду. Зміну середніх багаторічних концентрацій ГР у водосховищах Дніпра наведено на рис. 5. Найбільші величини концентрації ГР спостерігаються у воді головного, Київського водосховища, і поступово знижуються в напрямку до нижнього, Каховського водосховища. На шляху від Київського до Каховського водосховища вміст ГК зменшується в 2,2 рази, а ФК – у 2 рази. У водах Дніпровсько-Бузького лиману, що надходять до Чорного моря, концентрації ГК становлять 24 % від їх величин у Київському водосховищі, а концентрації ФК – 32 %.

Верхнє Київське водосховище розташоване в лісовій зоні, де добре розвинута гідрографічна мережа. Сумарний річний стік приток верхнього Дніпра досягає 80 % від загального стоку [5]. З просуванням на південь об'єм бічної приточності різко зменшується, у середній і нижній течії стік приток становить відповідно 15 % та 1 %.

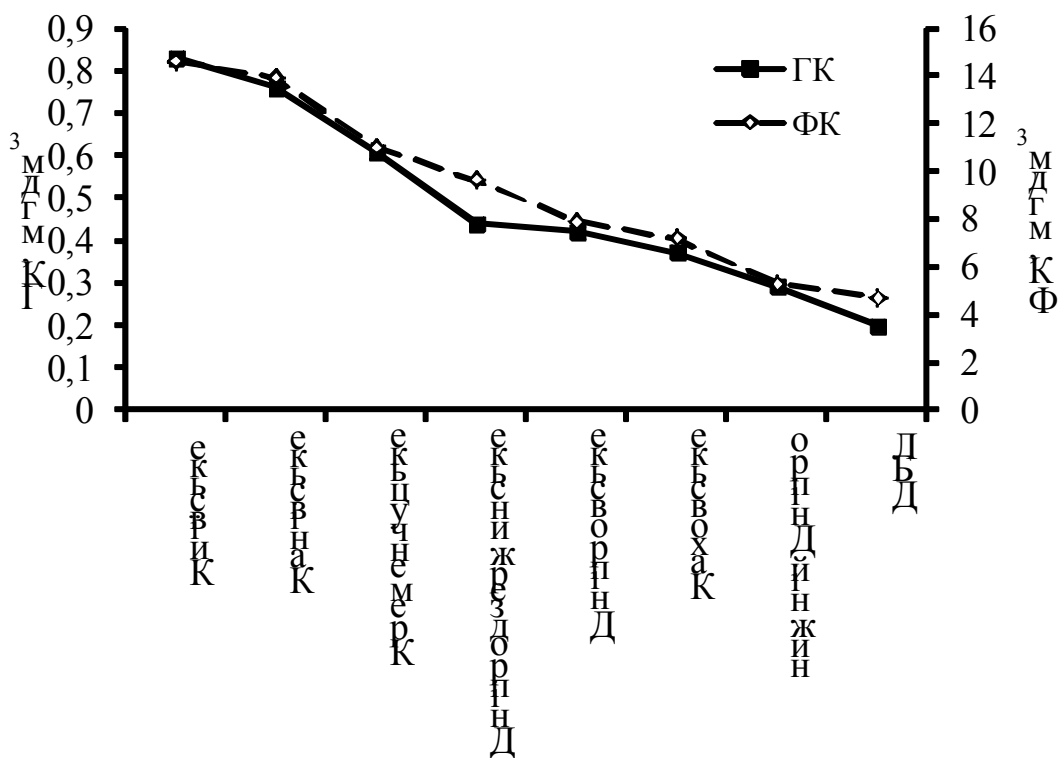


Рис. 5. Зміна середніх багаторічних концентрацій ГК і ФК у водосховищах Дніпровського каскаду, нижньому Дніпрі та Дніпровсько-Бузькому лимані (ДБЛ)

Вміст ГР у воді Дніпровських водосховищ зумовлений найбільшою мірою заболоченістю басейну Дніпра. При цьому ступінь заболоченості

різних ділянок різко відрізняється. У районі верхнього Дніпра на відтинку від витoku до м. Києва заболоченість збільшується від 3 % до 20 % [2]. На ділянці середнього Дніпра ця величина становить вже 2,5 %, а в нижній частині басейну – лише 0,1 %. Ґрунти верхнього Дніпра представлено в основному супісями і суглинками зі значним розвитком торфво-болотних ґрунтів. У басейні найбільшої притоки Дніпра – р. Прип'яті – болота часто концентруються суцільними масивами. Ступінь заболоченості сягає 30-40 %, а в окремих місцях доходить до 60 % [2, 5]. Зазвичай долина р. Прип'ять зливається з навколишніми болотами у велику низовину, яка заливається весняними водами.

