



**ОСАДЧИЙ**

**Володимир Іванович** –  
член-кореспондент НАН  
України, директор Українського  
гідрометеорологічного інституту  
ДСНС України та НАН України

## РЕСУРСИ ТА ЯКІСТЬ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД УКРАЇНИ В УМОВАХ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ ТА КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН

За матеріалами наукової доповіді на засіданні  
Президії НАН України 31 травня 2017 року

*На основі розробленої концепції системних гідрохімічних досліджень виконано оцінку впливу природних і антропогенних чинників на формування хімічного складу та якості поверхневих вод України. Показано трансформацію речовин після їх надходження у водне середовище. Зроблено висновок про те, що поверхневі води України мають потужну буферну ємність, а тому, незважаючи на надходження у водне середовище значної кількості хімічних речовин техногенного походження, більшість річок, озер та водосховищ України й дотепер не втратили здатності до самоочищення. Встановлено, що зменшення надходжень забруднювальних речовин, спричинене спадом економіки України у 1990-ті роки, привело до стабілізації, а в окремих випадках навіть до незначного поліпшення екологічного стану поверхневих вод. Відзначено вплив кліматичної складової на зміни умов формування водного стоку річок України.*

**Ключові слова:** ресурси та якість поверхневих вод, антропогенне навантаження, кліматичні зміни, донні відклади, водні екосистеми, водний стік.

На початку XXI ст. водні ресурси у світі набувають вирішального значення для економічної безпеки країн. Як важливий природний ресурс, вони забезпечують усі сфери функціонування суспільства, що визначає можливості подальшого економічного та соціально-екологічного розвитку держави. Якісна питна вода – неодмінна умова підвищення рівня життя населення України.

Нерівномірний розподіл прісних поверхневих вод по території України, погіршення їх якості внаслідок надмірного антропогенного навантаження, яке тривало десятиліттями, практична відсутність реальних кроків для розроблення стратегії поліпшення якості поверхневих вод разом із проблемами, пов'язаними з глобальними кліматичними змінами та їх регіо-

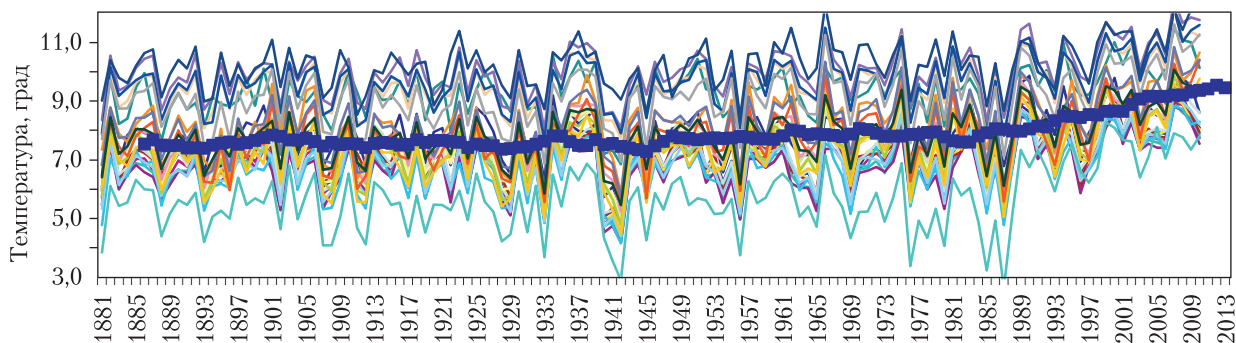


Рис. 1. Багаторічна динаміка середньорічної температури повітря в Україні (1881–2016 рр.)

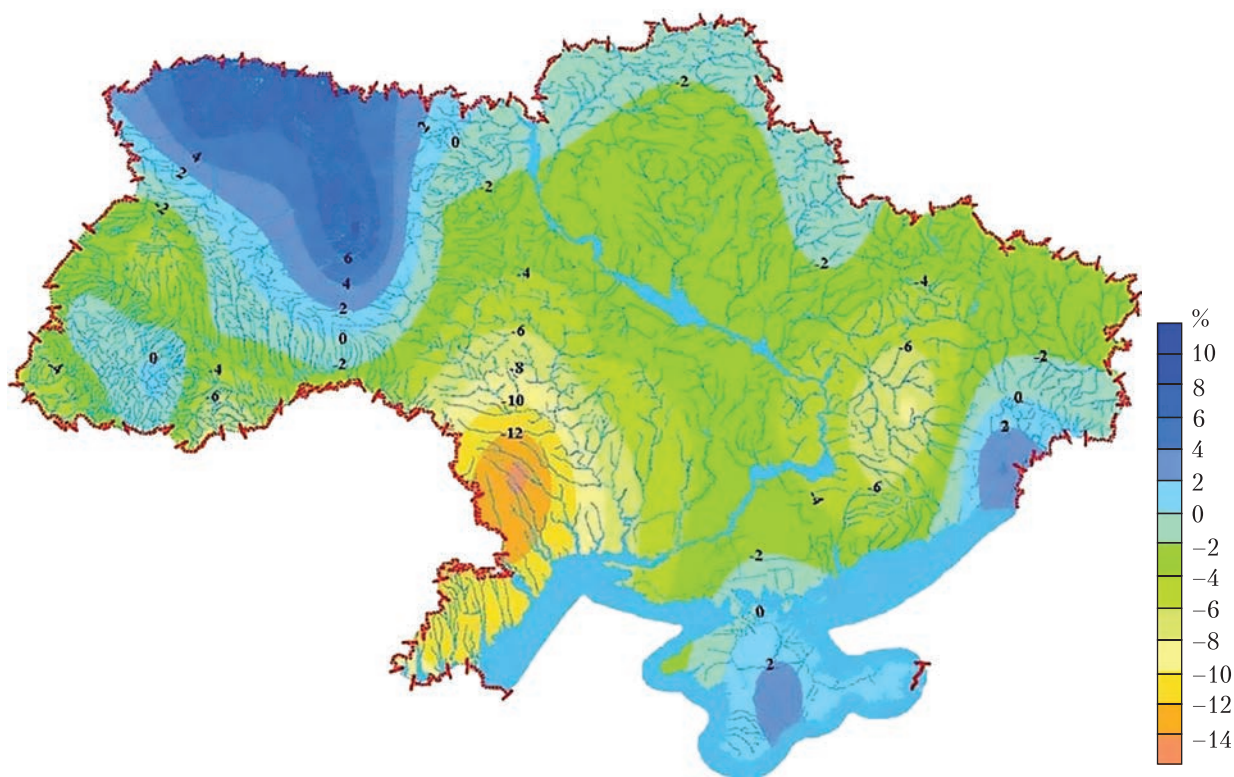


Рис. 2. Прогнозні майбутні зміни середньорічного стоку води річок України на період 2031–2050 рр. у відсотках відносно базового періоду 1991–2010 рр., за даними регіональних кліматичних моделей (сценарій А1В)

нальними проявами, ставлять на порядок денний головне завдання: припинити погіршення екологічного стану поверхневих вод України.

У цій роботі наведено результати досліджень з кількісної оцінки впливу природних та антропогенних чинників на якість поверхневих вод України, а також основних гідрологічних, фізико-хімічних і гідробіологічних процесів,

відповідальних за формування хімічного складу води. Крім того, спираючись на наявний на сьогодні обсяг знань, спробуємо відповісти на непросте запитання: чи можливе взагалі поліпшення якості та екологічного стану поверхневих вод України у найближчому майбутньому і що для цього потрібно зробити українській нації, управлінцям різного рівня, суспільству?

Як відомо, формування хімічного складу води починається в атмосфері, продовжується в літосфері і завершується в річковій мережі. Головні річкові басейни України розташовані в різних фізико-географічних зонах та істотно різняться за орографічними, геологічними та гідрогеологічними умовами, ґрунтовим комплексом, кліматичними умовами та характером підстильної поверхні. Наведений перелік характеризує визначальні природні фактори формування водного стоку, хімічного складу та якості води. За умови недопущення надходження в різні об'єкти біосфери токсикантів, що забруднюють водні екосистеми, можна розраховувати на відновлення їх природного (фонового) стану. Однак чи зможемо ми реалізувати ці плани в умовах нинішніх глобальних кліматичних змін, які інтенсифікувалися з кінця 90-х років ХХ ст. [1–4] (рис. 1).

З метою вирішення цих проблем було розроблено методологічні підходи до проведення комплексних досліджень, створено експериментальні полігони, задіяно всю первинну інформаційну базу метеорологічних, гідрологічних, гідрохімічних параметрів та іншої інформації, яку отримувало і отримує Управління з гідрометеорології ДСНС України (колишня Державна гідрометеорологічна служба України). Створено інформаційно-аналітичні системи для обробки великих масивів гідрохімічної інформації [5–7], організовано десятки комплексних гідроекологічних експедицій по каскаду Дніпровських водосховищ на теплоході-лабораторії «Георгій Готовчиць» Українського гідрометеорологічного інституту ДСНС України та НАН України (УкрГМІ), проводяться багаторічні експериментальні роботи на водоймах-охолоджувачах АЕС України з відпрацювання процесів формування якості води в умовах теплового навантаження [8], здійснюються натурні експерименти на малих водозборах та експериментальних майданчиках польової бази УкрГМІ у м. Богуслав Київської обл. [9–11].

З використанням даних регіональних кліматичних моделей виконано роботи з побудови проєкцій змін клімату в Україні до 2100 р. з розрахунковою сіткою  $25 \times 25$  км [12].

