

УДК 556.55

Даус М.Є., Кічук Н.С., Романчук М.Є., Шакірзанова Ж.Р.

Одеський державний екологічний університет

ДИНАМІКА МІНЕРАЛІЗАЦІЇ І ВМІСТУ ГОЛОВНИХ ІОНІВ У ПОВЕРХНЕВИХ ВОДАХ БАСЕЙНУ ДНІПРА ЗА ПЕРІОД 1990-2015 РОКИ

Ключові слова: мінералізація, головні іони, поверхневі води, багаторічні зміни.

Вступ. Проблема гідрохімічного і екологічного стану водноресурсного потенціалу залишається до сьогодні актуальною для всіх регіонів України. Практично всі поверхневі і значна частина підземних водних ресурсів, особливо в районах розміщення потужних промислових та сільськогосподарських комплексів, відчувають сильний антропогенний вплив, що проявляється у забрудненні, виснаженні й деградації цих об'єктів. Значні об'єми використання води в економічній діяльності, зростання скидів забруднених вод у поверхневі водойми – основні чинники антропогенного навантаження на поверхневі водні ресурси [1].

Вплив господарської діяльності має значний вплив і на води р. Дніпро, яка є основним джерелом водопостачання великих промислових центрів України.

Дніпро – одна з найбільших річок Європи. Водозбір Дніпра оцінюють величиною 504 тис. км² [1]. Басейн розташований у межах трьох країн – Росії, Білорусії та України, де знаходиться 58% його території та охоплює 48% території держави [2].

Дніпро зазвичай поділяють на три частини [1]: Верхній Дніпро – від витоків до м.Київ; Середній Дніпро – від м. Київ до м. Запоріжжя і Нижній Дніпро – від м.Запоріжжя до гирла.

В межах районування території України згідно вимог Водної Рамкової Директиви (Директива 2000/60/ЄС Європейського Парламенту і Ради від 23 жовтня 2000 року про встановлення рамок діяльності Співтовариства у сфері водної політики) [3], авторами [4] було виділено 4 суббасейни в басейні р. Дніпро (в межах України) з притоками – Прип'яті, Десни, Середнього Дніпра та Нижнього Дніпра. На даний час згідно Наказу від 03.03.2017 №103 «Про затвердження Меж районів річкових басейнів, суббасейнів та водогосподарських ділянок» [5] територія Дніпра поділяється на 5 частин, включаючи, крім перелічених, суббасейн Верхнього Дніпра (р. Дніпро від державного кордону до початку Київського водосховища (включаючи р. Сож у межах України).

Визначення гідрохімічних характеристик вод річки Дніпро є важливою прикладною задачею, яка поставлена загальнодержавною програмою [6] по екологічному оздоровленню Дніпра, і спрямована на розроблення системи заходів та механізмів їх впровадження з метою екологічного відродження річки Дніпро та її приток.

Крім того згідно вимог законодавчої бази Водної Рамкової Директиви ЄС 2000/60/ЄС відносно Плану управління річковим басейном Дніпра (в межах України) [3] щодо забезпечення досягнення поверхневими водними об'єктами доброго екологічного та хімічного стану необхідним є аналіз гідрохімічного режиму річок

басейну для виконання дій, спрямованих на покращення гідроекологічної ситуації в басейні.

Гідрохімічний режим річок формується під впливом природних умов та господарської діяльності на водозборі, проявляється у вигляді багаторічних, сезонних і добових коливань концентрації компонентів хімічного складу і показників фізичних властивостей води, рівня забрудненості води тощо [7]. З іншого боку, географічні особливості природних умов формування гідрохімічного режиму річок та антропогенне навантаження в межах басейну Дніпра мають значний вплив на його трансформацію, на значні зміни в кількісному та якісному стані поверхневих вод. Останні призводять до втрати водними екосистемами їх відновлювальної та очисної спроможності, обмежень при використанні водних ресурсів.

Отже питання дослідження динаміки багаторічних змін мінералізації та вмісту головних іонів в річкових водах басейну Дніпра (в межах України) залишається нагальним та актуальним.

Стан питання. Загальні основи вивчення хімічного складу річкових вод на території колишнього СРСР заклав О.О. Алексін у 50-х роках ХХ ст. В роботі «Основи гідрохімії» [8] ним показана єдність хімічних процесів, що протікають в усіх природних водах, та їхня системна обумовленість складним комплексом природних та антропогенних факторів.

Починаючи з 50-60 років ХХ ст., в Україні розвивалася наукова школа гідрохімічних досліджень в Інституті гідробіології НАН України. В 1979 р. була опублікована монографія О.І. Денисової, присвячена формуванню гідрохімічного режиму дніпровських водосховищ [9], пізніше колективна монографія з гідролого-гідрохімічною тематикою по Дніпру і його водосховищах [10].

У 70-і роки ХХ ст. зародилася гідрохімічна школа в Київському національному університеті імені Тараса Шевченка. В 1975 р. В.І. Пелешенко в роботі, присвяченій оцінці взаємозв'язку хімічного складу різних типів природних вод, застосовував ландшафтно-генетичний метод для гідрохімічного вивчення території України, запропонував районування гідрохімічних показників на основі фізико-географічних областей [11], з колегами розробив методи гідрохімічного картографування природних вод України [12]. В 1995 р. опубліковано фундаментальне узагальнення Л.М. Горєва, В.І. Пелешенка, В.К. Хільчевського «Гідрохімія України», в якому наведено характеристику хімічного складу атмосферних опадів, поверхневих вод (річки, озера, водосховища і ставки), підземних і морських вод (Чорне та Азовське моря) [13]. Відповідно, розгорнуту характеристику наведено по басейну Дніпра.

Значну увагу приділялася як вивченню сумарного антропогенного впливу на хімічний склад річкових вод басейну Дніпра [14], так і диференційованій оцінці впливу окремих його видів. Так, В.К. Хільчевським у 1995-1996 роках у роботах, присвячених вивченню ролі агрохімічних засобів у формуванні якості річкових вод басейну Дніпра, було закладено основи агрогідрохімічного напрямку досліджень [15, 16, 17]. Ним було розроблено й застосовано геосистемно-гідрохімічний метод для вивчення хімічного складу і стоку різних типів природних вод, вносу сполук азоту, фосфору і пестицидів з елементарних водозборів водобалансових станцій у різних природних зонах. Актуальність цих досліджень підтверджується й сьогодні необхідністю реалізації у сфері охорони вод в Україні положень так званої «нітратної» директиви Європейського Союзу. Крім того, у 2003 р. вченим було розроблено класифікацію природних вод за мінералізацією, г/дм³: помірно прісні - 0,1-0,6; прісні з підвищеною мінералізацією - 0,6-1,0; слабосолоні - 1,0-3,0; середньосолоні - 3,0-15,0; солоні - 15-35; сильно солоні - 35-50; розсоли > 50 [18].

Під керівництвом В.К. Хільчевського у 2000-і роки представники гідрохімічної школи Київського університету (М.І. Ромась, В.М. Савицький, С.М. Курило, І.М.

Ромась, О.В. Чунар'ов, Р.Л. Кравчинський та ін.) розвивали дослідження з гідрохімії регіональних басейнових систем, серед яких чільне місце займав як басейн Дніпра в цілому, так і басейни окремих його притоків. Було досліджено закономірності просторового і часового розподілу гідролого-гідрохімічних характеристик мінімального стоку річок басейну Дніпра (в межах України) та виконано районування за цими показниками [19]. Також окремі монографічні роботи вийшли по гідрохімії правобережних притоків Дніпра – басейнах Росі [20, 21], Горині [22], Інгульця [23], а також лівобережних притоків (басейнах Сули, Псла, Ворскли) [24]. Отримані матеріали були використані при написанні сучасного підручника «Основи гідрохімії» [7]. Також розроблялися питання оцінки якості річкових вод басейну Дніпра [25], багаторічної трансформації хімічного складу його вод [26].

Питаннями дослідження гідрохімічних систем, які стосувалися і басейну Дніпра, займався С.І. Сніжко [27, 28].

Серед сучасних публікацій слід відзначити роботу В.К. Хільчевського, С.М. Курила та Н.П. Шерстюк по гідрохімії різних типів природних вод України, в якій автори характеризують і басейн Дніпра [29]. Зокрема, автори зазначають, що для хімічного складу води малих і середніх річок України спостерігається гідрохімічна зональність при збільшенні мінералізації річкових вод у напрямку з північного заходу (від 200 – 300 мг/дм³) на південний схід території країни (до 1500 – 3000 мг/дм³ і більше). Склад вод змінюється в тому ж напрямку від гідрокарбонатного кальцієвого до хлоридного натрієвого. У хімічному ж складі підземних вод на території України встановлена вертикальна гідрохімічна зональність.

Починаючи з 90-х років ХХ ст. гідрохімічні дослідження отримали свій розвиток в Українському гідрометеорологічному інституті ДСНС України та НАН України (УкрГМІ). В.І. Осадчий з колегами поглибили уявлення про процеси формування хімічного складу поверхневих вод, про закономірності гідрохімічного режиму річок, зокрема і в басейні Дніпра [7, 30, 31]. У наш час вчені УкрГМІ значну увагу приділяють дослідженню ресурсів та якості поверхневих вод України в умовах антропогенного навантаження та кліматичних змін [32].