Вимивання ҐР із ґрунтів зумовлено рясними атмосферними опадами, кількість яких у районі верхнього Дніпра становить у середньому 560-610 мм на рік [24].

Таким чином, складаються умови, що у верхній частині басейну Дніпра зосереджені найповноводніші притоки з найбільшим вмістом ҐР.

Водний баланс Київського водосховища, головним чином, зумовлений притоком основних річок: верхнього Дніпра, Прип'яті, Тетерева, Ужа, Ірпеня. Наступне, Канівське, водосховище на 75 % заповнюється водами Київського водосховища і лише 25 % становить приток із водами р. Десни. Третє в каскаді, Кременчуцьке, отримує 94,7 % притоку завдяки Канівському водосховищу. Далі йде Дніпродзержинське водосховище, яке на 94 % заповнюється водами Кременчуцького водосховища. Стік через гідровузол Дніпродзержинського водосховища становить 98 % прибуткової частини водного балансу Дніпровського водосховища, яке, передусім, практично повністю наповнює розташоване нижче Каховське водосховище. Наведені дані свідчать про те, що високогуміфіковані води р. Прип'яті та верхнього Дніпра поступово перерозподіляються з верхньої до нижньої частини каскаду. Певну роль у формуванні ҐР відіграють внутрішньоводоймові процеси, внаслідок яких утворюється планктогенний гумус.

Характер розподілу ҐР певним чином залежить від водності року, оскільки в роки різної водності змінюється тривалість утримання води у водосховищі. Як середній за водністю рік розглядали 2000 р., коли середньорічні витрати р. Прип'ять становили  $476 \text{ м}^3/\text{с}$  і мало відрізнялися від середньої багаторічної величини  $430 \text{ м}^3/\text{с}$ . 1998 р. був багатоводним, середні витрати Прип'яті в цей рік збільшилися до  $688 \text{ м}^3/\text{с}$ . Як маловодний обрали 1996 р. з середніми витратами р. Прип'ять  $319 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Розподіл середніх концентрацій ГР від головного до нижнього водосховища в періоди різної водності показано на рис. 6.