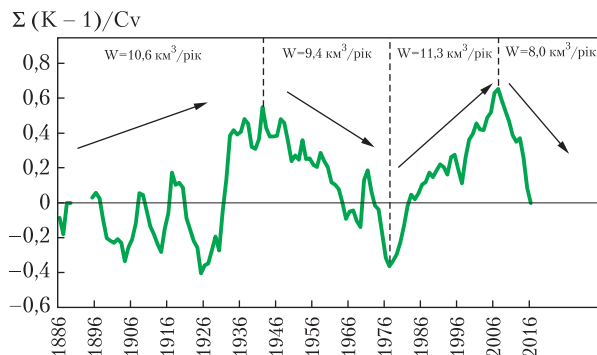


Рис. 3. Фазово-циклічна структура середньорічного водного стоку р. Десна за період 1895–2016 рр.

Отримано також прогностичні дані щодо можливих змін середньорічного стоку води річок України на період 2031–2050 рр. (сценарій А1В) [12, 13] (рис. 2).

Зараз у всьому світі інтенсивно проводять дослідження щодо оцінки впливу регіональних кліматичних змін на умови формування водного стоку. За фінансової підтримки ОБСЄ співробітники УкрГМІ одними з перших серед країн Східної Європи розробили методологію, провели розрахунки й отримали прогностичні дані щодо зміни річного стоку води р. Дністер до 2050 р. Спільно з ученими зі Словаччини, Угорщини, Польщі, Румунії виконано роботи з реконструкції клімату Карпатського регіону.

Слід зазначити, що метеорологічні параметри (температура повітря, кількість опадів та ін.), а також водний стік річок мають як внутрішньорічну, так і багаторічну мінливість.

На основі гідрологогенетичного аналізу просторово-часових закономірностей водного стоку річок України в УкрГМІ отримано дані щодо прояву їх циклічності за період інструментальних спостережень. Як приклад на рис. 3 наведено дані щодо циклічності коливань водного стоку р. Десна (1895–2016 рр.). Звертаємо увагу на те, що з 2007 р. розпочався черговий цикл зменшення водності Десни. Що це: природний процес чи вплив регіональних кліматичних змін? Згідно з отриманими прогностичними значеннями, скоріше за все це природний процес, на який додатково накладається вплив змін клімату.

Найпомітніші зміни, які вже відбулися, спостерігаються у перерозподілі водного стоку рівнинних річок України в бік збільшення меженої складової та зменшення стоку весняного водопілля, що зумовлено підвищенням температури повітря зимового періоду. Так, у Сумській, Чернігівській, Київській, Житомирській, Рівненській областях за останні 30 років цей показник зріс більш ніж на  $2^{\circ}\text{C}$  [3, 4]. У зв'язку з цим складається ситуація, коли атмосферні опади не утримуються на водозборі, а інфільтруються в розташовані нижче горизонти, а потім з латеральним стоком надходять у руслову мережу річок. Отже, можна констатувати, що для рівнинних річок України різко зменшилася ймовірність катастрофічних весняних повеней.

Для річок з іншими орографічними умовами (басейн Дунаю, верхів'я Дністра) за останні 30 років практично не виявлено змін, характерних для рівнинних річок України. В УкрГМІ зараз ведуться роботи з прогнозування змін внутрішньорічного розподілу водного стоку річок України до 2050 р.

**Природні чинники формування хімічного складу поверхневих вод України.** Створення баз гідрохімічних даних і методів картографування поверхневих вод дозволило виконати гідрохімічне районування поверхневих вод України за елементами сольового складу та іншими параметрами хімічного складу води [5–7, 14, 15]. Показано ключову роль природно-кліматичних і геологічних умов у формуванні складу головних іонів та мінералізації води. Характер ґрунтового покриву, співвідношення кількості опадів і величини випаровування з комбінаціями режиму рівнів ґрунтових вод, температури повітря є визначальними чинниками кількісних показників та особливостей режиму головних іонів і загальної мінералізації вод. Вивчено регіональні особливості формування хімічного складу поверхневих вод України та виконано типізацію окремих річкових басейнів за величиною мінералізації води і компонентним складом головних іонів [5–7, 15–17]. Як приклад на рис. 4 наведено розподіл величини загальної мінералізації у

поверхневих водах України. Річки басейнів Дніпра, Прип'яті, Десни, Дунаю, Дністра (за винятком р. Тисмениця), верхів'я Південного Бугу мають ідеальні природно-кліматичні та геологічні умови для формування збалансованого за всіма макрокомпонентами хімічного складу поверхневих вод. Водозбори цих річок визначаються промивним режимом ґрунтового комплексу і карбонатним складом водовмісних порід, наслідком чого є формування вод гідрокарбонатно-кальцієвого типу з мінералізацією  $250\text{--}500\text{ мг/дм}^3$  та збалансованим вмістом катіонного й аніонного складу. Такі води ідеально придатні для питного водокористування.

Зі зменшенням кількості атмосферних опадів та підвищенням температури повітря у напрямку з північного заходу на південний схід простежується зміна домінуючого типу ґрунтів з дерново-підзолистих на піщаних відкладах на високопродуктивні чорноземи, які мають у своєму складі великий природний вміст добре розчинних сульфатів і хлоридів натрію, магнію, кальцію, які накопичуються внаслідок випаровування високомінералізованих ґрунтових вод. Вбирна здатність ґрунтового комплексу чорноземів сягає найвищих показників — до  $70\text{ мг-екв/100 г}$ . Завдяки зазначеним факторам змінюється хімічний склад поверхневих вод з гідрокарбонатно-кальцієвого типу на сульфатно-натрієвий, а в окремих випадках — на хлоридно-натрієвий тип. Поверхневі води частини басейнів річок Псел, Оріль, Самара, Вовча, Солона, Інгул, Інгулець, Сіверський Донець, річок басейнів Приазов'я, Причорномор'я мають загальну мінералізацію води  $>1000\text{ мг/дм}^3$  і непридатні для питного використання. Максимальні значення мінералізації води коливаються в межах  $3000\text{--}4000\text{ мг/дм}^3$  і характерні для річок, що стікають з Донецького кряжа, а також для басейнів річок Приазов'я і Причорномор'я. Особливістю зазначених річок є невисока річна варіабельність мінералізації води, пов'язана з розчиненням під час водопілля солей, накопичених у верхньому шарі ґрунтів у зоні аерації.

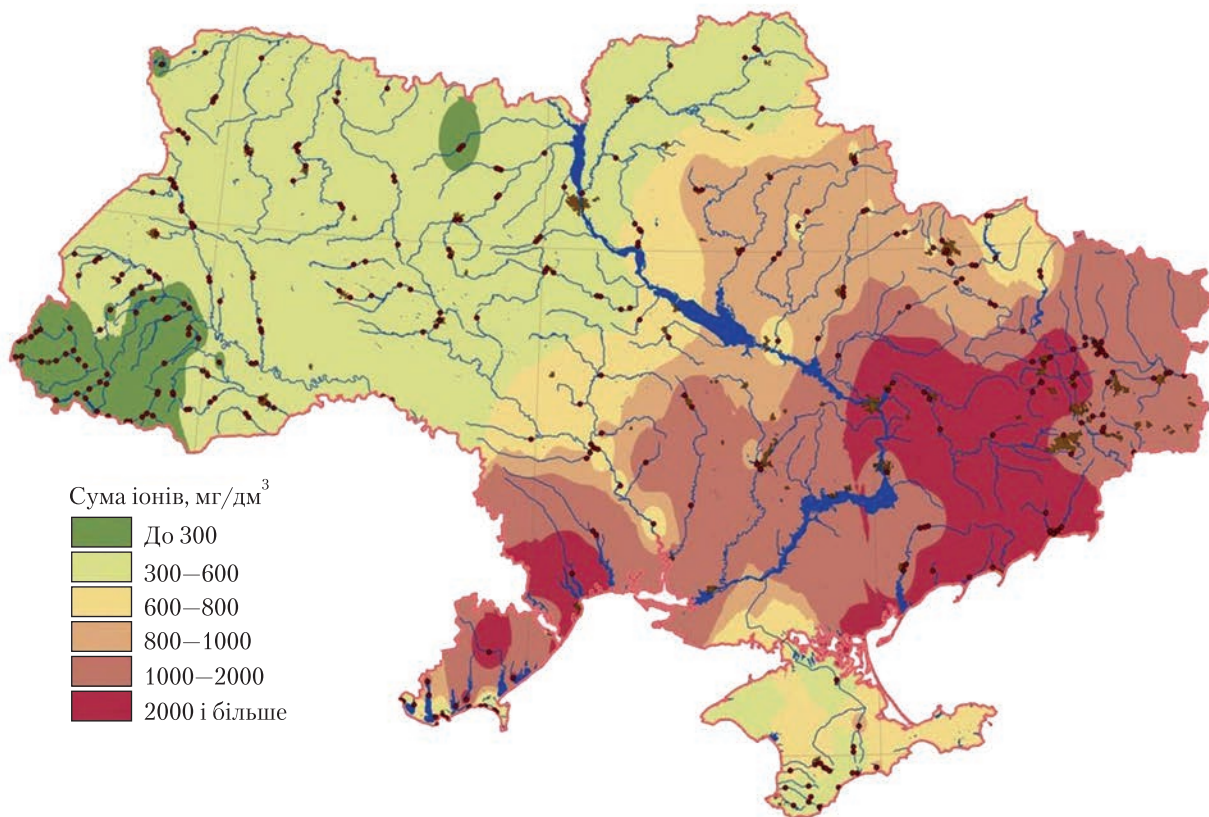


Рис. 4. Загальна мінералізація поверхневих вод України (2011–2015 рр.)