Дослідження з гідрохімії водних об'єктів територій, які особливо відчувають антропогенний тиск, виконуються на кафедрі гідрометеорології та геоєкології Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара. Так, у монографії Н.П. Шерстюк та В.К. Хільчевського [33] охарактеризовано особливості хімічного складу води у водоймах-хвостосховищах, ставках-накопичувачах шахтних вод, ставках Кривбасу та у річках Саксагань та Інгулець.

Дослідження гідрохімічного режиму та оцінка якості поверхневих вод окремих водних об'єктів басейну Дніпра виконувалися вченими Одеського державного екологічного університету. Так, Н.С. Лобода та В.В. Пилип'юк [34-37] описали динаміку хімічного складу води річок Псел і Ворскла по довжині та надали оцінку її якості по рівню використання вод у транскордонній зоні «Росія-Україна». У статті [38] І.О. Шахман та Н.С. Лободи наведено результати оцінки якості води за гідрохімічними показниками у створі р. Інгулець – м. Снігурівка за період спостереження 2001–2014 рр. на основі сучасних розрахункових методик. Установлено, що води за якісними показниками переважно “брудні”, “дуже брудні” або “катастрофічно брудні”, екологічний стан річки охарактеризований як екологічний регрес.

Аналіз гідрохімічних показників та оцінка якості річкових вод здійснено в роботах М.Є. Даус [39] – у басейні річки Прип'ять; М.Є. Даус, Н.С. Лобода, Ю.Л. Дичеренко [40], М.Є. Даус, Д.В. Лужанська [41] – у басейні річки Десна. М.Є. Даус, Н.В. Кликач оцінили якість води у басейні р. Сула у роки різної водності [42], показано, що у багатоводні роки якість води покращується.

Постановка завдання та вихідні матеріали. Метою досліджень є оцінка якісних і кількісних коливань гідрохімічного режиму р. Дніпро (в межах України) протягом багаторічного періоду. Трансформація хімічного складу річкових вод оцінювалася за змінами загальних кількісних характеристик (мінералізації і іонного складу) [43].

Для аналізу гідрохімічного режиму річок басейну Дніпра за багаторічний період спостережень (1990-2015 рр.) приймалися дані постів моніторингу гідрометеорологічної служби України (на теперішній час Державної служби надзвичайних ситуацій України), де проводяться спостереження за гідрологічним режимом та гідрохімічними показниками води.

Результати дослідження. У даній роботі виконано аналіз багаторічних змін гідрохімічного режиму річки Дніпро за середніми річними характеристиками загальної мінералізації та вмісту головних іонів за багаторічний період (з 1990 по 2015 роки).

Для більш докладної характеристики розглядалися гідрохімічні характеристики в суббасейнах основних річок.

Для характеристики гідрохімічного режиму у суббасейні річки Прип'ять (української частини) аналізувалися дані восьми постів, перелік яких наведений у табл.1.

Так, середні значення мінералізації у суббасейні Прип'яті коливалися від 237 мг/дм³ на р. Уж, яка протікає в межах Прип'ятського прогину, до 402 – 442 мг/дм³ у воді верхніх правобережних приток Прип'яті (річки Тур'я, Стир, Случ), які протікають по Волино-Подільському плато (табл. 1). Досліджувані річки протікають у товщі осадових порід верхньо-крейдової і третинної систем із включенням у них потужних водоносних горизонтів. Карстові води мергельно-крейдових відкладів сенонських і сено-туронських горизонтів сприяють збагаченню вод річок гідрокарбонатами кальцію і магнію [13].

Для правобережних приток Прип'яті характерне зменшення мінералізації води вниз за течією річок у міру пересікання Прип'ятської низовини під впливом стоку з боліт [13]. У цьому ж напрямі змінювалися співвідношення між головними іонами – зменшувалася кількість гідрокарбонатних іонів HCO₃⁻ від 223-289 мг/дм³ до 114-201 мг/дм³ та іонів кальцію Ca²⁺ від 67-88 мг/дм³ до 33-36 мг/дм³. Також збільшувалася кількість іонів Na⁺ від 20-24 мг/дм³ на річках Тур'я, Стир, Случ до 65 мг/дм³ у водах Уборти (табл. 1).

Таблиця 1. Вміст головних іонів та загальна мінералізація річкових вод суббасейну р. Прип'ять за 1990-2015 рр., мг/дм³

| № за/п | Річка-пост | HCO ₃ ⁻ | SO ₄ ²⁻ | Cl ⁻ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | Загальна мінералізація |
|--------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------|------------------------|
| 1 | Прип'ять – с. Річиця | 247 | 34 | 22 | 72 | 7 | 34 | 412 |
| 2 | Тур'я – м. Ковель | 289 | 28 | 19 | 88 | 8 | 20 | 435 |
| 3 | Стохід – смт Любешів | 223 | 26 | 19 | 67 | 6 | 30 | 368 |
| 4 | Стир – м. Луцьк | 282 | 27 | 16 | 80 | 13 | 23 | 442 |
| 5 | Случ – м. Новоград-Волинський | 248 | 28 | 20 | 69 | 14 | 24 | 402 |
| 6 | Случ – м. Сарни | 229 | 30 | 26 | 70 | 11 | 39 | 389 |
| 7 | Уборть – с. Перга | 201 | 28 | 20 | 36 | 7 | 65 | 330 |
| 8 | Уж – м. Коростень | 114 | 32 | 26 | 33 | 11 | 18 | 237 |

Кількість сульфатів SO_4^{2-} коливалася у межах від 26 мг/дм^3 (р. Стохід – смт Любешів) до 34 мг/дм^3 (р. Прип'ять - с. Річиця). Концентрації хлоридних іонів Cl^- змінювалися від 16 мг/дм^3 (р. Стир - м. Луцьк) до 26 мг/дм^3 (р. Случ - м. Сарни, р. Уж - м. Коростень). Середня за досліджуваний період концентрація іонів магнію Mg^{2+} змінювалася від 6 мг/дм^3 до 14 мг/дм^3 .

Зміна хімічного типу вод приток Прип'яті відбувається й із заходу на схід, повторюючи хід мінералізації, що відображає зв'язок річкових вод з підземними водами – з гідрокарбонатного кальцієвого і гідрокарбонатного кальцієво - магнієвого на гідрокарбонатний кальцієво-натрієвий (р. Случ - м. Сарни) і гідрокарбонатний натрієво-кальцієвий (р. Уборть - с. Перга).

Динаміка середніх річних величин мінералізації наведена на рис. 1. На всіх постах, за винятком р. Уж - м. Коростень за досліджуваний період виявлена направлена тенденція до збільшення суми іонів до 2011-2012 рр., а в більш пізні роки – деяке їх зменшення. Найбільші середньорічні значення суми іонів на постах у суббасейні річки Прип'ять (крім посту р. Уж - м. Коростень) коливалися від 469 до 511 мг/дм^3 в окремі роки з 2005 по 2012, найменші середньорічні значення становили від 275 до 368 мг/дм^3 та спостерігалися в окремі роки періоду 1990 - 1997 років. На посту р. Уж - м. Коростень спостерігається не значна тенденція до зменшення суми іонів за розглянутий період від величин 309 мг/дм^3 і 294 мг/дм^3 у 1995 і 1997 рр. до найменших значень (196 - 186 мг/дм^3) у 1999, 2001, 2013 р.

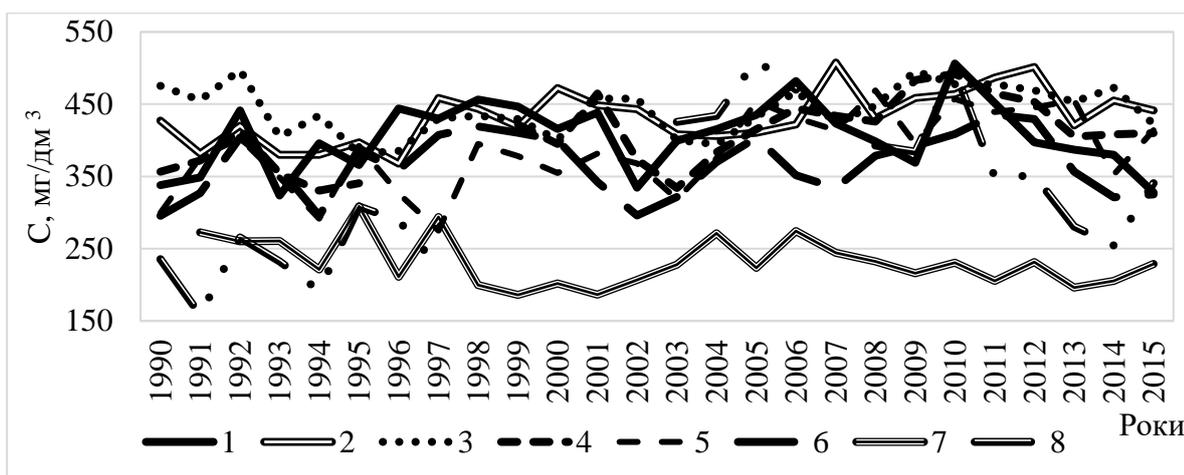


Рис. 1. Хронологічний графік середніх річних значень мінералізації річкових вод суббасейну р. Прип'ять за 1990-2015 рр. (1 – р. Прип'ять – с. Річиця; 2 – р. Тур'я – м. Ковель; 3 - р. Стохід – смт Любешів; 4 – р. Стир – м. Луцьк; 5 - р. Случ – м. Новоград-Волинський; 6 – р. Случ – м. Сарни; 7 – р. Уборть – с. Перга; 8 – р. Уж – м. Коростень)

Для характеристики гідрохімічного режиму у суббасейні річки Десна використані дані п'яти постів: два на річці Десна – м. Чернігів, с. Літки та три на притоках р. Сейм - с. Мутин, р. Снов - с. Щорс, р. Головесня - с. Покошичі (табл.2).