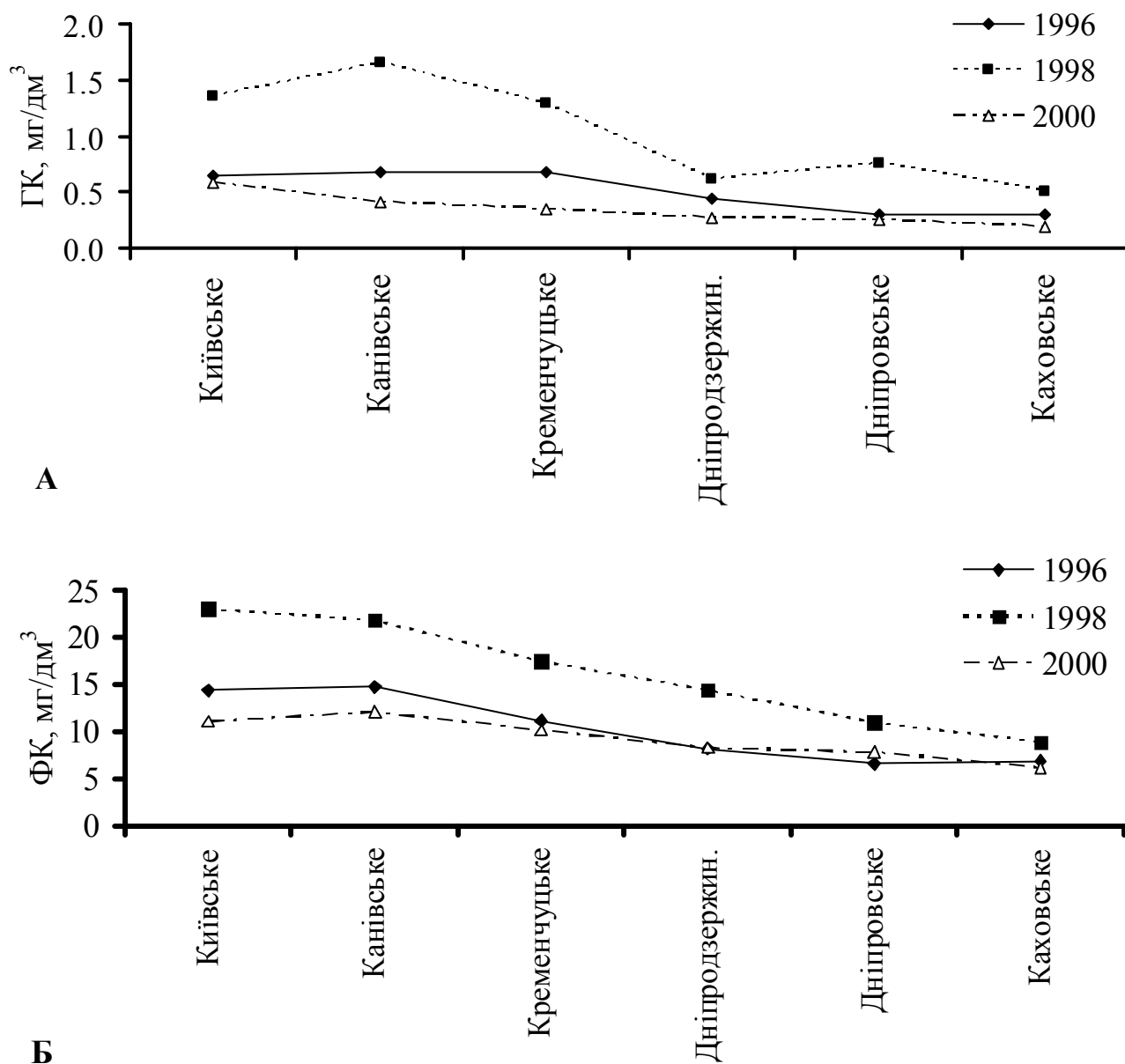


Рис. 6. Розподіл середніх концентрацій ГК (А) і ФК (Б) за довжиною каскаду Дніпровських водосховищ у роки з різною водністю (2000 р. – середній за водністю, 1996 р. – маловодний, 1998 р. – багатоводний)

У рік середньої водності ГК поступово виводяться із водного середовища, найбільша їхня частина седиментується на відтинку Київське – Канівське водосховище, де в основному відбувається трансформація річкового стоку. Нижче за течією інтенсивність зменшення концентрацій поступово знижується. Очевидно, що відповідну роль у цій частині каскаду починають відігравати процеси автохтонного формування ГР. У

маловодні роки концентрації ГР у верхніх водосховищах майже не змінюються й інтенсивне виведення ГК із розчину починається лише в середньому, Дніпродзержинському водосховищі. У багатоводні роки, коли тривалість утримання водних мас у водосховищах знижується в 3-4 рази, концентрація ГК від Київського до Канівського водосховища збільшувалась через вплив р. Десни. Найбільша акумуляція ГК спостерігається після проходження основного етапу регулювання стоку в Кременчуцькому водосховищі.

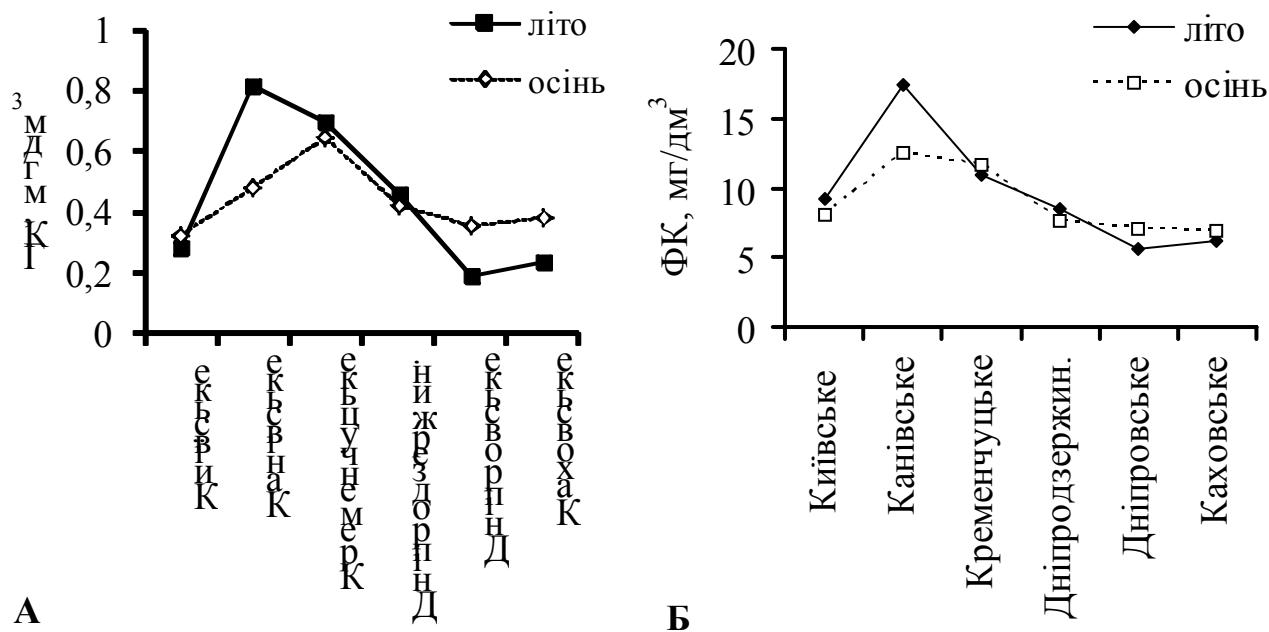


Рис. 7. Розподіл ГК (А) і ФК (Б) по довжині Дніпровського каскаду в період літньої та осінньої межени