**Природні чинники формування складу органічних речовин.** Результати раніше виконаних нами робіт показали, що підвищений вміст органічних речовин у водосховищах Дніпровського каскаду зумовлений насамперед гумусовими речовинами з водозбору р. Прип'ять [10, 18–20]. Характерною особливістю басейну Прип'яті є висока (20–30%) заболоченість та значний розвиток торф'яно-болотних ґрунтів, які є джерелом надходження гумусових речовин. Переважна частина гумусових сполук представлена гуміновими кислотами і фульвокислотами. Гумусові речовини поширені в усіх природних середовищах, а їх утворення є другим за масштабністю після фотосинтезу процесом перетворення органічної речовини в природі, до якого щороку залучається близько 20 Гг вуглецю.

Водний цикл міграції гумусових речовин тривалий час перебував поза увагою дослідни-

ків. На сьогодні відомі лише поодинокі уривчасті дані щодо їх вмісту у водах окремих регіонів. Проте накопичений досвід свідчить, що гумусові сполуки відіграють значно вагомішу роль у формуванні хімічного складу та якості води, ніж досі вважали. Достеменно встановлено, що гумусові речовини виконують в екосистемі важливі функції, впливаючи на різні фізичні, хімічні та біологічні процеси. Від їх надходження істотно залежить рН води та кисневий режим водних об'єктів, вони є регуляторами окисно-відновної обстановки, чинять значний вплив на цикли біогенних елементів, стан карбонатної системи, міграційну здатність важких металів, органічних мікрополітантів тощо. Крім того, вони прямо й опосередковано впливають на розвиток гідробіонтів, регулюючи чимало метаболічних процесів у воді. Наявність зазначених речовин у воді унеможлиблює її використання для питного водо-

постачання без застосування складних методів водопідготовки.

Необхідність вивчення кількісних характеристик, властивостей та просторово-часового розподілу гумусових речовин у поверхневих водах визначила актуальність наших робіт. В УкрГМІ було розроблено методологію і проведено всебічні дослідження міграції гумусових речовин у водних об'єктах України, вивчено їх основні властивості та закономірності трансформації і перерозподілу у водних екосистемах різного типу, напрацьовано методичні підходи моделювання вносу цих речовин з території водозбору.

Аналіз закономірностей зміни кількості гумусу в основних типах ґрунтів України та просторової гетерогенності гумусових речовин у поверхневих водах показав, що вони не завжди збігаються за своєю спрямованістю. У напрямку з півночі на південь запаси гумусу в ґрунтах збільшуються, проте кількість його водорозчинних форм зменшується. В умовах лісової зони кількісний та якісний склад гумусових сполук зумовлений розкладанням трав'янистої рослинності при аеробному дерново-підзолисто-му типі ґрунтоутворення. Вміст гумусових речовин у водах цієї зони невисокий. Основна роль у ґрунтоутворенні належить фульвокислотам, які утворюють з катіонами металів добре розчинні фульвати і легко вимиваються в нижні горизонти. Гумати  $\text{Ca}^{2+}$  у цій зоні майже не утворюються через низький вміст кальцію у ґрунтовому розчині.

Характер розподілу гумусових речовин по поздовжній лінії каскаду як азональної системи має свої особливості. У верхній частині басейну Дніпра зосереджено найбільш повноводні притоки з найбільшим вмістом гумусових речовин. Велика маса алохтонного гумусу, що надходить у верхнє Київське водосховище переважно з водами р. Прип'ять, поступово перерозподіляється з верхньої до нижньої частини каскаду. Певну роль у формуванні гумусових речовин відіграють внутрішньоводоймові процеси, що сприяють утворенню планктонного гумусу. Характер розподілу також певним чином залежить від водності року вна-

слідок зміни тривалості утримання води у водосховищі.

Міграція гумусових речовин у воді визначається передусім їх здатністю до розчинення. Фульвокислоти належать до добре розчинних речовин, забезпечуючи тим самим транспортну функцію гумусу в навколишньому середовищі.

Розрахований нами баланс гумусових речовин дніпровської водної системи засвідчив, що води верхнього Дніпра, Десни і Прип'яті формують 92% стоку гумінових кислот і 95% стоку фульвокислот. Слід підкреслити, що тільки води р. Прип'ять (27% водного стоку) вносять близько 50% розчинених гумусових речовин, що значно впливає на фізико-хімічні і гідробіологічні процеси в усій дніпровській водній системі. На шляху від верхнього (Київського) до нижнього (Каховського) водосховища в середньому акумулюється 56% гумінових і 49% фульвокислот. Отже, в умовах слабопроточних водосховищ для фульвокислот характерна не тільки транспортувальна, а й акумулювальна роль (рис. 5). Отримані дані переконливо свідчать про екосистемну роль каскаду Дніпровських водосховищ як потужного біогеохімічного бар'єра, який сприяє виведенню гумусових речовин та зв'язаних ними токсикантів із фази водного розчину.

За результатами експериментальних і натурних спостережень показано, що сорбція завдяки процесів самоочищення вод від гумусу та забруднювальних речовин. Максимальну сорбційну ємність щодо гумусових речовин мають оксиди і гідроксиди Fe та Al завдяки тому, що вони утворюють міцні внутрішньосферні комплекси. Експериментально отримано ізотерми сорбції гумусових речовин гідроксидами заліза та глинистими мінералами і розраховано кількісні параметри рівнянь Ленгмюра і Фрейндліха. Встановлено також можливість сорбції гумусових сполук фітопланктоном, яка, однак, за кількісними параметрами значно поступається глинистим мінералам.

Аналіз основної функціональної характеристики гумусових речовин поверхневих

вод — молекулярно-масового розподілу свідчить про їх гетерогенну природу. Зокрема, гумінові кислоти характеризуються високою молекулярною масою (11 000–19 000 Да) та значною полідисперсністю — від 2,5 до 3,3. Порівняно з ними фульвокислоти більш високодисперсні і гомогенні, їх середньозважена молекулярна маса коливається у вузьких межах 934–995 Да, а середній ступінь полідисперсності становить 1,9.

Встановлено, що найбільшу здатність до розчинення мають гідрофільні фракції гумусових речовин з найменшою молекулярною масою. Внаслідок контакту атмосферних опадів з ґрунтами вони переходять у розчинний стан і з водами поверхневого і латерального стоку транспортуються в русла річок. У складі гумусу річкових вод переважають найбільш тонкі дисперсні фракції, які становлять 50–65% для гумінових кислот і близько 50% для фульвокислот. Високомолекулярні низькодисперсні частинки гумінових кислот утримуються в зоні ґрунтоутворення, виконуючи акумулятивну функцію гумусу.

На основі натурних спостережень встановлено, що основний потік гумусових речовин у водних екосистемах спрямований згори до низу внаслідок сорбції на зависях та агрегації з подальшим депонуванням у донних відкладах. Зворотного надходження гумусових сполук практично не спостерігається. Фізико-хімічна трансформація гумусових речовин у системі вода—зависі приводить до кардинальної зміни співвідношення гумінових і фульвокислот у складі донних відкладів порівняно з ґрунтовим комплексом річкових басейнів.

Уперше виконано розрахунки стоку гумусових речовин з басейну р. Прип'ять і показано його прямий зв'язок з водністю річки. Внутрішньорічному розподілу стоку гумусових речовин властивий яскраво виражений сезонний характер з максимумом під час водопілля (62–83%) і мінімумом восени, що визначається зміною живлення річки. Це свідчить про те, що гумусові речовини у воді р. Прип'ять мають переважно алохтонне походження і надходять до руслової частини з водозбірної площі.

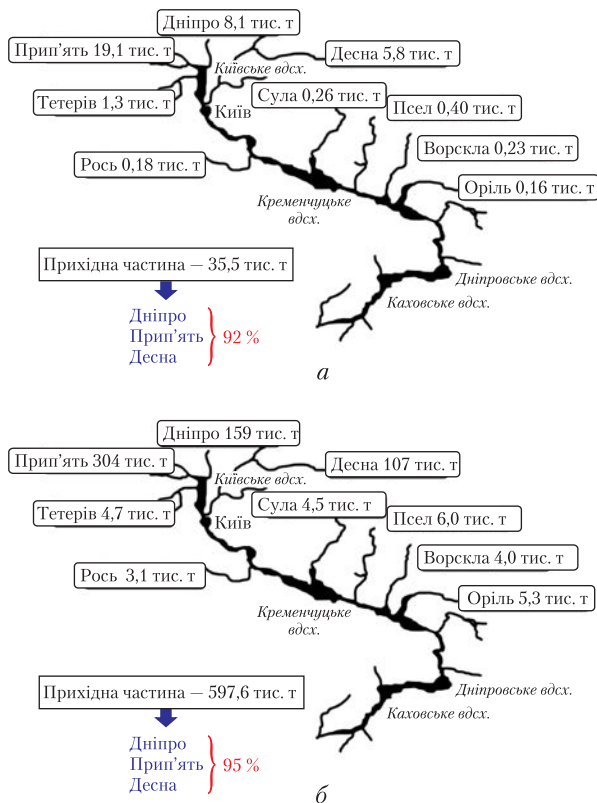
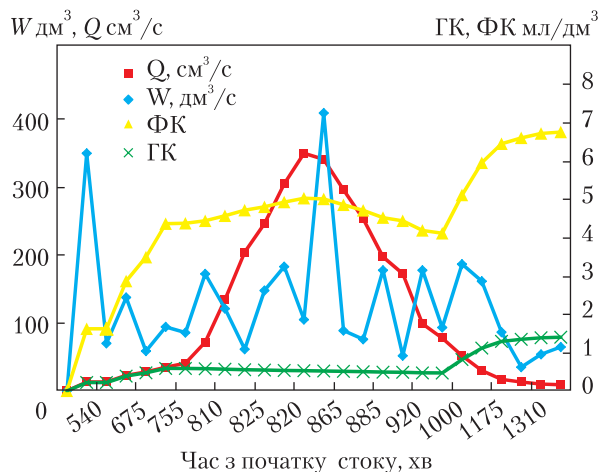


Рис. 5. Баланс основних гумусових речовин каскаду Дніпровських водосховищ: а — гумінові кислоти; б — фульвокислоти

Розчленування гідрографів стоку Прип'яті показало, що провідну роль у виносі гумусових речовин відіграють води латерального стоку — 86% для гумінових і 53% для фульвокислот.