Мінералізація та склад головних іонів суббасейну Десни формуються під впливом кліматичних та геологічних умов [32]. Значна кількість опадів на цій території сприяє добрій промитості ґрунтів і відносній бідності поверхневих вод мінеральними сполуками [13]. Вздовж лівих берегів річок Десни та Сейму ґрунтовий покрив представлений солонцюватими включеннями, які містять підвищену кількість розчинених солей сульфатів і хлоридів.

Середня річна за період 1990-2015 рр. мінералізація води рр. Десна і Сейм становила 371 мг/дм^3 і 447 мг/дм^3 відповідно (табл. 2). На цих же річках спостерігалася більша кількість сульфатних іонів SO_4^{2-} : у воді Десни 26 - 29 мг/дм^3 , у

воді Сейму – до 33 мг/дм³. Концентрації хлоридних іонів Cl⁻ також підвищені і за 1990-2015 рр. у водах Десни становили 19 мг/дм³, у водах Сейму – до 24 мг/дм³.

У водах правих приток Десни мінералізація зменшувалася до 363 мг/дм³ у водах р. Головесня і до 301 мг/дм³ у водах р. Снов, а також зменшувалася кількість сульфатних до 21 мг/дм³ та хлоридних іонів до 14 мг/дм³ (табл. 2).

В басейні Десни річковою сіткою дренуються підземні води гідрокарбонатно-кальцієвого складу (до 1000 мг/дм³) [7,13], що і зумовлює виражений гідрокарбонатний тип річкових вод. Цей фактор має значний вплив на кількість іонів HCO₃⁻, які склали найбільшу частку хімічного складу річкових вод, та змінювалися від 177 мг/дм³ (р. Снов) до 226-238 мг/дм³ (р. Десна) та 274 мг/дм³ (р. Сейм) (табл. 2).

Таблиця 2. Вміст головних іонів та загальна мінералізація річкових вод суббасейну р. Десна за 1990-2015 рр., мг/дм³

| № за/п | Річка-пост | HCO ₃ ⁻ | SO ₄ ²⁻ | Cl ⁻ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | Загальна мінералізація |
|--------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------|------------------------|
| 1 | Десна – м. Чернігів | 226 | 29 | 19 | 65 | 13 | 16 | 370 |
| 2 | Десна – с. Літки | 238 | 26 | 19 | 62 | 7 | 25 | 371 |
| 3 | Головесня – с. Покошичі | 242 | 21 | 14 | 61 | 16 | 13 | 363 |
| 4 | Сейм – с. Мутин | 274 | 33 | 24 | 75 | 16 | 23 | 447 |
| 5 | Снов – с. Щорс | 177 | 28 | 20 | 51 | 12 | 13 | 301 |

Такий же характер змін мають іони кальцію Ca²⁺. Так, середня багаторічна концентрація іонів Ca²⁺ складала 62-65 мг/дм³ у водах Десни, 51 мг/дм³ – у водах Сноу, 74 мг/дм³ – у водах Сейму (табл. 2).

Іони магнію Mg²⁺ потрапляють у води басейну Десни із потужних водоносних горизонтів мергельно-крейдових відкладів. Середня за досліджуваний період концентрація іонів магнію Mg²⁺ змінювалась від 7-13 мг/дм³ у водах Десни до 12-16 мг/дм³ – у водах приток (табл. 2).

Одним із джерел надходження натрію у води є продукти вивітрювання вивержених порід (гранітів) [7]. У басейні Десни корінні породи Українського кристалічного щита залягають глибоко, тому середня кількість за досліджуваний період концентрація іонів натрію Na⁺ невелика і змінювалась від 16 мг/дм³ (м. Чернігів) до 25 мг/дм³ (с. Літки) у водах Десни, у водах приток – 13 мг/дм³ (річки Головесня і Снов) та 23 мг/дм³ – р. Сейм (табл. 2).

На рис. 2 наведено багаторічну динаміку середніх річних величин мінералізації вод в річках суббасейну Десни. При цьому виявлені направлені тенденції до збільшення суми іонів за досліджуваний період, причому більш виражені вони для основних річок території – Десна і Сейм. В окремі роки підвищена мінералізація води річок спостерігалася у 1992 р. і у період з 2004 р. коли вона досягала у водах Десни 384-410 мг/дм³, а на притоках Сеймі і Головесні – до 474-500 мг/дм³. Дещо нижча мінералізація вод р. Снов – до 324-329 мг/дм³.

Для аналізу зміни хімічного стану води суббасейну Середнього Дніпра використовувались дані 18 постів, для яких у табл. 3 наведені середні значення загальної мінералізації та вмісту головних іонів за період 1990-2015 рр. Як показав аналіз, ці характеристики якості води дещо відрізняються для правобережної і лівобережної частин суббасейну Середнього Дніпра.

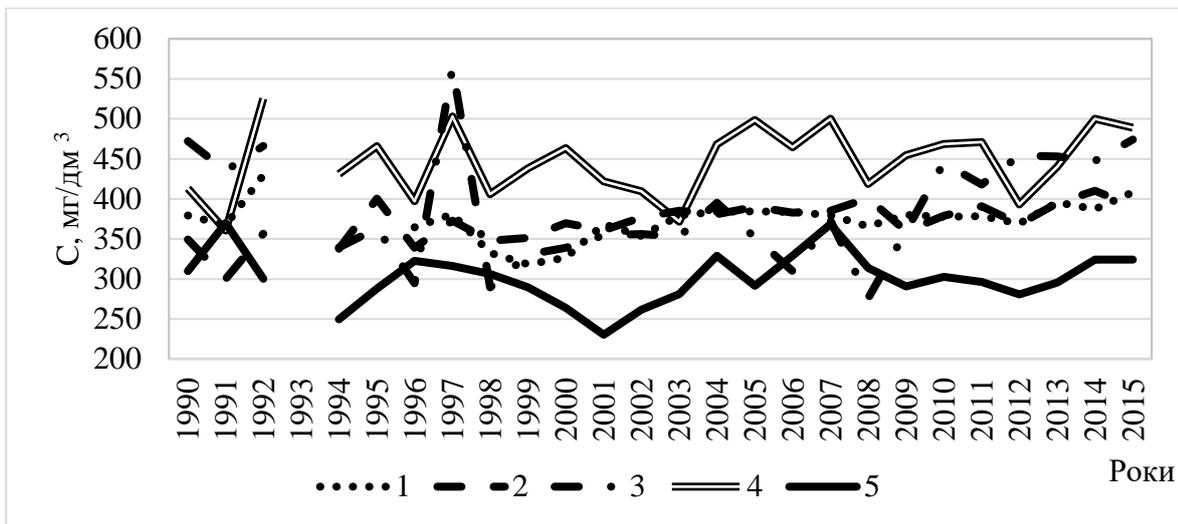


Рис. 2. Хронологічний графік середніх річних значень мінералізації річкових вод суббасейну р. Десна за 1990-2015 рр. (1 – р. Десна – м. Чернігів; 2 – р. Десна – с. Літки; 3 – р. Головесня – с. Покошичі; 4 – р. Сейм – с. Мутин; 5 – р. Снов – с. Щорс)

Для аналізу зміни хімічного стану води суббасейну Середнього Дніпра використовувались дані 18 постів, для яких у табл. 3 наведені середні значення загальної мінералізації та вмісту головних іонів за період 1990-2015 рр. Як показав аналіз, ці характеристики якості води дещо відрізняються для правобережної і лівобережної частин суббасейну Середнього Дніпра.