Концентрація ФК у середньому за водністю та маловодному роках у воді Канівського водосховища дещо перевищувала відповідні значення в Київському водосховищі. Починаючи з Кременчуцького водосховища, спостерігалось поступове їхнє виведення із фази розчину в донні відклади.

У багатоводний рік ФК починають виводитися із фази розчину в Канівському водосховищі, а нижче за течією виводяться рівномірними порціями до Каховського водосховища.

В умовах каскадного розташування Дніпровських водосховищ на формування складу органічних речовин істотний вплив чинить гідрологічний режим, зокрема просування хвилі водопілля по довжині каскаду, а разом з нею і підвищених концентрацій ГР. Максимальні

концентрації ГР у водосховищах середнього і нижнього Дніпра збігаються з періодами водообміну розташованих вище водосховищ. Бічна приточність при цьому значної ролі не відіграє, оскільки, як показано вище, вміст ГР у водах приток значно нижчий порівняно з водосховищем, в яке вони впадають. Пізніше надходження вод водопілля в нижню і середню частину каскаду пов'язано з тим, що такі водосховища як Кременчуцьке та Каховське малопроточні (рис. 7). Період водообміну в них становить у середньому відповідно 85-130 днів [22].

Отримані результати дозволяють зробити висновок, що за каскадного розташування водосховищ відбувається поступова седиментація й акумуляція ГР у донних відкладах.

#### *Баланс гумусових речовин водосховищ Дніпровського каскаду*

Зіставлення прибуткової і витратної частини замкнутого об'єкта дозволяє скласти його баланс. Як зазначалося вище, за прибуткову частину української частини басейну Дніпра розглядався стік основних приток (верхнього Дніпра, Прип'яті, Десни, Тетерева, Сули, Псла, Орелі, Ворскли, Росі). За витратну частину брали результати розрахунку виносу ГР через греблю Каховської ГЕС (табл. 1).

Таблиця 1

#### Винос ГР через греблю Каховської ГЕС

Рік	Водний стік, км <sup>3</sup>	Стік ГК	Стік ФК
		тис. т	
1995	36,3	10,5	217,1
1996	29,1	8,9	198,7
1998	58,6	29,2	516,0
1999	58,5	33,6	609,2
2000	41,2	7,8	254,8
2001	43,5	15,2	286,0
2002	32,8	11,5	229,5
2003	34,6	9,0	112,1
2004	46,0	16,0	322,0