За допомогою термодинамічного моделювання показано визначальну роль гумусових речовин, зокрема фульвокислот, у збільшенні міграційної здатності важких металів. Уперше виконано термодинамічне моделювання співіснуючих форм гумінових та фульвокислот у поверхневих водах. Показано, що в діапазоні рН 6–8 у воді міститься 13–15% вільних фульват-іонів, що й визначає буферну ємність поверхневих вод. Показано, що співвідношення основних форм міграції фульвокислот визначається конкуренцією між катіонами Са, який належить до слабких комплексантів, та важкими металами, які утворюють з фульво-



**Рис. 6.** Витрати води, об'єм стоку та концентрації гумінових (ГК) і фульвокислот (ФК) під час вивчення стоку гумусових речовин на експериментальній ділянці; 22 лютого 2008 р.

кислотами стійкі комплексні сполуки. Серед важких металів ключову роль відіграє залізо, високий кларк якого в земній корі зумовлює його значні концентрації у природних водах. Визначено кількісні параметри рівноваги між комплексами фульвокислот з Ca та Fe, що спостерігаються за мольного співвідношення Fe : Ca = 1:130. На основі чисельного експерименту теоретично обґрунтовано, що за концентрації Fe >1 мг/дм<sup>3</sup> (що спостерігається в басейні Дніпра під час водопілля та стокоформуючих опадів) створюються умови для різкого зниження комплексоутворювальної здатності води, що є причиною збільшення частки найбільш токсичних форм важких металів.

На експериментальній стоковій ділянці було проведено модельне вивчення стоку гумусових речовин. Показано, що на висхідній частині гідрографа стоку з підвищенням витрат води збільшувалися і концентрації гумусових речовин. На низхідній гілці гідрографа стоку концентрації гумусових речовин спочатку зменшувалися, а у нижній частині гідрографа істотно зростали, що спричинено надходженням латерального стоку (рис. 6).

Отже, гумусові речовини значною мірою впливають на формування хімічного складу та якості води, а саме:

- формують більшу частину (50–85%) органічних речовин континентальних вод;
- через наявність у їхньому складі кислих функціональних груп в об'єктах з високою концентрацією гумусу спостерігається зсув величини рН у кислу область;
- сильні відновлювальні властивості гумусових речовин є причиною того, що за своїм значенням вони є другою потенціалозадавальною системою вод суходолу. В діапазоні рН водних об'єктів відновлювальні властивості гумусових речовин найбільше проявляються при зменшенні концентрації розчиненого у воді кисню;

• гумусові речовини відіграють значну роль у регулюванні режиму розчиненого кисню вод (витрачаючи його на окиснення), що особливо важливо під час тривалого льодоставу і впливає на розвиток фітопланктону;

• у прісноводних екосистемах гумусові речовини відіграють роль головного ліганду, що зв'язує речовини у стійкі комплексні сполуки і сприяє розширенню зони їх міграції у більш лужну область. Утворення комплексних сполук знижує токсичність ксенобіотиків для гідробіонтів унаслідок зменшення активності іонів та утворення високомолекулярних комплексних сполук, не здатних дифундувати крізь мембрану клітини;

• розчинені гумусові речовини підтримують стабільність карбонатно-кальцієвої рівноваги;

• підвищені концентрації гумусових речовин спричинюють значні ускладнення із забезпеченням питного водопостачання не лише Києва, а й багатьох подніпровських міст.

**Загальна характеристика впливу антропогенних чинників на формування якості поверхневих вод.** Більшість річкових і озерних систем України активно використовуються у господарській діяльності. Вони одночасно є і джерелами водозабезпечення, і приймальниками промислових, комунальних, сільськогосподарських стічних вод. Майже половину всієї забраної з них води використовує промисловість. В Україні домінують водомісткі галузі промисловості — металургійна, хімічна, вугільна. Найбільш агресивними є стічні води



хімічних виробництв. Загалом промислові підприємства скидають близько 85% загального обсягу забруднених стічних вод.

Решта забраної води приблизно порівну витрачається на потреби населення та сільського господарства, їхні стічні води істотно забруднюють водні об'єкти. Як правило, стічні води комунальних підприємств попередньо очищують, однак у багатьох містах очисні споруди працюють неефективно. Сільські населені пункти практично не забезпечені очисними спорудами. Велика кількість забруднювальних речовин змивається також безпосередньо із забудованих територій міст.

З сільськогосподарських угідь внаслідок вимивання до поверхневих водних об'єктів надходить значна кількість азото- і фосфоровмісних сполук, які входять до складу мінеральних добрив. Дренажні води зрошувальних систем забруднюють природні води отрутохімікатами та мінеральними солями. До основних забруднювачів, що надходять з тваринницьких комплексів, належать сполуки азоту, фосфору, органічні речовини.

На сьогодні близько 24% каналізаційних мереж через фінансові труднощі перебувають в аварійному стані. Упродовж року в середньому відбувається 2 аварії на 1 км мережі, що значно перевищує відповідний показник у країнах Європи. Крім того, у багатьох містах не вирішено проблему так званих зливовоталих стоків, які безпосередньо відводяться у водні об'єкти і забруднюють їх нафтопродуктами, отрутохімікатами та іншими хімічними речовинами, що змиваються з території міста. За ступенем хімічного забруднення зливовоталі води часто наближаються до комунально-побутових. Обсяг промислових стічних вод намагаються регулювати зменшенням водомісткості виробництва та впровадженням зворотної системи водопостачання. Наприклад, у м. Луцьк завдяки введенню в експлуатацію замкнених водогосподарських систем починаючи з 1970 р. спостерігається значне скорочення обсягів промислового водоспоживання.

З використанням балансів речовин на ділянках річок Десна, Ворскла, Рось, Тетерів, Псел,

Хорол, Самара, Уж, Стир, Сула, Сіверський Донець, Південний Буг, Західний Буг у районах розташування міст проведено кількісний аналіз їх впливу на хімічний склад поверхневих вод. Встановлено, що у воді досліджених річок найбільше змінюється вміст біогенних елементів (фосфатних іонів та мінеральних форм азоту), які є основною складовою господарсько-побутових стоків. Відносний приріст стоку хімічних речовин нижче міст у середньому становить 70% для сполук азоту і фосфору [16–19]. Результати наших досліджень на річках Сіверський Донець та Десна показують, що підвищення вмісту біогенних елементів переважно пов'язане зі специфічним складом господарсько-побутових вод та недостатнім ступенем їх очищення від азотних і фосфорних сполук. Середній приріст стоку компонентів токсичної дії, таких як феноли, ряд важких металів (цинк, хром (VI), мідь), коливався в межах 10–30%. Вміст головних іонів змінюється незначно, середній приріст становив близько 6%.

Слід зазначити, що період 1991–2017 рр. є унікальним для природного середовища України загалом і водних екосистем зокрема. Йдеться про значне зменшення рівнів і темпів техногенного навантаження на біосферу. Основні викиди хімічних речовин у різні природні середовища пов'язані з функціонуванням енергетичного сектору економіки України, до якого належить виробництво, транспортування, зберігання, розподіл і спалювання органічного палива. Це зумовлено такими основними факторами:

- в економіці України переважають енергомісткі галузі – металургійна, хімічна;
- основна частина України розміщена в помірному поясі з досить холодною зимою; опалювальний сезон триває 6 місяців;
- економічний спад, який почався з 1991 р., призвів до значного скорочення енергоспоживання і, відповідно, до зниження викидів забруднювальних речовин у довкілля. З 1990 по 2000 р. видобуток кам'яного вугілля в Україні зменшився з 155,5 до 79,9 млн т; бурого вугілля – з 9,3 до 1,1 млн т. Всього споживання

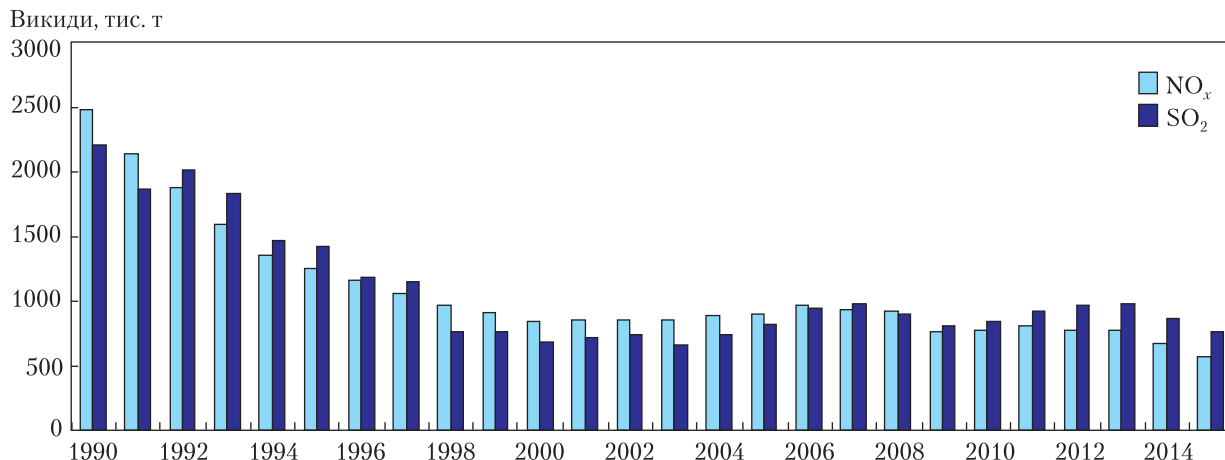


Рис. 7. Динаміка викидів в Україні сполук нітрогену (NO<sub>x</sub>) та діоксиду сірки (SO<sub>2</sub>) за період 1990–2015 рр.