Таблиця 3. Вміст головних іонів та загальна мінералізація річкових суббасейну Середнього Дніпра за 1990-2015 рр., мг/дм³

| № за/п | Річка-пост | HCO ₃ ⁻ | SO ₄ ²⁻ | Cl ⁻ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | Загальна мінералізація |
|----------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------|------------------------|
| Правобережні притоки | | | | | | | | |
| 1 | Тетерів – м.Житомир | 225 | 33 | 37 | 60 | 17 | 23 | 400 |
| 2 | Тетерів – смт Іванків | 219 | 30 | 35 | 57 | 16 | 24 | 386 |
| 3 | Ірпінь – смт Гостомель | 274 | 39 | 40 | 75 | 18 | 26 | 477 |
| 4 | Рось – м.Корсунь-Шевченківський | 320 | 31 | 37 | 65 | 27 | 35 | 521 |
| 5 | Тясмин – с.Велика Яблунівка | 391 | 51 | 57 | 74 | 31 | 82 | 696 |
| Лівобережні притоки | | | | | | | | |
| 6 | Трубіж – смт Баришівка | 378 | 32 | 36 | 85 | 26 | 40 | 604 |
| 7 | Трубіж – м.Переяслав-Хмельницький | 387 | 32 | 33 | 85 | 26 | 43 | 612 |
| 8 | Недра – м.Березань | 385 | 23 | 20 | 85 | 24 | 29 | 569 |
| 9 | Сула – м.Лубни | 383 | 100 | 100 | 88 | 30 | 110 | 805 |
| 10 | Удай – м.Прилуки | 425 | 94 | 100 | 98 | 30 | 108 | 856 |
| 11 | Псел – м.Суми | 325 | 103 | 79 | 91 | 20 | 80 | 689 |
| 12 | Псел – м.Гадяч | 348 | 98 | 92 | 94 | 21 | 97 | 747 |
| 13 | Псел – с.Запсілля | 335 | 97 | 83 | 90 | 22 | 90 | 717 |
| 14 | Хорол – м.Миргород | 396 | 134 | 114 | 101 | 32 | 124 | 901 |
| 15 | Ворскла – с.Чернеччина | 352 | 97 | 87 | 91 | 24 | 95 | 743 |
| 16 | Ворскла – м.Кобеляки | 351 | 115 | 93 | 90 | 25 | 110 | 779 |
| 17 | Мерло – м.Богодухів | 363 | 94 | 85 | 84 | 25 | 104 | 753 |
| 18 | Ромен – м.Ромни | 413 | 104 | 104 | 100 | 34 | 106 | 862 |

На величини мінералізації поверхневих вод та вмісту головних іонів поряд з іншими чинниками, значно впливає мінералізація та склад підземних вод. Так, в басейнах правобережних приток Росі і Тясмина дренуються підземні води гідрокарбонатно-кальцієвого складу з мінералізацією до 1 г/дм³. В нижній лівобережній частині басейну, між річками Сулою, Псллом і Ворсклою зустрічаються ґрунтові води дуже різноманітного складу – гідрокарбонатно-кальцієві з мінералізацією (до 1 г/дм³), а також сульфатно-кальцієві, сульфатно-натрієві, подекуди хлоридно-сульфатні (з мінералізацією більше 3 г/ дм³) [13].

При цьому, значення загальної мінералізації за багаторічний період для правобережних приток Середнього Дніпра коливались від 386 мг/дм³ (р. Тетерів – смт Іванків) до 696 мг/дм³ (р. Тясмин – с. Велика Яблунівка), збільшуючись вниз за течією. В межах лівобережних приток мінералізація була вищою і змінювалась від 569 мг/дм³ (в районі створу р. Недра – м. Березань) до 901 мг/дм³ (р. Хорол – м. Миргород) (табл. 3).

Динаміка середньорічних величин мінералізації по правобережних і лівобережних створах спостережень в межах Середнього Дніпра за період 1990-2015 рр. представлена на рис. 3. Як для правобережних, так й лівобережних приток, зміна коливань мінералізації зберігається і майже синхронна в межах всіх створів на протязі періоду спостережень. Часові тренди загальної мінералізації в цієї частині басейну Дніпра слабо виражені.

Для правобережної частини Середнього Дніпра найбільші середньорічні значення мінералізації на протязі всього періоду спостережень притаманні водам басейну р.Тясмин (до величин 928 мг/дм³ в 1994 р. і 736 мг/дм³ – 2015 р.), а найменші – водам р. Тетерів (найменше значення 283 мг/дм³ у 2005 р.).

Серед приток лівобережної частини Середнього Дніпра найменші середньорічні показники мінералізації характерні для створів, що знаходяться вище впадіння в Дніпро річки Сула. Так, в двох створах, розташованих на р. Трубеж мінералізація води була в межах 500-600 мг/дм³. Такі ж значення суми іонів характерні і для створу р. Недра – м. Березань. Вниз за течією значення концентрацій води поступово збільшуються. Найбільші середньорічні показники мінералізації характерні для річок Хорол, Удай, Ромен, в деякі роки – і для річки Сула (рис.3б). Так, в створах р. Сула - м. Лубни, р. Удай – м. Прилуки та р. Ромен – м. Ромни спостерігались значення мінералізації води навіть вище нормативу ГДК для прісних вод і складала в різні роки від 1011 до 1160 мг/дм³ (1992, 1996, 1997, 2009, 2015 рр.).

В суббасейні Середнього Дніпра, як і на більшій частині території басейну Дніпра, переважають помірно мінералізовані гідрокарбонатні річкові води [13]. У воді лівобережних приток р.Дніпро міститься підвищена кількість карбонатів і гідрокарбонатів натрію та магнію (гирлові ділянки річок Сули і Ворскли). Ґрунтовий покрив північної частини лівобережного Дніпра на північ від лінії Переяслав-Прилуки засолений гідрокарбонатами, південної – сульфатами і хлоридами [13], що зумовлює особливості хімічного складу води даних річок.

Так, за багаторічний період середня концентрація іонів НСО₃⁻ для правобережних приток становила 285 мг/дм³ (табл. 3), коливаючись у межах від 219 мг/дм³ (р. Тетерів – смт Іванків) до 391 мг/дм³ (р. Тясмин – с. Велика Яблунівка). Значення гідрокарбонатних іонів в межах лівобережної частини Середнього Дніпра збільшуються по відношенню до правобережних і в середньому за багаторічний період складають 372 мг/дм³.

Іони хлору Сl⁻ більш характерні для вод лівобережних приток Середнього Дніпра (табл. 3) і, як видно, різко зростають після впадіння р.Сула. За середніми багаторічними значеннями періоду 1990-2015 рр. концентрації іонів Сl⁻ коливались

від 20 мг/дм³ (р. Недра - м. Березань) до 114 мг/дм³ в районі міста Миргород (р. Хорол) (табл.3). В водах правобережних приток концентрації хлоридів змінювались у незначних межах: від 35-37 мг/дм³ (р. Тетерів та р. Рось) до 57 мг/дм³ (р. Тясмин).

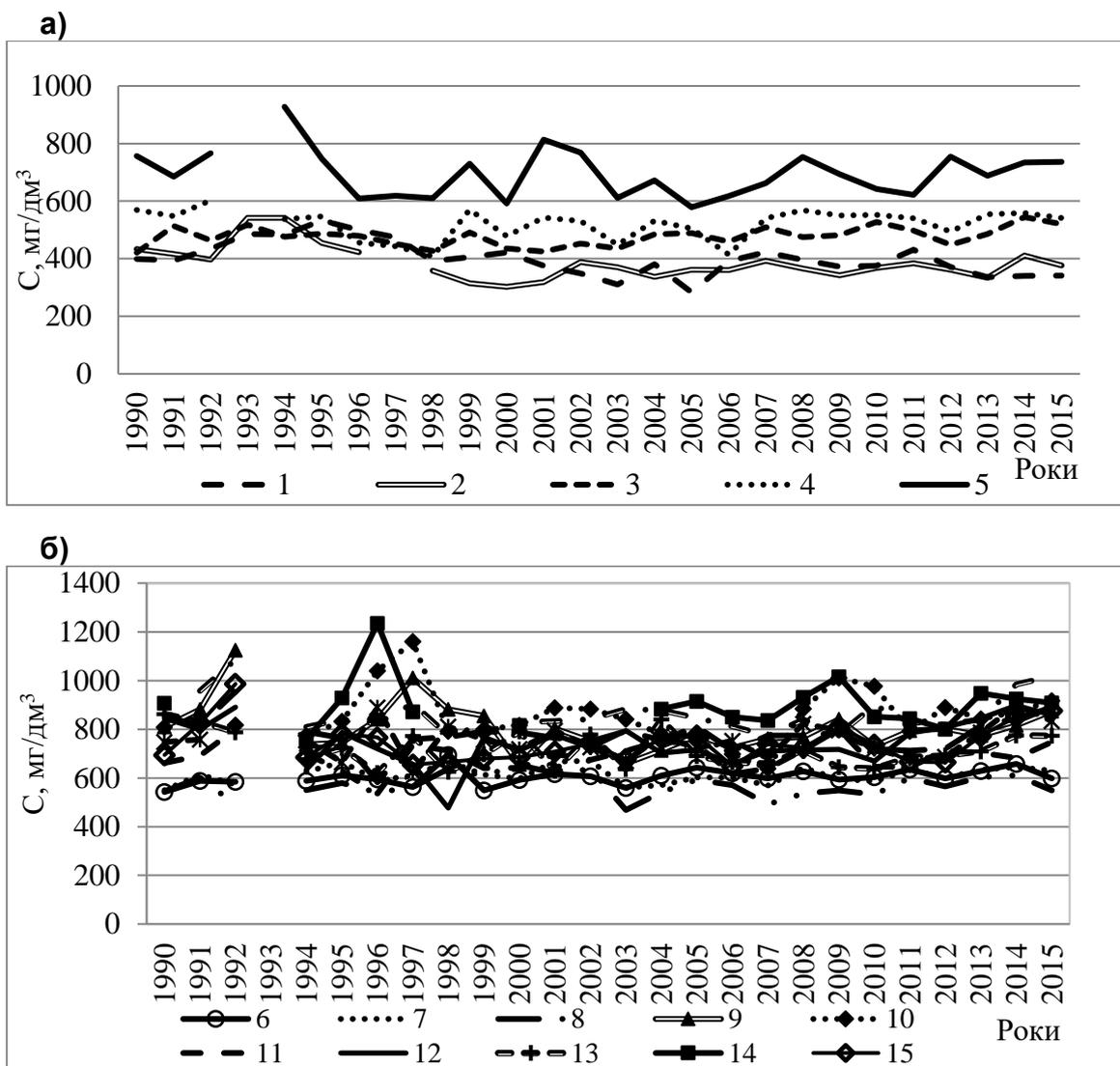


Рис. 3. Хронологічний графік середніх річних значень мінералізації річкових вод суббасейну Середнього Дніпра за 1990-2015 рр.