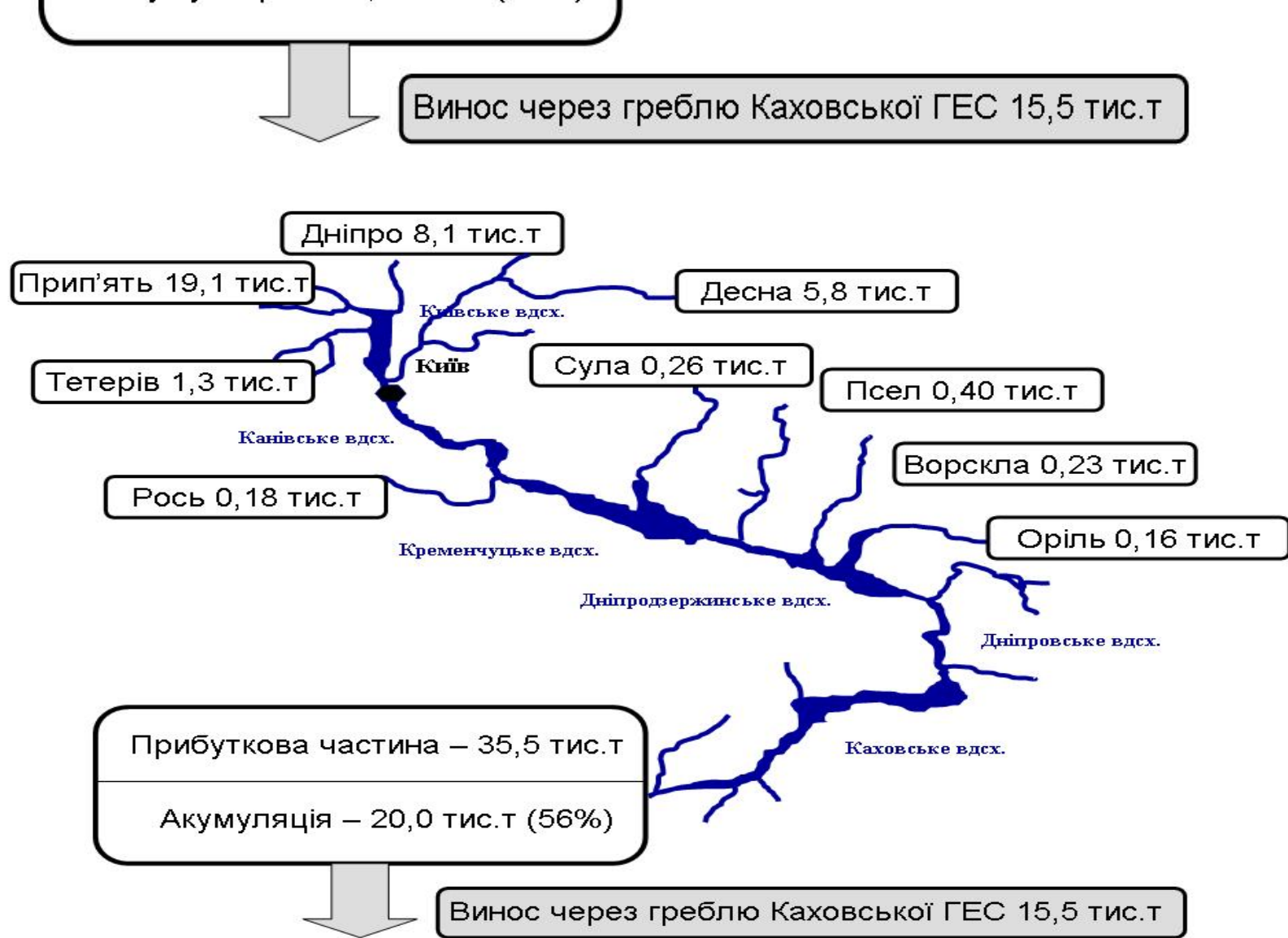


Рис. 8. Баланс гумінових кислот каскаду Дніпровських водосховищ

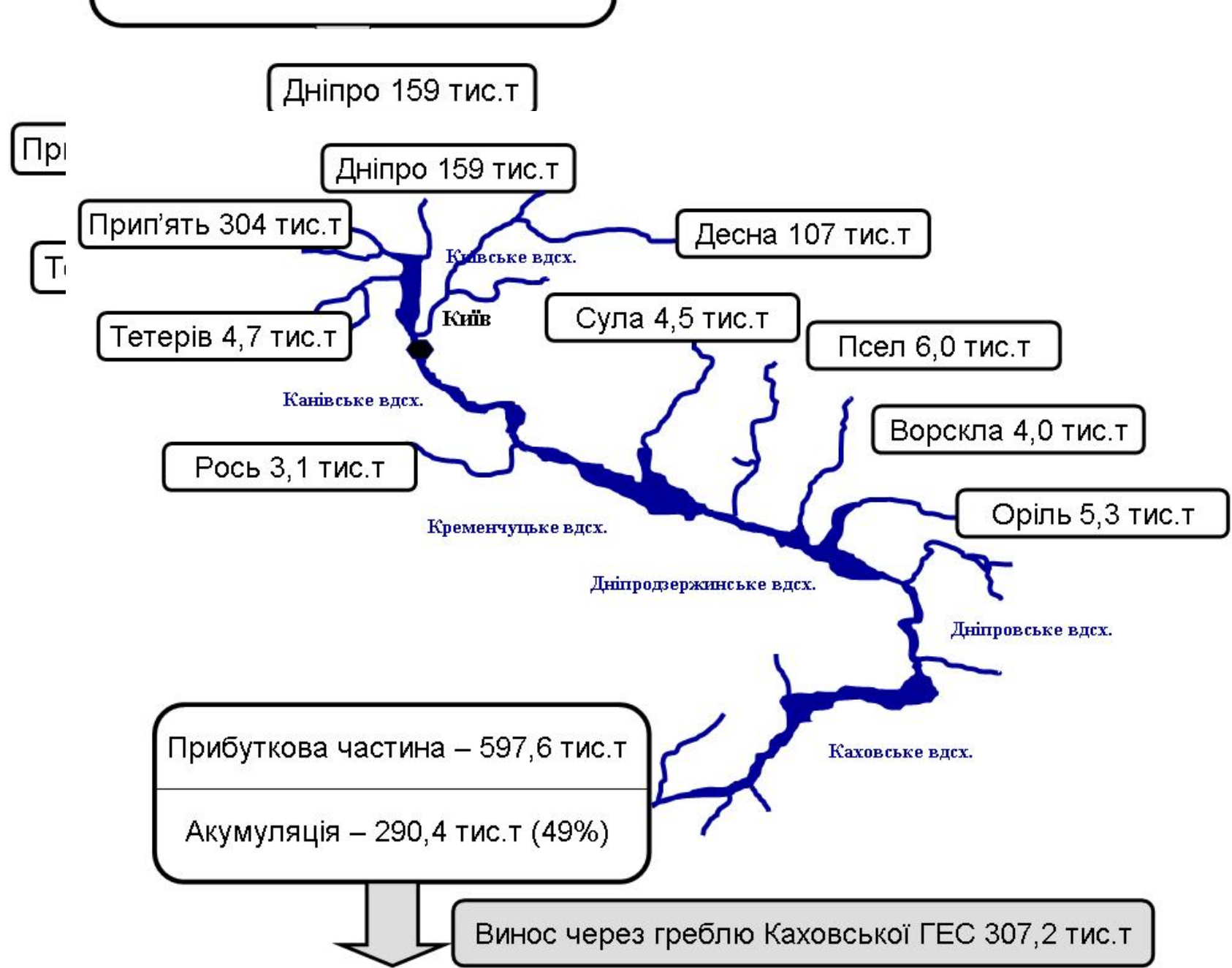


Рис. 9. Баланс фульвокислот каскаду Дніпровських водосховищ

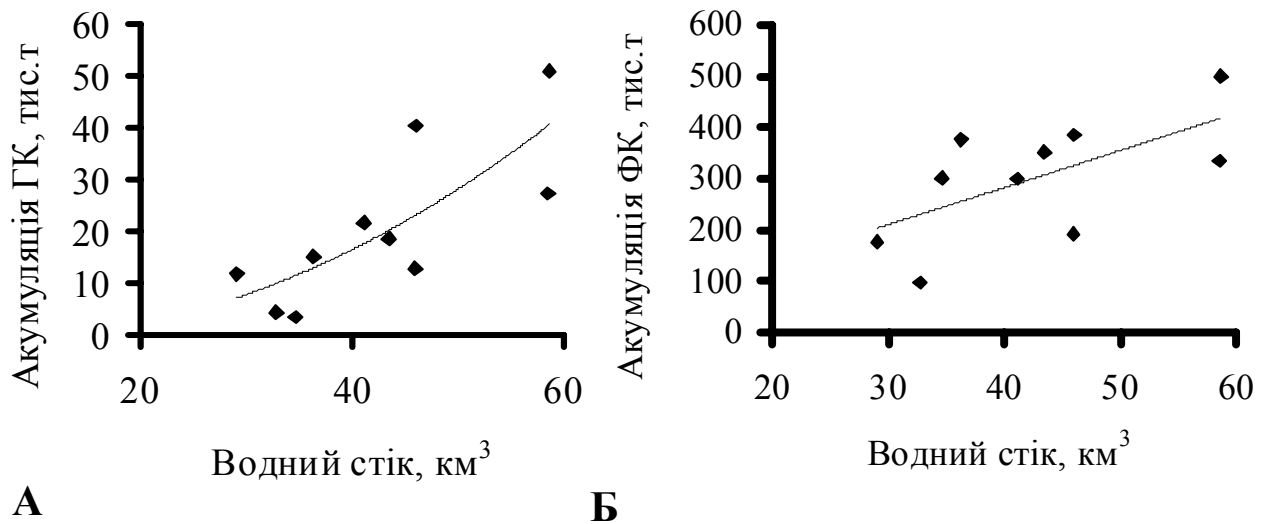


Рис. 10. Вплив водного стоку на величину акумуляції ГК (А) і ФК (Б) водосховищами Дніпровського каскаду

Порівнявши прибуткову й витратну частини, визначили баланс ГР каскаду Дніпровських водосховищ (рис. 8, 9). Як видно з отриманих результатів, у середньому за період 1995-2005 рр. до водосховищ Дніпровського каскаду надійшло 35,5 тис. т ГК, з яких лише 15,5 тис. т було скинуто через греблю Каховської ГЕС, а 20,0 тис. т (або 56,2 %) – акумуляовано водосховищами (див. рис. 8). Для ФК надходження становило 597,6 тис. т (див. рис. 9), а витрати – 307,2 тис. т. Відповідно акумуляція становила близько 49 % або 290,4 тис. т.