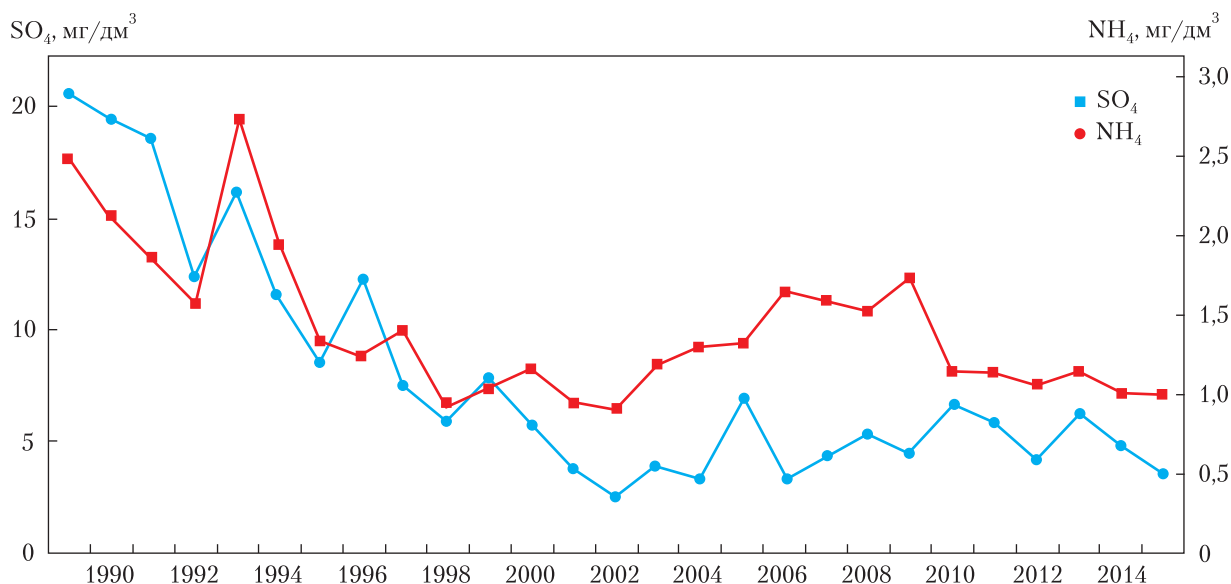


Рис. 8. Вміст сульфатних іонів та іонів амонію в атмосферних опадах (м. Київ, 1989–2015 рр.)

енергоресурсів за цей час знизилося з 325,9 до 144,9 млн т умовного палива. Валовий внутрішній продукт в Україні зменшився більш як удвічі.

Сумарні викиди парникових газів є важливим інтегральним показником, який відображує загальний рівень техногенного впливу на довкілля. За нашими даними, у 1990 р. їх величина становила близько 962 млн т CO<sub>2</sub>-екв, а в 2015 р. викиди парникових газів скоротилися

до 323 млн т CO<sub>2</sub>-екв. У цьому аспекті важливою є інформація щодо динаміки викидів оксидів азоту і діоксиду сірки в атмосферне повітря (рис. 7).

Після надходження в атмосферу і ряду подальших фізико-хімічних трансформацій ці речовини повертаються з атмосферними опадами на водозбірну територію річкових басейнів у вигляді амонійних і нітратних форм, а також сульфат-іонів. Подальший шлях їх мігра-

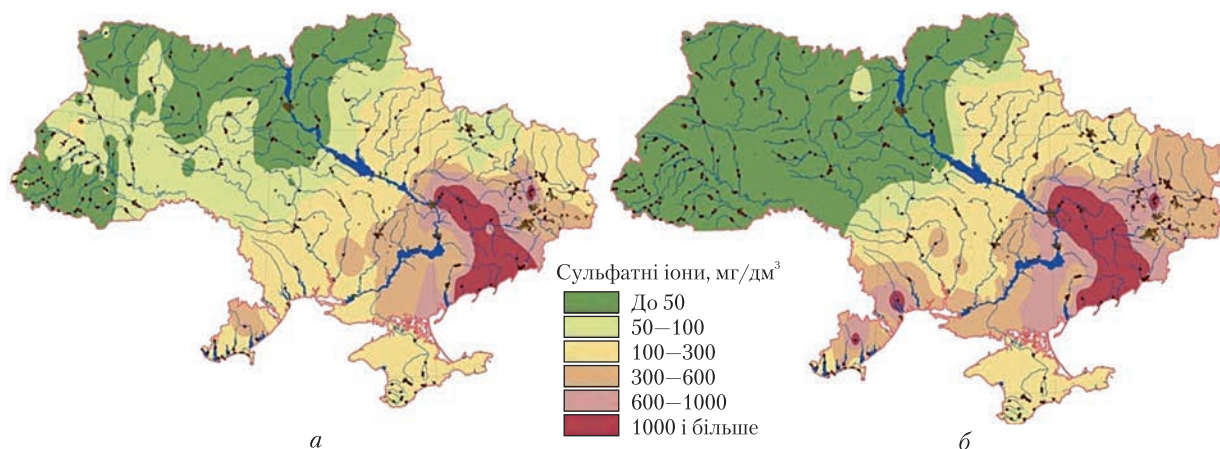


Рис. 9. Вміст сульфатних іонів у поверхневих водах України: а – у 1990–1995 рр.; б – у 2011–2015 рр.

ції – поверхневі води. Розрахунки показують, що з 1990 по 2015 р. загальні викиди сполук азоту скоротилися з 2,446 до 0,564 млн т, тобто в 4,4 рази, а  $\text{SO}_2$  – з 2,194 до 0,754 млн т. Практично синхронно зменшилися концентрації зазначених речовин в атмосферних опадах. На рис. 8 наведено дані щодо динаміки сульфат-іонів та іонів амонію в атмосферних опадах на станції спостереження у м. Київ протягом 1989–2015 рр.

Для частини річок басейнів Дніпра, Прип'яті, Десни, Дністра, Дунаю, Західного Бугу, де поширені піщані ґрунти з промивним режимом вологості, зменшення надходження сульфат-іонів з атмосферними опадами на водозбірні території призвело до зниження їх концентрацій у поверхневих водах. Для інших річок України, у воді яких високий вміст сульфатних іонів зумовлений природними властивостями ґрунтів та зв'язком поверхневих вод з високомінералізованими ґрунтовими водами, такого взаємозв'язку не простежується. Це підтверджується наведеною картосхемою розподілу сульфатних іонів у поверхневих водах України за 1989–1995 рр. та 2010–2015 рр. (рис. 9).

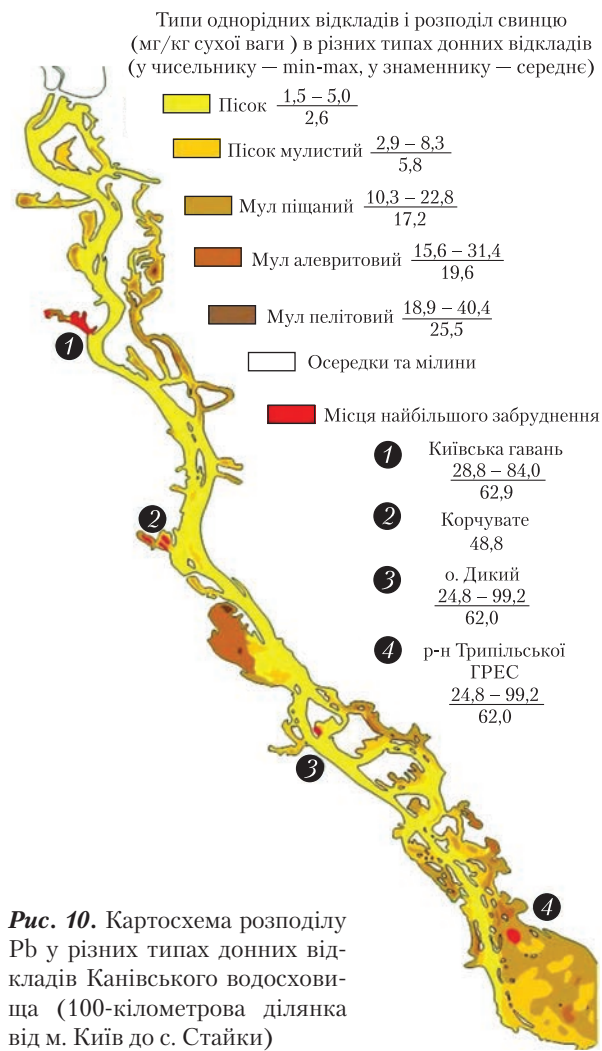
Отже, отримані дані свідчать, що зменшення надходження забруднювальних речовин у різні компоненти природних екосистем приводить до зниження концентрацій відповідних елементів у поверхневих водах з невисоким природним фоном гідрохімічних параметрів.