а) правобережні притоки (1- р. Тетерів – м. Житомир; 2 - р. Тетерів – смт Іванків; 3 – р. Ірпінь – смт Гостомель; 4 – р. Рось – м. Корсунь-Шевченківський; 5 – р. Тясмин – с. Велика Яблунівка);

б) лівобережні притоки (6 – р. Трубіж – смт Баришівка; 7 – р. Трубіж – м. Переяслав-Хмельницький; 8 – р. Недра – м. Березань; 9 – р. Сула – м. Лубни; 10 – р. Удай – м. Прилуки; 11 – р. Псел – м. Суми; 12 – р. Псел – м. Гадяч; 13 – р. Псел – с. Запсілля; 14 - р. Хорол – м. Миргород; 15 – р. Ворскла – с. Чернеччина; 16 – р. Ворскла – м. Кобеляки; 17 – р. Мерло – м. Богодухів; 18 – р. Ромен – м. Ромни)

Стосовно сульфатних іонів SO_4^{2-} можна відзначити, що підвищені показники концентрацій в основному притаманні річкам лівобережжя Середнього Дніпра. Після впадіння р. Сула в Дніпро кількість іонів SO_4^{2-} (як і хлоридів) в воді річок починає збільшуватись вниз за течією. Межі цих коливань становлять від 23 мг/дм³ (р. Недра – м. Березань) до 134 мг/дм³ (р. Хорол – м. Миргород). Концентрації

сульфатів в річках правої частини Середнього Дніпра змінювались від 30-33 мг/дм³ (в воді р. Тетерів) до 51 мг/дм³ (в воді р. Тясмин).

Характеристика якості води за катіонним складом різниться в межах правобережної та лівобережної частин Середнього Дніпра. Для правобережних приток характерні іони кальцію, значення яких коливаються від 57 мг/дм³ (р. Тетерів – смт Іванків) до 74-75 мг/дм³ (р. Ірпінь – смт Гостомель та р. Тясмин – с. Велика Яблунівка). Кількість іонів магнію та натрію незначна по відношенню до іонів Ca²⁺ і знаходиться відповідно у межах: 16-17 мг/дм³ в воді р. Тетерів – 31мг/дм³ в районі села Велика Яблунівка та 23 мг/дм³ (р. Тетерів - м. Житомир) - 82мг/дм³ (р. Тясмин – с. Велика Яблунівка).

Для лівобережних приток характерна значна кількість іонів кальцію і збільшення іонів натрію за течією. З табл. 3 видно, що концентрація кальцію в межах обох створів на р. Трубіж становить 85 мг/дм³, збільшуючись до 100 мг/дм³ та 101 мг/дм³ відповідно в створах Ромен - м. Ромни та р. Хорол – м. Миргород. Середньобаторічні значення іонів магнію практично однакові в межах всіх створів і коливаються від 20 до 34 мг/дм³. Стосовно іонів натрію можна зазначити, що інтервал зміни параметру достатньо широкий: від 29 мг/дм³ (р. Недра – м. Березань) до 124 мг/дм³ (р. Хорол – м. Миргород).

Для характеристики гідрохімічного режиму суббасейну Нижнього Дніпра досліджувався гідрохімічний склад річок в його басейні: Мокра Московка – м. Запоріжжя, Інгулець - м. Кривий Ріг, Інгулець – с. Садове, Вовча - смт Васильківка та р. Солоня - с. Новопавлівка (табл.4).

Таблиця 4. Вміст головних іонів та загальна мінералізація річкових вод суббасейну Нижнього Дніпра за 1990-2015 рр., мг/дм³

| № за/п | Річка-пост | HCO ₃ ⁻ | SO ₄ ²⁻ | Cl ⁻ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | Загальна мінералізація |
|--------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------|------------------------|
| 1 | Мокра Московка – м. Запоріжжя | 331 | 386 | 281 | 192 | 75 | 167 | 1432 |
| 2 | Інгулець – м.Кривий Ріг | 251 | 273 | 144 | 141 | 79 | 126 | 968 |
| 3 | Інгулець – с. Садове | 171 | 48 | 40 | 47 | 20 | 25 | 371 |
| 4 | Вовча – смт Васильківка | 304 | 1401 | 508 | 260 | 125 | 589 | 3292 |
| 5 | Солоня –с.Новопавлівка | 341 | 1459 | 448 | 265 | 152 | 560 | 3325 |

Хімічний склад поверхневих вод Нижнього Дніпра тісно пов'язаний із особливостями природних умов цієї території. Зі зменшенням кількості атмосферних опадів та підвищенням температури повітря відбувається зміна ґрунтового покриву з дерново-підзолистих ґрунтів на високопродуктивні чорноземи, які мають у своєму складі великий природний вміст добре розчинних сульфатів і хлоридів натрію, магнію, кальцію. Крайня південна частина басейну Дніпра, що розташована в межах Причорноморського артезіанського басейну, відзначається й різноманітними умовами формування підземних вод. Якісний склад підземних вод даної частини басейну Дніпра вельми строкатий, що обумовлено приуроченістю до зони недостатнього зволоження з жарким посушливим кліматом, невитриманістю літолого-фаціального складу водовміщуючих порід і недостатньою захищеністю від поверхневого забруднення.

Особливістю досліджуваних річок є висока загальна мінералізація води – >1000 мг/дм³ та її невисока річна мінливість, що пов'язане з розчиненням під час весняного водопілля солей, накопичених у верхньому шарі ґрунтів у зоні аерації [31, 22]. Висока мінералізація води також обумовлена антропогенним фактором.

Найбільший внесок у техногенне забруднення річок вносять індустриальні міста Кривий Ріг, Дніпро, Запоріжжя, Павлоград від скидів високомінералізованих забруднених промислових стоків підприємств, які обслуговують гірничо-видобувну, металургійну та хімічну промисловість. Високий вміст сухого залишку, хлоридів і сульфатів спостерігається по всій течії річок [44]. Найкращою якістю відрізняються води пригирлової ділянки р. Інгулець, що знаходяться в підпорі дніпровських вод.

Мінералізація води в середньому за 1990-2015 рр. змінювалася від 371 мг/дм³ в пункті р. Інгулець – с. Садове до 3325 мг/дм³ в пункті р. Солоня – с. Новопавлівка (табл. 4). Дещо нижча вона у водах р. Мокра Московка, яка в середньому за 1990-2015 рр. становила 1432 мг/дм³, що за класифікацією О.О. Алекіна відносить води до солонуватих [8]. Динаміка середніх річних величин мінералізації показана на рис.4.

Так, рис.4 показує, що на річках Вовча і Солоня за розглядуваний період в часових рядах загальної мінералізації спостерігається стала тенденція до зростання. Наприклад, середня річна мінералізація води р. Вовча змінювалася в межах від 2602 мг/дм³ у 1996 р. до 4004 мг/дм³ у 2015 р., високі значення мінералізації води спостерігалися також у 2005, 2007, 2013 рр. Зазначені зміни мінералізації води відбувалися при постійному зростанні вмісту іонів легкорозчинних солей, зокрема SO₄²⁻, Cl⁻ та Na+K.