Величина акумуляції ГР тісно пов'язана з об'ємом водного стоку, із збільшенням якого зростає кількість виведених у донні відклади ГР (рис. 10).

Отримані нами дані переконливо свідчать, що каскад Дніпровських водосховищ – потужна біогеохімічна система, направлена на виведення із фази розчину гумусових речовин, разом з якими виводиться також істотна частка токсикантів, що мігрують у складі комплексних сполук з ними.

### Висновки

Унаслідок контакту атмосферних опадів з підстильною поверхнею в річкову мережу надходить значна частина ГР, що обумовлює розсіювання ГР у навколишньому середовищі.

Проведені дослідження показали, що серед усіх приток Дніпра найбільші концентрації ГР властиві водам р. Прип'ять.

Розрахунок виносу ГР окремими притоками, який виконано за період 1995-2005 рр., дозволив встановити переважний вплив на



формування стоку ГР з водозбору Дніпра вод річок Десна та Прип'ять, а також верхнього Дніпра – 91,7 % стоку ГК і 95 % стоку ФК. Серед зазначених річок води Прип'яті відіграють домінуючу роль. За частки водного стоку в середньому 27,3 %, з ними вноситься майже 50 % розчинених ГР, що справляє великий вплив на фізико-хімічні й гідробіологічні процеси на всьому відтинку від верхнього до нижнього водосховищ. Стік ГР з водами Прип'яті, Дніпра та Десни тісно пов'язаний з водністю зазначених річок.

У верхній частині басейну Дніпра, де зосереджені повноводніші притоки з найбільшим вмістом ГР, утворюються умови для надходження ГР, які згодом перерозподіляються з верхньої до нижньої частини каскаду. На шляху від верхнього, Київського, до нижнього, Каховського, водосховища концентрації ГК зменшуються в 2,2 рази, а ФК – у 2 рази та в середньому акумулюється 20,0 тис. т (56,2 %) ГК і 290,4 тис. т (48,6 %) ФК. Характерно, що в умовах слабкопроточних водосховищ для ФК характерна не лише транспортувальна, а й акумулювальна біосферна функція.

Отримані дані переконливо свідчать, що каскад Дніпровських водосховищ відіграє важливу екосистемну роль як потужний біогеохімічний бар'єр, який сприяє виведенню ГР та зв'язаних з ними токсикантів із фази водного розчину.

\* \*

1. *Авакян А.Б., Салтанкин В.П., Шарапов В.А.* Водохранилища. – М.: Мысль. – 1987. – 323 с.
2. *Алмазов А. М., Денисова А. И., Майстренко Ю. Г. и др.* Гидрохимия Днепра, его водохранилищ и притоков. – К.: Наук. думка, 1967. – 316 с.
3. *Буторин Н.В.* Гидрологические процессы и динамика водных масс в водохранилищах волжского каскада. – Л.: Наука, 1969. – 324 с.
4. Водохранилища и их воздействие на окружающую среду / Под. ред. *Г.В. Воропаева и А.Б. Авакяна.* – М.: Наука, 1986. – 368 с.
5. Гидрология и гидрохимия Днепра и его водохранилищ / *Денисова А. И., Тимченко В. М., Нахшина В. М. и др.* – К.: Наук. думка, 1989. – 216 с.
6. *Денисова А. И.* Формирования гидрохимического режима водохранилищ Днепра и методы его прогнозирования. – К.: Наук. думка, 1979. – 292 с.
7. *Журавлева Л.А.* Многолетние изменения минерализации и ионного состава воды водохранилищ Днепра // Гидробиол. журн., 1998, Т. 34. – №4. – С. 88-95.
8. *Линник П.Н., Васильчук Т.А., Линник Р.П.* Гумусовые вещества природных вод и их значение для водных экосистем // Гидробиол. журн., 2004. – Т. 40. – №1. – С. 81-106.