**Процеси трансформації хімічних речовин у водному середовищі.** Сорбція хімічних інгредієнтів поверхневих вод на органомінеральних зависях і колоїдах, гідроліз, комплексоутворення, осадження та співосадження, окиснення, біологічне споживання гідробіонтами у комплексі з гідрофізичними факторами (седиментація, акумуляція речовин у донних відкладах) є важливими факторами трансформації речовин у водному середовищі.

Теоретичний базис процесів, що визначають обіг речовин та поведінку окремих елементів у водних екосистемах, трансформацію хімічних елементів у системах «атмосферні опади – ґрунтовий комплекс», «вода – завислі речовини», «вода – донні відклади» та спричинюють самоочищення води, детально описано у наших монографіях [15, 18–20].

Одним з основоположних процесів, що визначає поведінку багатьох хімічних елементів після їх надходження у водне середовище, є адсорбція речовин у системі «вода – завислі речовини».

Одними з основних показників адсорбції є розмір та площа поверхні адсорбенту. Отримані результати дозволили зробити висновок, що у водних екосистемах процеси адсорбції відбуваються переважно на межі поділу фаз «вода – завислі речовини». При зменшенні швидкості течії води відбувається виведення завислих речовин з сорбованими хімічними речовинами з водного середовища в донні відклади.



**Рис. 10.** Картошка розподілу Рb у різних типах донних відкладів Канівського водосховища (100-кілометрова ділянка від м. Київ до с. Стайки)

На рис. 10 наведено картошку розподілу свинцю у різних типах донних відкладів Канівського водосховища (100-кілометровий відрізок від м. Київ до с. Стайки). Піщані фракції донних відкладів є інертними щодо сорбції та десорбції важких металів і не беруть участі у їх міжфазовому перерозподілі. Найзабрудненішими є локальні ділянки в зонах з активними седиментаційними процесами, де відбувається накопичення дрібнодисперсного матеріалу з сорбованими важкими металами. Невисокий рівень їх забруднення вказує на надійну багаторічну роботу очисних споруд м. Києва.

В результаті виконаного комплексу багаторічних досліджень встановлено, що у фізико-

хімічних умовах водного середовища більшості річкових і озерних екосистем України перерозподіл і трансформації важких металів відбуваються в напрямку згори донизу, тобто частина металів з розчину сорбується твердою фазою завислих частинок і далі депонується в донні відклади в зонах з активними седиментаційними процесами. Донні відклади при цьому виконують роль своєрідного «депо» для виведених компонентів.

Однак чи можливий зворотний процес? Як відбувається вторинне забруднення водного середовища з донних відкладів? На прикладі водосховищ Дніпровського каскаду ми вперше виконали розрахунки потоків важких металів із донних відкладів унаслідок молекулярної дифузії. Описано методологію та схему досліджень, яка включає необхідний набір експериментальних та розрахункових даних (у тому числі результатів термодинамічного моделювання), алгоритм та послідовність обчислень [7, 18, 19].

Показано, що ймовірність вторинного забруднення води істотна лише для марганцю та різних форм азоту. В локальних зонах активного мулонакопичення потік марганцю, наприклад, може сягати 220 мг/дм<sup>2</sup> на добу.

У разі збільшення рН водного середовища багато розчинених у воді елементів (Fe, Mn, Hg, Be, Cr(III)) зазнають гідролізу і у вигляді малорозчинних сполук виводяться з фази розчину. Серед розчинених у поверхневих водах катіонів до найсильніших елементів-гідролізаторів належать Fe, Cr, Al, але водночас відбувається і конкурентний процес комплексоутворення.

Одним із важливих процесів міжфазового перерозподілу розчинених у воді елементів є також процес утворення малорозчинних сполук. В окисних умовах середовища це передусім карбонатні сполуки, а у відновних умовах — сульфідні. Розчинені у поверхневих водах катіони утворюють з карбонатами важкорозчинні сполуки з подальшим їх виведенням з фази розчину. Найбільш значуща роль цього процесу для міграції макроіонів Ca і Mg, а також мікрокомпонентів — Fe, Mn, Co. Ступінь

утворення малорозчинних карбонатних сполук визначали за допомогою індексу SI (Saturation Index), який характеризує насичення води тим чи іншим мінералом [7, 8, 18, 19].

У відновних умовах (придонні шари води, порові розчини донних відкладів) утворюються сульфідні, які мають невисокий добуток розчинності з Fe, Zn, Cu, Pb, Cd, Co, Ni, Hg. Сульфідні здатні витіснити катіони металів з інших комплексних сполук з утворенням практично нерозчинного сульфідного комплексу.

Осадження малорозчинних сполук супроводжується співосадженням другорядних сполук внаслідок сорбції елементів на поверхні утворених колоїдів. Експериментально показано, що високою сорбційною ємністю і спорідненістю до важких металів характеризуються водні оксиди Mn, Al, Fe. Співосадження металів з гідроксидами цих металів з підвищенням рН різко збільшується внаслідок зростання поверхневого негативного заряду. Осадження металів на гідроксидах може здійснюватися як завдяки фізичній сорбції, так і внаслідок утворення більш стійкого хімічного зв'язку шляхом заміщення водню в гідроксильній групі на іон металу.

Натурні дослідження показали, що у донних відкладах дніпровських водосховищ найбільша кількість металів перебуває у формі, асоційованих з оксидами та гідроксидами заліза і марганцю: Mn — 59–73%; Pb — 37–54%; Cd — 26–51%; Zn — 36–55%. Отримано лінійний кореляційний зв'язок між залізом і важкими металами, а його щільність у вигляді коефіцієнта кореляції для різних пар металів становила: Fe-Mn — 0,79; Fe-Zn — 0,91; Fe-Pb — 0,94. Вивчені метали за їх здатністю виводитися з фази розчину у складі оксидів Fe і Mn можна розподілити на три групи: 1) Mn як складник самого носія, його відносний вміст у складі Fe-Mn оксидів перевищує 60%; 2) Pb, Zn, Cd і Ni, частка яких у складі оксидів варіює в межах 30–50% (найбільша група); 3) Cu — менш як 10%. Такий розподіл елементів на групи чітко вказує на наявність «конкуренції» між процесами сорбції та комплексоутворення. Метали, що добре утворюють комплексні сполуки,

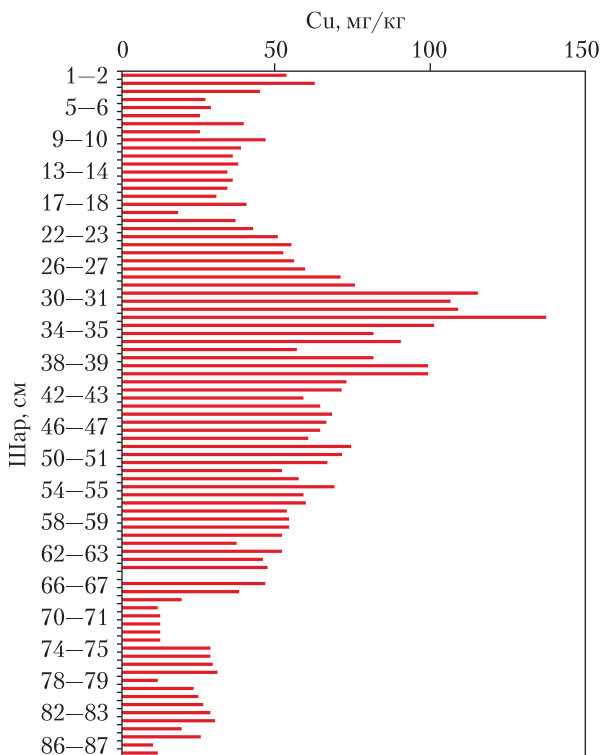
значно менше сорбуються оксидами Fe і Mn, оскільки частина їх іонних форм, здатних до обміну, менша. Що стосується міді, то очевидно, на гідроксидах виводиться частка високомолекулярних органічних сполук Cu. Це підтверджується також поступовим зменшенням кількості Cu, що виводиться з розчину на гідроксидах Fe і Mn, на ділянці від Київського до Каховського водосховища.

Зі зростанням лужності середовища помітну роль починає відігравати процес співосадження металів на карбонатах кальцію. Отримані експериментальні результати показали, що це насамперед стосується виведення з фази розчину таких металів, як Cu, Zn і Pb, які утворюють з карбонатами найменш розчинні сполуки. Спостерігається загальна тенденція збільшення співосадження металів з CaCO<sub>3</sub> зі зростанням рН води. При досягненні рН = 9 з розчину виводиться до 90–100% розчинених металів.

На відміну від процесів сорбції, гідролізу, утворення малорозчинних сполук і співосадження, які сприяють виведенню важких металів з фази розчину, утворення комплексних сполук спричинює підвищення міграційної здатності цих елементів. Детальніше результати термодинамічного моделювання форм міграції важких металів у воді річок України, мінералізація яких змінювалася від 240 до >3000 мг/дм<sup>3</sup>, та за наявності фульвокислот у широкому діапазоні їх концентрацій наведено у [7, 18, 19].