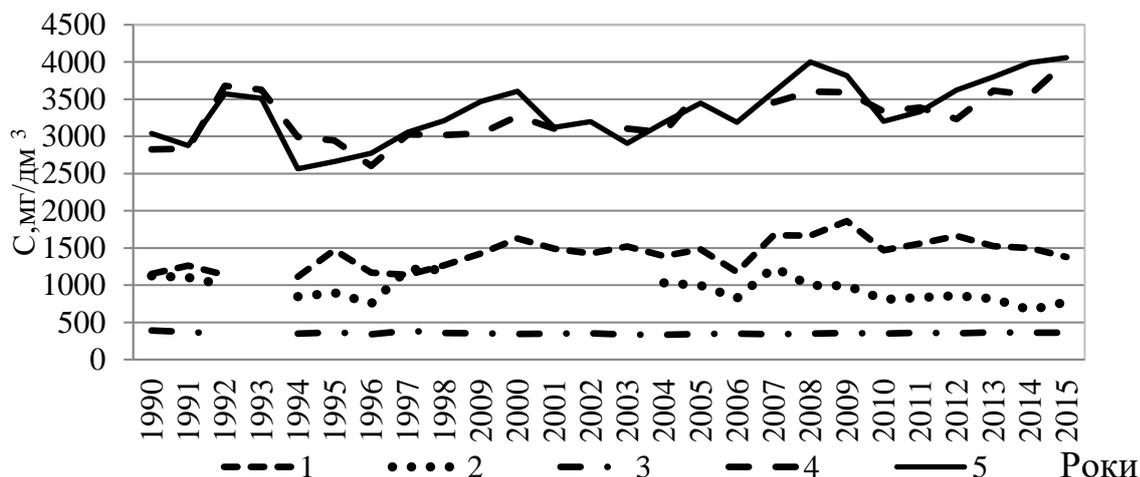


Рис. 4. Хронологічний графік середніх річних значень мінералізації річкових вод суббасейну Нижнього Дніпра за 1990-2015 рр. (1 – р. Мокра Московка – м. Запоріжжя; 2 – р. Інгулець – м. Кривий Ріг; 3 – р. Інгулець – с. Садове; 4 - р. Вовча – смт Васильківка; 5 – р. Солоня – с. Новопавлівка)

На інших річках території направлені тренди слабо виражені. Так, мінералізація води р. Інгулець зростає у міру віддалення від витоків річки (у верхній і середній частині) з одночасною зміною і іонного складу [23, 30]. В нижній частині басейну хімічний склад р. Інгулець формується під впливом дніпровських вод, що надходять анти рікою на 75 км вверх по руслу. Внаслідок цього мінералізація води в нижній течії р. Інгулець знижується до величин, що характерні для дніпровської води. При цьому в межах одного басейну, середні значення мінералізації вод змінюються від 968 мг/дм³ в пункті м. Кривий Ріг до їх найменших величин – 371 мг/дм³ (в пункті с. Садове), де направлених змін за заданий відрізок часу немає.

Всі вище зазначені фактори впливають не тільки на загальну мінералізацію досліджуваних річок, але й на зміну хімічного складу поверхневих вод з гідрокарбонатно-кальцієвого типу на сульфатно-натрієвий, а в окремих випадках – на хлоридно-натрієвий тип.

Найбільший вплив на формування хімічного складу води в річках Нижнього Дніпра мають сульфатні іони. Високий вміст сульфатних іонів у досліджуваних річках зумовлений природними властивостями ґрунтів та зв'язком поверхневих вод з високомінералізованими ґрунтовими водами, значним антропогенним впливом [14, 26].

Найбільша кількість сульфатних іонів SO_4^{2-} за розглядуваний багаторічний період досліджень спостерігається в рр. Солона та Вовча 1459 мг/дм^3 та 1401 мг/дм^3 відповідно (табл. 4), що пов'язано, в першу чергу, з живленням цих річок ґрунтовими водами сульфатно-натрієвого та хлоридно-сульфатно-натрієвого складу із загальною мінералізацією до $3-10 \text{ г/дм}^3$. Значно нижча кількість сульфатних іонів SO_4^{2-} за період досліджень спостерігалася у воді Мокрої Московки – 386 мг/дм^3 (м. Запоріжжя) та у воді Інгульця – 273 мг/дм^3 (м. Кривий Ріг) з найнижчими показниками до 48 мг/дм^3 (с. Садове) (табл. 4).

Значною кількістю хлоридних іонів характеризуються річкові води Нижнього Дніпра. Основними джерелами надходження хлоридних іонів у природні води є хлористі мінерали (галій NaCl , сильвін KCl тощо) з гірських порід та ґрунтів, атмосферні опади, промислові та господарсько-побутові стічні води. Значне збільшення хлоридних іонів в досліджуваному районі зумовлюється антропогенним впливом на іонний склад води у місцях скидів промислових та комунально-побутових стоків, що проявляється у різкому збільшенні концентрації хлоридів та сульфатів [23, 32].

Найбільші концентрації хлоридних іонів Cl^- за 1990-2015 рр. відзначалися у водах р. Вовча (сmt Васильківка) – 508 мг/дм^3 та 448 мг/дм^3 у її притоці Солоній (с. Новопавлівка) (табл. 4). Значно нижчі концентрації хлоридних іонів Cl^- відзначалися у водах Мокрої Московки 281 мг/дм^3 та Інгульця в створах: м.Кривий Ріг – 144 мг/дм^3 , с.Садове – 40 мг/дм^3 (табл. 4).

При характеристиці середньої багаторічної кількості іонів HCO_3^- слід зауважити, що ці показники за територією басейну змінюються незначно. Найбільша їх кількість спостерігається у водах р. Солона - с. Новопавлівка (341 мг/дм^3) та р. Мокра Московка - м. Запоріжжя (331 мг/дм^3) (табл. 4), а найменші у водах Інгульця – 251 мг/дм^3 (м. Кривий Ріг) і 171 мг/дм^3 (с. Садове).

В катіонному складі звертають на себе увагу високі концентрації іонів натрію. Так, за досліджуваний період у р. Вовча - сmt Васильківка середня багаторічна кількість іонів натрію Na^+ складала 589 мг/дм^3 , а в р.Солона - с. Новопавлівка – 560 мг/дм^3 (табл. 4). Це пов'язано з тим, що у живленні річок Вовча, Солона беруть участь ґрунтові води сульфатно-кальцієвого і сульфатно-натрієвого складу [13, 32]. Концентрацій іонів Ca^{2+} у водах цих річок теж мають найвищі значення – 265 мг/дм^3 у пункті р. Солона - с. Новопавлівка та 260 мг/дм^3 р. Вовча - сmt Васильківка.

Дещо менше середня багаторічна концентрація іонів натрію Na^+ спостерігалася у водах річок Мокра Московка (м. Запоріжжя – 167 мг/дм^3) та Інгулець (м. Кривий Ріг - 126 мг/дм^3), знижуючись до 25 мг/дм^3 в пункті Інгулець – с. Садове. Такі показники є результатом впливу шахтних та кар'єрних вод (у верхній і середній течії Інгульця), що мають хлоридно-натрієвий склад [24,34]. Щодо середньо багаторічних концентрацій іонів Ca^{2+} , то у водах річки Мокра Московка – м. Запоріжжя то вони становили 192 мг/дм^3 та 141 мг/дм^3 у водах р. Інгулець - Кривий Ріг (табл. 4). У нижній ділянці річки Інгулець (с. Садове) концентрації іонів Ca^{2+} мінімальні і складала 47 мг/дм^3 .

Вміст магнію у річкових водах у цілому значно менший, ніж кальцію. Змінюючись від найбільших значень, що зафіксовані у пункті р. Солона -с. Новопавлівка – 152 мг/дм^3 та р. Вовча - сmt Васильківка - 125 мг/дм^3 , вони зменшувались до 79 мг/дм^3 у пункті р. Інгулець - Кривий Ріг та 75 мг/дм^3 у р. Мокра

Московка, з найменшими значеннями у пункті р. Інгулець - с. Садове (20 мг/дм³), що відповідає за хімічним складом дніпровській воді.

Висновки. Проведені дослідження гідрохімічного режиму річок басейну Дніпра (в межах України) за багаторічний період спостережень (1990-2015 рр.) показали, що загальна мінералізація та вміст головних іонів відображають зміну фізико-географічних та кліматичних умов у басейні Дніпра.

На більшості річок басейну Дніпра відзначені періодичні коливання мінералізації води та концентрації головних іонів від деяких середніх значень за досліджуваний період. Найбільш виражені направлені тенденції до підвищення загальної мінералізації вод річок суббасейнів Прип'яті і Десни, на річках Середнього і Нижнього Дніпра вони проявляються дещо менше.

Середня мінералізація найменша у суббасейнах Прип'яті та Десни і коливається від 237 мг/дм³ (р. Уж, що протікає в межах Прип'ятського прогину) до 301-370 мг/дм³ (Десна з притокою Снов) та 402-442 мг/дм³ у воді верхніх правобережних приток Прип'яті (річки Тур'я, Стир, Случ, що протікають по Волино-Подільському плато) і 447 мг/дм³ (Сейм). Досліджувані річки Західного і Східного Полісся протікають у товщі осадових порід верхньо-крейдової і третинної систем із включенням у них потужних водоносних горизонтів. Води мергельно-крейдових відкладів сприяють збагаченню вод річок гідрокарбонатами кальцію і магнію. Переважаючий клас вод у суббасейнах Прип'яті та Десни гідрокарбонатний кальцієвий і гідрокарбонатний кальцієво – магнієвий.

У суббасейні Середнього Дніпра виділяють дві основні геоморфологічні області: правобережну підвищену рівнинну та лівобережну підвищену рівнинну. На правобережжі у басейнах річок Тетерев та Ірпінь (південні райони Центрального Полісся) води мають найменшу мінералізацію – 386-477 мг/дм³ (рр. Тетерів, Ірпінь), домінують гідрокарбонатні іони та іони кальцію

Річки середньої правобережної частини суббасейну Рось і Тясмін, що дренують підземні води гідрокарбонатно-кальцієвого складу з мінералізацією до 1 г/дм³, мають більшу середню мінералізацію за багаторіччя - 521 та 695 мг/дм³ відповідно у пунктах Корсунь-Шевченківський і Велика Яблунівка. Тут переважають гідрокарбонатні іони та іони кальцію, клас вод – гідрокарбонатний групи кальцію. Найбільші значення мінералізації води на посту Тясмин - с. Велика Яблунівка спостерігаються через солонцюваті включення у ґрунтах в долині річки.