9. *Набиванець Б.Й., Осадчий В.І., Осадча Н.М., Набиванець Ю.Б.* Аналітична хімія поверхневих вод. – К.: Наук. думка, 2007. – 455 с.
10. *Орлов Д. С., Амосова Я. М., Глебова Г. И. и др.* Молекулярные веса, размеры и конфигурация частиц гумусовых кислот // Почвоведение. – 1971. – №II. – С. 43-57.
11. *Орлов Д.С.* Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 325 с.
12. *Осадча Н. М., Осадчий В.І.* Стік розчинених гумусових речовин з басейну Прип'яті: розрахунок, чинники, річний розподіл // Укр. географ. журн. – 2002. – № 1. – С. 51-57.
13. *Осадчая Н.Н., Осадчий В.И.* Гумусовые вещества в воде днепровских водохранилищ // Наук. пр. УкрНДГМІ. – 1999. – Вып. 247. – С. 189-201.
14. *Осадчая Н. Н., Осадчий В.И.* К вопросу о загрязнении вод днепровского каскада органическими веществами // Вопр. химии и хим. технологии. – Спец. выпуск. – 2002. – № 5.– С. 250-254.
15. *Осадчий В.І.* Відгук водних екосистем на глобальні економічні зміни в Україні // Географія в інформаційному суспільстві. – К.: Обрії. – 2008. – Т. 1. – С.199-208.
16. *Перминова И.В.* Анализ, классификация и прогноз свойств гумусовых кислот: автореф. дис... на соискание ученой степени доктора химических наук: спец. 02.00.02 «Аналитическая химия». – М., 2000. – 50 с.
17. *Попов А.И.* Гуминовые вещества. Свойства, строение, образование / Под ред. *Е. И. Ермакова.* – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2004. –248 с.
18. *Романенко В.Д.* Основы гидроэкологии. – К.: Генеза, 2004.– 662 с.
19. *Сироткина И. С., Варшал Г.М., Лурье Ю.Ю. и др.* Применение целлюлозных сорбентов и сефадексов в систематическом анализе органических веществ природных вод // Журн. аналитич. химии. – 1974. – Т. XXIX. – С. 1626-1632
20. *Сироткина И. С.* Систематические схемы анализа органических веществ природных вод // Проблемы аналитической химии. Методы анализа природных и сточных вод. – М.: Наука, 1977. – Т. V. – С. 196-203.
21. *Справочник по гидрохимии / Под ред. А.М. Никанорова.* – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 392 с.
22. *Тимченко В.М.* Экологическая гидрология водоемов Украины.– К.: Наук. думка, 2006. – 383 с.
23. *Шевченко О. Л., Осадча Н.М.* Проблеми пов'язані з евтрофікацією водотоків та біохімічні чинники формоутворення сполук  $^{90}\text{Sr}$  і  $^{137}\text{Cs}$  у поверхневих водах // Бюлетень Чорнобильської зони відчуження. – 2006. – С. 10-24.
24. *Ресурсы поверхностных вод СССР. Украина и Молдавия. Среднее и нижнее Поднепровье / Под ред. М. С. Каганера.* – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – Т.6. – Вып. 2. – 654 с.

25. *Paciola M.D., Davies G., Jansen S.A.* Generation of hydroxyl radicals from metal-loaded humic acids // *Environ. Sci. Technol.*, 1999. – 33. – N11.– P.1814-1818.
26. *Radlinger G., Heumann K.G.* Determination of halogen species of humic substances using HPLC/ICP-MS coupling // *Fresenius' J. Anal.Chem.*, 1997. – V. 359. – P.430-433.

*Український науково-дослідний  
гідрометеорологічний інститут, м. Київ*

## **Н.Н. Осадчая**

**Баланс стока гумусовых веществ в каскаде Днепровских водохранилищ**  
*Исследованы концентрации гумусовых веществ в воде основных притоков украинской части бассейна Днепра и показано, что наибольшее содержание свойственно рекам верхней части бассейна: Припяти, верхнему участку Днепра и Десне. Река Припять, доля водного стока которой составляет 27,3% от общего стока Днепра, вносит 50% общего количества растворенных гумусовых веществ. Рассчитан баланс основных фракций гумусовых веществ на участке от верхнего Днепра до плотины Каховской ГЭС и показано, что каскад водохранилищ в среднем аккумулирует 20,0 тис. т (56%) гуминовых и 290,4 тис. т (49 %) фульвокислот, вместе с которыми в донные отложения выводятся связанные токсиканты.*

**Ключевые слова:** водохранилища, каскад, водный сток, гуминовые кислоты, фульвокислоты, аккумуляция.

## **Osadcha N.**

**The balance of humic substances runoff in cascade of the Dnieper reservoirs**  
*Concentrations of humic substances are investigated in water of the main tributaries of the Dnieper catchment in Ukraine. The greatest values are peculiar to the rivers of the lower part of the basin: Pripyat, lower Dnieper and Desna. The river Pripyat, which forms 27,3 % the Dnieper total runoff, incomes 50 % of dissolved humic substances. The balance of the main humic substances fractions is calculated for the section from the lower Dnieper to the dam of Kahovska hydropower plant. Cascade of reservoirs accumulates at the mean 20,0 thousand t (56 %) humic and 290,4 thousand t (49 %) fulvic acids and bound toxicants are deposited to.*

**Keywords:** reservoirs, cascade, water runoff, humic acids, fulvic asids, accumulation.