Показано, що важкі метали за фізико-хімічних умов, характерних для поверхневих вод, перебувають у термодинамічно нестійкому стані, що приводить до переходу значної кількості металів з фази розчину в завислу форму, далі до їх міграції і подальшого депонування в донних відкладах.

Щодо сполук азоту і фосфору, які є чинниками евтрофікації води, то високі міграційні властивості азоту не дають йому змоги депонуватися в донних відкладах на тривалий час. Значна його частка з донних відкладів повертається у водне середовище і включається в наступний цикл біотичного та абіотичного кругообігу.



**Рис. 11.** Вертикальний розподіл Cu в колонці донних відкладів Дніпровського водосховища

Зазначимо, що азот та його сполуки на сьогодні є однією з найважливіших екологічних проблем для поверхневих вод України. Ці сполуки надходять до водних об'єктів зі стічними водами населених пунктів та через застосування добрив у сільському господарстві. В Україні й досі ступінь підключення населення до систем каналізації залишається недостатнім, особливо в малих містах, селищах та населених пунктах сільського типу. Наявні ж очисні споруди переважно застарілі, працюють з перевантаженням, мають високий показник аварійності. На сьогодні в країні застосовується другий, мікробіальний ступінь очищення стічних вод, який дає змогу утилізувати близько 75% органічних речовин, 35% сполук загального нітрогену і 20% сполук загального фосфору. Поглиблене очищення стічних вод, що дозволяє видаляти 70% сполук нітрогену та 80% сполук фосфору, потребує застосування

хімічних методів. Подібні системи працюють у багатьох великих містах Європи.

Унікальним об'єктом дослідження, який дає можливість реконструювати рівні і темпи антропогенного навантаження на водні екосистеми, перебіг гідробіологічних, геохімічних та седиментаційних процесів у водних екосистемах, є донні відклади. Для багатьох полютантів, передусім ксенобіотиків, вони є останньою ланкою складних трансформаційно-міграційних перетворень. На рис. 11 наведено результати дослідження структури забруднення Cu донних відкладів Дніпровського водосховища (нижче м. Дніпро). Відібрану метрову колонку донних відкладів без порушення структури було розділено спеціальним екструдером на шари з кроком 1 см. За допомогою радіоізотопних маркерів ми реконструювали швидкість седиментації і отримали прив'язку до часу утворення кожного шару відкладів. Виявилось, що максимальний рівень забруднення донних відкладів Cu спостерігався до 90-х років ХХ ст. І хоча з того часу концентрації Cu постійно зменшуються, фонових значень вони ще не досягли.

Приклад реконструкції рівнів забруднення донних відкладів Дніпровського водосховища підтвердив нашу гіпотезу про тісний взаємозв'язок між кількісними показниками надходження забруднювальних речовин у різноманітні об'єкти біосфери та їх забрудненням. Поверхневі води України мають потужну буферну ємність. Незважаючи на надходження у водне середовище значної кількості хімічних речовин техногенного походження, більшість річок, озер та водосховищ України й дотепер не втратили здатності до самоочищення.

За результатами обробки багаторічної гідрохімічної інформації, отриманої на мережі спостережень Гідрометеорологічної служби України (1989–2015 рр.), та на основі екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями [21] можна зробити висновок про початок стабілізації та окремі зрушення в бік поліпшення екологічного стану поверхневих вод України практично в усіх річкових басейнах (рис. 12). Це підтверджується також

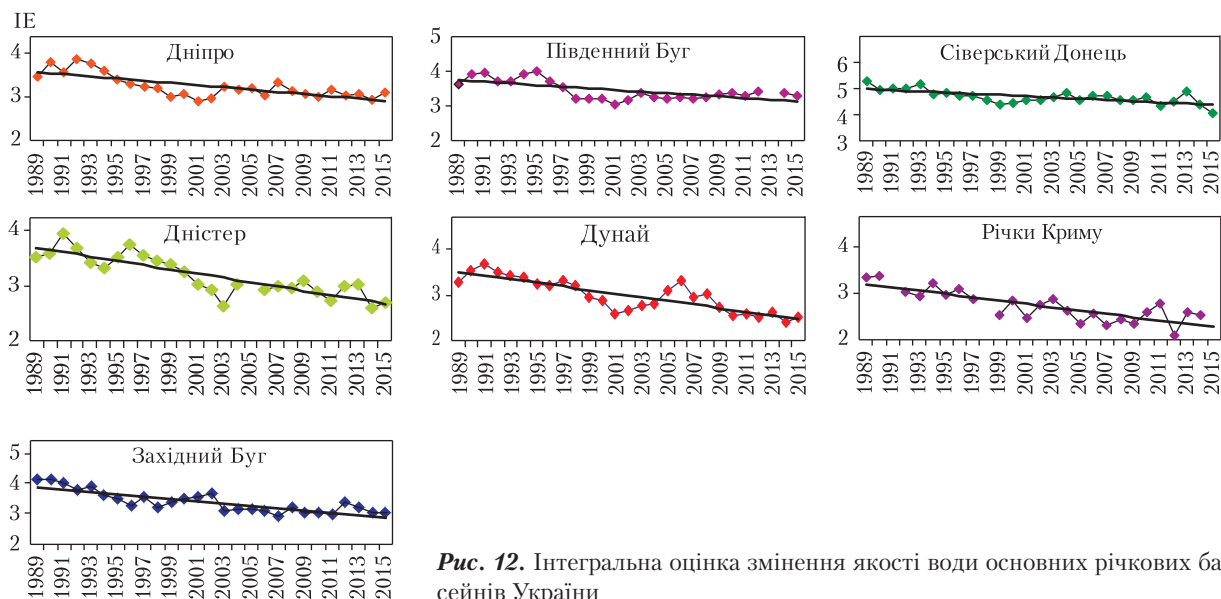


Рис. 12. Інтегральна оцінка змінення якості води основних річкових басейнів України

взаємозв'язком між динамікою викидів забруднювальних речовин та синхронними змінами інтегрального індексу екологічного стану поверхневих вод (рис. 13).

Отже, є всі підстави стверджувати, що спад виробництва в Україні, який почався з 1991 р., привів до значного зменшення надходжень забруднювальних речовин у різноманітні об'єкти біосфери, у тому числі й поверхневі води, що певною мірою стабілізувало їх стан. Підкреслимо, що цей результат отримано не завдяки впровадженню нових технологій утилізації продуктів антропогенної діяльності, а саме через таке негативне явище, як спад економічної діяльності. Теоретично можна припустити, що поживавлення виробництва знову викличе посилення забруднення водних екосистем. Для недопущення цього вже зараз мають бути зроблені активні кроки з удосконалення системи управління водними ресурсами.

Для реалізації цієї мети назріла необхідність переходу від санітарно-гігієнічних підходів оцінки якості води до екологічного нормування. Імплементация Водної рамкової директиви ЄС (2000/60/ЕС) для інтегрованого управління річковими басейнами України потребуватиме значних організаційних і матеріальних ви-

трат та відповідного наукового забезпечення. Фахівці УкрГМІ разом з іншими науковими установами НАН України та МОН України проводять відповідні дослідження з цього напрямку, результати яких уже можна використовувати для впровадження зазначеної Директиви [22, 23] та вирішення нашого головного завдання — досягнення прийняттого екологічного стану поверхневих вод України.

Водночас слід зауважити, що упродовж зазначеного періоду не змінився вміст компонентів поверхневих вод, наявність яких зумовлена дією

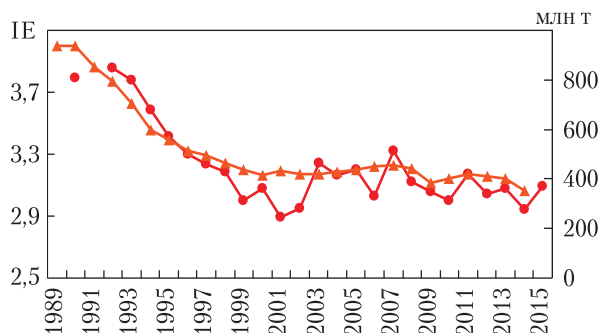


Рис. 13. Зв'язок між динамікою загальних викидів парникових газів та інтегральним індексом якості поверхневих вод: ▲ — загальні викиди; ● — інтегральний індекс р. Дніпро

природних чинників (високий вміст природних органічних речовин гумусового походження у басейні Дніпра, висока мінералізація води в південних та південно-східних областях України).

У зв'язку з цим перед науковцями стоять дуже складні та важливі завдання, пов'язані,

зокрема, з розробленням нових методів і технологій очищення поверхневих вод від природної органічної складової та пошуком шляхів забезпечення населення південних і південно-східних областей України якісною питною водою.