Води лівобережних приток Середнього Дніпра – Трубежу, Недри мають середні за досліджуваний період величини мінералізації 604-612 мг/дм³ (р. Трубіж в пунктах смт Баришівка та м. Переяслав-Хмельницький відповідно) і 569 мг/дм³ (р. Недра – м. Березань). В іонному складі переважають гідрокарбонатні іони, кількість іонів кальцію зменшується за рахунок збільшення концентрацій магнію і натрію.

У нижній частині Середнього Дніпра в долинах лівобережних приток – річок Сули, Псла і Ворскли ґрунтовий покрив містить підвищену кількість сульфатів і хлоридів, ґрунтові води змінюються від гідрокарбонатно-кальцієвих до сульфатно-калієвих, сульфатно-натрієвих з підвищеною мінералізацією. Такі природні умови відображаються на середньорічних значеннях мінералізації – у водах басейну Сули вони становлять 805-856 мг/дм³, у басейні Псла – 689-901 мг/дм³, у басейні Ворскли – 743-779 мг/дм³, переважають гідрокарбонатні іони, іони кальцію, у воді має місце підвищений вміст натрію, тому води належать до гідрокарбонатного класу групи кальцію-натрію.

У суббасейні Нижнього Дніпра у живленні річок Вовча, Солона беруть участь ґрунтові води сульфатно-кальцієвого і сульфатно-натрієвого складу, а також води хлоридно-сульфатно-натрієвого складу із загальною мінералізацією 3-10 г/дм³, тому сума іонів у цих річках досягає значень 3292-3325 мг/дм³, і води мають

сульфатно-хлоридний натрієво-калієво-кальцієвий тип (у р. Вовча) та сульфатно-хлоридний зі змішаним катіонним складом (у р. Солоня).

Води р. Інгулець зазнають значного антропогенного впливу та дрениються ґрунтовими водами із мінералізацією 3-10 г/дм³, в яких яскраво виражена перевага натрію, сульфатів і хлоридів. Мінералізація води р. Інгулець в середньому за 1990-2015 рр. зменшується вниз за течією (в середньому від 968 мг/дм³ в пункті м. Кривий Ріг до 371 мг/дм³ в пункті с. Садове), що визначається впливом дніпровських вод. Хімічний тип вод сульфатно-гідрокарбонатно-хлоридний зі змішаним катіонним складом у пункті м. Кривий Ріг та гідрокарбонатно-хлоридний зі змішаним катіонним складом у пункті с. Садове.

Список літератури

1. Паламарчук М.М., Загорчевна Н.Б. Водний фонд України / за ред. В.М. Хорєва, К.А. Алієва. К.: Ніка-Центр, 2001. 392 с.
2. Вишневецький В.І. Ріка Дніпро. К.: Інтерпрес ЛТД, 2011. 384 с.
3. Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС. Основні терміни та їх визначення. К., 2006. 240 с.
4. Методики гідрографічного та водогосподарського районування території України відповідно до вимог Водної Рамкової Директиви Європейського Союзу / В.В. Гребінь, В.Б. Мокін, В.А. Сташук, В.К. Хільчевський, М.В. Яцюк, О.В. Чунарьов, Є.М. Крижановський, В.С. Бабчук, О.Є. Ярошевич. К.: Інтерпрес, 2013. 55 с.
5. Наказ від 03.03.2017 №103 «Про затвердження меж районів річкових басейнів, суббасейнів та водогосподарських ділянок» URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0421-17>.
6. Закон України «Про затвердження загальнодержавної цільової програми розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро на період до 2021 року» (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2013, № 17, ст.146) URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/4836-17>.
7. Хільчевський В.К., Осадчий В.І., Курило С.М. Основи гідрохімії. К.: Ніка-Центр, 2012. 312 с.
8. Алекин О.А. Основы гидрохимии. Ленинград: Гидрометиздат, 1970. 444 с.
9. Денисова А.И. Формирование гидрохимического режима водохранилищ Днепра и методы его прогнозирования. К.: Наукова думка, 1979. 220 с.
10. Гидрология и гидрохимия Днепра и его водохранилищ / А.И. Денисова, В.М. Тимченко, Е.П. Нахшина и др. К.: Наукова думка, 1989. 210 с.
11. Пелешенко В.И. Оценка взаимосвязи химического состава различных типов природных вод. К.: Вища школа, 1975. 168 с.
12. Гидрохимическое картирование с применением вероятностно-статистических методов / Л.Н. Горев, Д.В. Закревский, А.А. Косовец и др. / под общ. ред. В.И. Пелешенко. К.: Вища школа, 1979. 100 с.
13. Горев Л.М., Пелешенко В.І., Хильчевский В.К. Гідрохімія України. К.: Вища школа, 1995. 307 с.
14. Khil'chevskii V.K., Khil'chevskii R.V., Gorokhovskaya M.S. Environmental aspects of chemical substance discharge with river flow into water bodies of the Dnieper River basin. Water Resources. 1999. 26(4). P. 453–458.
15. Хильчевський В.К. Агрогідрохімія. К.: ВПЦ “Київський університет”, 1995. 162 с.
16. Хильчевський В.К. Роль агрохімічних засобів у формуванні якості вод басейну Дніпра. К.: ВПЦ “Київський університет”, 1996. 222 с.
17. Khil'chevskiy V.K. Effect of agricultural production on the chemistry of natural waters: a survey. Hydrobiological Journal. 1994. 30(1). P. 82–93.
18. Хильчевський В.К. До питання про класифікацію природних вод за мінералізацією. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2003. Т. 5. С. 11-18.
19. Гідролого-гідрохімічна характеристика мінімального стоку річок басейну Дніпра / В.К. Хильчевський, І.М. Ромась, М.І. Ромась та ін. / за ред. В.К. Хильчевського. К.: Ніка-Центр, 2007. 184 с.
20. Гідроекологічний стан басейну річки Рось / В.К. Хильчевський, С.М. Курило, С.С. Дубняк та ін. / за ред. В.К. Хильчевського. К.: Ніка-Центр, 2009. 116 с.
21. Польові та лабораторні дослідження хімічного складу води річки Рось / В.К. Хильчевський, В.М. Савицький, Л.А. Красова та ін. / за ред. В.К. Хильчевського. Київ. ВПЦ «Київський університет», 2012. 143 с.
22. Гідроекологічний стан басейну Горині в районі Хмельницької АЕС / В.К. Хильчевський, М.І. Ромась, О.В. Чунарьов та ін. / за ред. В.К. Хильчевського. К.: Ніка-центр, 2011. 176 с.
23. Хильчевський В.К., Кравчинський Р.Л., Чунарьов О.В. Гідрохімічний режим та якість води Інгульця в умовах техногенезу. К.: Ніка-Центр, 2012. 180 с.
24. Гідрохімія річок Лівобережного лісостепу України / В.К. Хильчевський, О.О. Винарчук, О.М. Гончар та ін. / за ред. В.К. Хильчевського та В.А. Сташука. К.: Ніка-