## REFERENCES

## [СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ]

- Osadchyi V.I., Kosovets A.A., Babichenko V.N. (eds). *The climate of Kyiv*. (Kyiv: Nika-Tsentr, 2010). [Клімат Києва. (За ред. В.І. Осадчого, О.О. Косовця, В.М. Бабіченко). К.: Ніка-Центр, 2010.]
- Osadchyi V.I., Babichenko V.N. (eds). *Transition Dates of air temperature in Ukraine in modern conditions of the climate*. (Kyiv: Nika-Tsentr, 2010). [Дати переходу температури повітря в Україні за сучасних умов клімату. (За ред. В.І. Осадчого, В.М. Бабіченко). К.: Ніка-Центр, 2010.]
- The 6<sup>th</sup> national communication of Ukraine about climate change. Kyiv, 2013. [http://unfccc.int/files/national\\_reports/annex\\_i\\_natcom/submitted\\_natcom/application/pdf/6nc\\_v7\\_final\\_\[1\].pdf](http://unfccc.int/files/national_reports/annex_i_natcom/submitted_natcom/application/pdf/6nc_v7_final_[1].pdf) [Шестое национальное сообщение Украины по вопросам изменения климата. К., 2013. [http://unfccc.int/files/national\\_reports/annex\\_i\\_natcom/submitted\\_natcom/application/pdf/6nc\\_v7\\_final\\_\[1\].pdf](http://unfccc.int/files/national_reports/annex_i_natcom/submitted_natcom/application/pdf/6nc_v7_final_[1].pdf)]
- Osadchyi V.I., Babichenko V.N., Nabivanets Yu.B., Skrynuk O.Ya. *Dynamics of air temperature in Ukraine for the period of instrumental meteorological observations*. (Kyiv: Nika-Tsentr, 2013). [Осадчий В.І., Бабіченко В.М., Набиванець Ю.Б., Скринюк О.Я. Динаміка температури повітря в Україні за період інструментальних метеорологічних спостережень. К.: Ніка-Центр, 2013.]
- Osadchy V., Osadcha N., Nabyvanets Ju. Chemical composition and water quality of surface waters in Ukraine. In: *Environmental Health Risk II*. (WIT Press, Southampton, Boston, 2003). P. 15–24.
- Osadchyi V.I., Samoylenko V.N., Nabivanets Yu.B. *Information management of ecological improvement of the international Dnipro basin*. (Kyiv: Nika-Tsentr, 2004). [Осадчий В.І., Самойленко В.Н., Набиванець Ю.Б. Інформаційний менеджмент екологічного оздоровлення міжнародного басейна Дніпра. К.: Ніка-Центр, 2004.]
- Osadchyi V.I. Methodology basics of study of factors and processes of Ukrainian surface water chemical composition forming. The thesis for the degree of doctor of geographical sciences. (Kyiv, 2008). [Осадчий В.І. Методологічні основи дослідження чинників та процесів формування хімічного складу поверхневих вод України: автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. Київ, 2008.]
- Mostova N.M. Regulations of chemical composition forming and water quality in conditions of thermal loading (on example of the cooling pond of the Zaporizhya NPP). PhD (Geograph.) thesis. Kyiv, 2013. [Мостова Н.М. Закономірності формування хімічного складу і якості води в умовах теплового навантаження (на прикладі водойми-охолоджувача Запорізької АЕС): автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Київ, 2013.]
- Osadcha N., Osadchyy V., Lutkovsky V., Luzovitska Y., Artemenko V. Experimental Research and Mathematical Modeling of Nutrients Release in a Small Watershed. *Die Bodenkultur: Journal for Land Management. Food and Environment*. 2014. **65**(3–4): 7.
- Osadcha N., Osadchyi V., Guzienko I., Nabyvanets Yu., Artemenko V. Field Experimental Studies of the Leaching of Humic Substances from the Peat Soils and Estimation of their Role in Dissolved Iron Transportation. *Forum Geografic*. 2016. **15**(2): 85. <http://forumgeografic.ro/2017/2213/>
- Osyrov V., Osadcha N., Osadchyi V. SWAT Model Application for Simulating Nutrients Emission from an Agricultural Catchment in Ukraine. *Forum Geografic*. 2016. **15**(2): 30. <http://forumgeografic.ro/2017/2231/>
- Krakovska S.V., Hnatyuk N.V., Shpital T.M., Palamarchuk L.V. Projections of changes in the surface air temperature according to the data of the regional climatic models ensemble in the regions of Ukraine in the XXI century. *Proceedings of the UkrNDGMI*. 2016. (268): 33. [Краковська С.В., Гнатюк Н.В., Шпиталь Т.М., Паламарчук Л.В. Проекції змін приземної температури повітря за даними ансамблю регіональних кліматичних моделей у регіонах України в XXI столітті. *Наук. пр. УкрНДГМІ*. 2016. Вип. 268. С. 33–44.]



13. Gorbachova L.O. Hydro-genetic analysis of the spatial-temporal regularities of water flow of rivers of Ukraine: methodology, trends, forecast. The thesis for the degree of doctor of geographical sciences. Kyiv, 2017.  
[Горбачова Л.О. Гідролого-генетичний аналіз просторово-часових закономірностей водного стоку річок України: методологія, тенденції, прогноз: автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. Київ, 2017.]
14. *National Atlas of Ukraine*. (Kyiv: Kartografia, 2007).  
[Національний атлас України. К.: Картографія, 2007.]
15. Nabivanets V.Y., Osadchyi V.I., Osadcha N.M., Nabivanets Yu.V. *Analytical chemistry of surface water*. (Kyiv: Naukova Dumka, 2007).  
[Набиванець В.Й., Осадчий В.І., Осадча Н.М., Набиванець Ю.В. Аналітична хімія поверхневих вод. К.: Наук. думка, 2007.]
16. Ukhan O.A. Features of chemical composition forming and water quality of the Seversky Donets river basin. PhD (Geograph.) thesis. (Kyiv, 2013).  
[Ухань О.О. Особливості формування хімічного складу та якості поверхневих вод басейну р. Сіверський Донець: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. К., 2013.]
17. Uhan O., Osadchyi V., Nabyvanets Yu., Osadcha N., Glotka D. Typification of surface water in Southern Bug basin by content of main ions, biogenic elements, organic substances and dissolved oxygen. *Proceedings of the UkrNDGMI*. 2015. (267): 46.  
[Ухань О.О., Осадчий В.І., Набиванець Ю.В., Осадча Н.М., Глотка Д.В. Типізація поверхневих вод басейну Південного Бугу за вмістом головних іонів, біогенних елементів, органічних речовин та розчиненого кисню. *Наук. пр. УкрНДГМІ*. 2015. Вип. 267. С. 46–56.]
18. Osadchyi V., Nabyvanets V., Linnik P., Osadcha N., Nabyvanets Yu. *Processes determining surface water chemistry*. (Kyiv: Nika-Tsentr, 2013).  
[Осадчий В.І., Набиванець В.Й., Линник П.М., Осадча Н.М., Набиванець Ю.В. *Процеси формування хімічного складу поверхневих вод*. К.: Ніка-Центр, 2013.]
19. Osadchyi V., Nabyvanets V., Linnik P., Osadcha N., Nabyvanets Yu. *Processes determining surface water chemistry*. (Springer, 2016).
20. Osadchyi V.I., Nabyvanets V.Y., Osadcha N.N., Nabyvanets Yu.V. *Hydrochemical Reference Book (Surface Water of Ukraine. Hydrochemical calculations. Methods of analysis)*. (Kyiv: Nika-Tsentr, 2008).  
[Осадчий В.І., Набиванець В.Й., Осадча Н.М., Набиванець Ю.В. *Гідрохімічний довідник (Поверхневі води України. Гідрохімічні розрахунки. Методи аналізу)*. К.: Ніка-Центр, 2008.]
21. Romanenko V., Zhukinskii V., Oksiyuk O. *Methodology of surface water quality ecological estimation by definite categories*. (Kyiv: Symvol-E, 1998).  
[Романенко В.Д., Жукінський В.М., Оксіюк О.П. *Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями*. К.: Символ-Е, 1998.]
22. Osadcha N.N., Klebanova N.S., Osadchyi V.I., Nabyvanets Yu.V. Adaptation of the surface water monitoring system of the State Hydrometeorological Service of the Ministry of Emergencies of Ukraine to the provisions of the Water Framework Directive of the EU. *Proceedings of the UkrNDGMI*. 2008. (257): 146.  
[Осадча Н.М., Клебанова Н.С., Осадчий В.І., Набиванець Ю.В. Адаптація системи моніторингу поверхневих вод Державної гідрометеорологічної служби МНС України до положень Водної Рамкової Директиви ЄС. *Наук. пр. УкрНДГМІ*. 2008. Вип. 257. С. 146–161.]
23. Yatsiuk M., Nabyvanets Yu., Osadcha N. Adaptation of Ukrainian water resource assessment to European legislation. *Meteorol. Hydrol. Water Manage.* 2017. 5(1): 37.

*V.I. Osadchyi*

Ukrainian Hydrometeorological Institute of State Emergency Service of Ukraine  
and National Academy of Sciences of Ukraine (Kyiv)

RESOURCES AND QUALITY OF SURFACE WATER IN UKRAINE  
UNDER CONDITIONS OF ANTHROPOGENIC LOAD AND CLIMATE CHANGE

According to the materials of scientific report at the meeting of the Presidium of NAS of Ukraine, May 31, 2017

Assessment of the influence of natural and anthropogenic factors on forming of chemical composition and quality of surface water of Ukraine is performed. Transformation of the substances after entering the water media is presented. It is concluded that surface water of Ukraine is characterized by quite efficient buffer capacity. Therefore, despite the significant amount of chemical substances of anthropogenic origin entering water media, the majority of Ukrainian rivers, lakes and reservoirs are still characterized as having self-purification ability. It is found that decrease of pollutants amount input to the surface water, which was caused by decline of Ukrainian industry in 1990s, led to the stabilization and in certain cases even to the slight improvement of ecological state of surface water. Influence of climate element on changes in conditions of water flow forming for Ukrainian rivers is highlighted.

**Keywords:** resources and quality of surface water, anthropogenic load, climate changes, bottom sediments, water ecosystems, water flow.