Центр, 2014. 230 с. **25.** Хільчевський В.К., Маринич В.В., Савицький В.М. Порівняльна оцінка якості річкових вод басейну Дніпра. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2002. Т. 4. С. 126-128. **26.** Хільчевський В.К., Руденко Р.В., Курило С.М. Трансформація хімічного складу води річок басейну Дніпра. Водне господарство України. 2006. № 3. С. 40-49. **27.** Сніжко С.І. Теорія і методи аналізу регіональних гідрохімічних систем. К.: Ніка-Центр, 2006. 284 с. **28.** Гідрохімія та радіогеохімія річок і боліт Житомирської області / С.І. Сніжко, О.О. Орлов, Д.В. Закревський та ін. Житомир: Волинь, 2002. 264 с. **29.** Khilchevskiy V.K., Kurylo S.M., Sherstyuk N.P. Chemical composition of different types of natural waters in Ukraine. Journal of Geology, Geography and Geocology. 2018. 27 (1). P. 68-80. Retrieved from <https://doi.org/10.15421/111832>. **30.** Осадчий В.І. Гідрологічні чинники формування хімічного складу поверхневих вод. Наук. праці УкрНДГМІ. 2013. Вип. 265. С. 54-65. **31.** Процеси формування хімічного складу поверхневих вод / В.І. Осадчий, Б.Й. Набиванець, П.М. Линник та ін. К.: Ніка-Центр, 2013. 240 с. **32.** Осадчий В.І. Ресурси та якість поверхневих вод України в умовах антропогенного навантаження та кліматичних змін. Вісник НАН України. 2017. № 8. С. 29-45. **33.** Шерстюк Н.П., Хільчевський В.К. Особливості гідрохімічних процесів у техногенних та природних водних об'єктах Кривбасу. Дніпропетровськ: Акцент, 2012. 263 с. **34.** Пилип'юк В.В., Лобода Н.С. Динаміка хімічного складу р. Псел та оцінка її якості. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2010. Т. 4(21). С. 125-134. **35.** Лобода Н.С., Пилип'юк В.В. Динаміка хімічного складу води по довжині р. Ворскла та оцінка її якості. Вісник Одеського державного екологічного університету. 2011. Вип. 11. С. 178-189. **36.** Лобода Н.С., Пилип'юк В.В. Оценка экологического состояния рек Псел и Ворскла по уровню использования вод в трансграничной зоне «Россия-Украина». Вісник Одеського державного екологічного університету. 2012. Вип. 14. С. 151-159. **37.** Лобода Н.С., Пилип'юк В.В. Зміни клімату та їх можливі наслідки у формуванні якості вод (на прикладі річок Псел та Ворскла). Вісник Одеського державного екологічного університету. 2017. Вип. 22. С. 2-11. **38.** Шахман І.О., Лобода Н.С. Оцінка якості води у створі р. Інгулець – м. Снігурівка за гідрохімічними показниками // Укр. гідрометеорол. журнал. 2016. №17. С. 2-14. **39.** Даус М.Є. Оцінка якості вод приток річки Прип'ять (української частини) для рибогосподарського використання. Вода: проблеми та шляхи вирішення. Зб. статей науково-практичної конференції із міжнародною участю, м. Рівне, 5-8 липня 2017 р. Житомир. Вид-во ЕЦ «Укрекобіокон». 2017. С. 89-94. **40.** Даус М.Є., Лобода Н.С., Дичеренко Ю.Л. Оцінка якості води річки Десна за комплексом гідрохімічних показників. Вісник Одеського державного екологічного університету. 2013. №16. С. 124-134. **41.** Даус М., Лужанська Д. Оцінка якості води припливів р. Десна за комплексом гідрохімічних показників. Матеріали XXVII Всеукраїнської наукової інтернет-конференції «Вітчизняна наука на зламі епох: проблеми та перспективи розвитку», 17 листопада 2016 р. Переяслав-Хмельницький. 2016. С. 37-42. **42.** Даус М.Є., Кликач Н.В. Оцінка якості води у басейні річки Сула у роки різної водності. Зб. Праць VI Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology – 2017), 20–22 вересня 2017. Вінниця. ВНТУ. 2017. С. 102. **43.** Алмазов А.М. Гидрохимия устьевых областей рек. К.: Изд-во АН УССР, 1962. 256 с. **44.** Харитонов М.М., Анісімова Л.Б. Екологічна оцінка якості поверхневих вод басейну річки Дніпро у Дніпропетровській області. Екологія і природокористування. 2013. Вип. 17. С.75-85.

References

1. Palamarchuk M.M., Zakorchevna N.B. Vodnyi fond Ukrainy / za red. V.M. Khorieva, K.A. Aliieva. K.: Nika-Tsentr, 2001. 392 s. **2.** Vyshnevskiy V.I. Rika Dnipro. K.: Interpres LTD, 2011. 384 s. **3.** Vodna Ramkova Dyrektyva YeS 2000/60/leS. Osnovni termyny ta yikh vyznachennia. K., 2006. 240 s. **4.** Metodyky hidrohrafichnoho ta vodohospodarskoho raionuvannia terytorii Ukrainy vidpovidno do vymoh Vodnoi Ramkovoї Dyrektyvy Yevropeiskoho Soiuzu / V.V. Hrebin, V.B. Mokin, V.A. Stashuk, V.K. Khilchevskiy, M.V. Yatsiuk, O.V. Chunarov, Ye.M. Kryzhanovskiy, V.S. Babchuk, O.Ie. Yaroshevych. K.: Interpres, 2013. 55 s. **5.** Nakaz vid 03.03.2017 №103 «Pro zatverdzhennia mezh raioniv richkovykh baseiniv, subbaseiniv ta vodohospodarskykh dilianok» [Elektronnyi resurs]. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0421-17>. **6.** Zakon Ukrainy «Pro zatverdzhennia zahalnodержavnoi tsilovoi prohramy rozvytku vodnoho hospodarstva ta

ekolohichnoho ozdorovlennia baseinu richky Dnipro na period do 2021 roku» (Vidomosti Verkhovnoi Rady (VVR), 2013, № 17, st.146) <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/4836-17>. **7.** *Khilchevskiy V.K., Osadchyi V.I., Kurylo S.M.* Osnovy hidrokhemii. K.: Nika-Tsentr, 2012. 312 s. **8.** *Alekyn O.A.* Основы гидрохимии. Ленинград: Hydrometizdat, 1970. 444 s. **9.** *Denysova A.Y.* Formirovaniye gidrokhimicheskogo rezhyma vodokhranylyshch Dnepra y metody eho prohozyrovaniya. K.: Naukova dumka, 1979. 220 s. **10.** *Hydrolohiya y hydrokhymyia Dnepra y eho vodokhranylyshch / A.Y. Denysova, V.M. Tymchenko, E.P. Nakhshyna y dr. K.: Naukova dumka, 1989. 210 s. 11. Peleshenko V.Y.* Otsenka vzaymosviazy khymicheskogo sostava razlychnykh tyrov pryrodnykh vod. K.: Vyshcha shkola, 1975. 168 s. **12.** *Hydrokhymicheskoe kartirovaniye s pryimeneniyem veroiatnostno-statystycheskykh metodov / L.N. Horev, D.V. Zakrevskiy, A.A. Kosovets y dr. / pod obshch. red. V.Y. Peleshenko. K.: Vyshcha shkola, 1979. 100 s. 13. Horiev L.M., Peleshenko V.I., Khilchevskiy V.K.* Hidrokhemiiia Ukrainy. K.: Vyshcha shkola, 1995. 307 s. **14.** *Khilchevskii V.K., Khilchevskii R.V., Gorokhovskaya M.S.* Environmental aspects of chemical substance discharge with river flow into water bodies of the Dnieper River basin. *Water Resources.* 1999. 26(4). P. 453–458. **15.** *Khilchevskiy V.K.* Ahrohidrokhimiiia. K.: VPTs "Kyivskiy universytet", 1995. 162 s. **16.** *Khilchevskiy V.K.* Rol ahrohkhimichnykh zasobiv u formuvanni yakosti vod baseinu Dnipra. K.: VPTs "Kyivskiy universytet", 1996. 222 s. **17.** *Khilchevskiy V.K.* Effect of agricultural production on the chemistry of natural waters: a survey. *Hydrobiological Journal.* 1994. 30(1). P. 82–93. **18.** *Khilchevskiy V.K.* Do pytannia pro klasyfikatsiiu pryrodnykh vod za mineralizatsiieiu. *Hidrolohiia, hidrokhemiiia i hidroekolohiia.* 2003. T. 5. S. 11-18. **19.** *Hidroloho-hidrokhemichna kharakterystyka minimalnogo stoku richok baseinu Dnipra / V.K. Khilchevskiy, I.M. Romas, M.I. Romas ta in. / za red. V.K. Khilchevskoho. K.: Nika-Tsentr, 2007. 184 s. 20. Hidroekolohichnyi stan baseinu richky Ros / V.K. Khilchevskiy, S.M. Kurylo, S.S. Dubniak ta in. / za red. V.K. Khilchevskoho. K.: Nika-Tsentr, 2009. 116 s. 21. Polovi ta laboratorni doslidzhennia khimichnoho skladu vody richky Ros / V.K. Khilchevskiy, V.M. Savytskyi, L.A. Krasova ta in. / Za red. V.K. Khilchevskoho. Kyiv. VPTs «Kyivskiy universytet», 2012. 143 s. 22. Hidroekolohichnyi stan baseinu Horyni v raioni Khmelnytskoi AES / V.K. Khilchevskiy, M.I. Romas, O.V. Chunarov ta in. / za red. V. K. Khilchevskoho. K.: Nika-tsentr, 2011. 176 s. 23. Khilchevskiy V.K., Kravchynskiy R.L., Chunarov O.V.* Hidrokhemichnyi rezhym ta yakist vody Inhultsia v umovakh tekhnohenezu. K.: Nika-Tsentr, 2012. 180 s. **24.** *Hidrokhemiiia richok Livoberezhnogo lisostepu Ukrainy / V.K. Khilchevskiy, O.O. Vynarchuk, O.M. Honchar ta in. / za red. V.K. Khilchevskoho ta V.A. Stashuka. K.: Nika-Tsentr, 2014. 230 s. 25. Khilchevskiy V.K., Marynych V.V., Savytskyi V.M.* Porivnialna otsinka yakosti richkovykh vod baseinu Dnipra. *Hidrolohiia, hidrokhemiiia i hidroekolohiia.* 2002. T. 4. S. 126-128. **26.** *Khilchevskiy V.K., Rudenko R.V., Kurylo S.M.* Transformatsiia khimichnoho skladu vody richok baseinu Dnipra. *Vodne gospodarstvo Ukrainy.* 2006. № 3. S. 40-49. **27.** *Snizhko S.I.* Teoriiia i metody analizu rehionalnykh hidrokhemichnykh system. K.: Nika-Tsentr, 2006. 284 s. **28.** *Hidrokhemiiia ta radioheokhemiiia richok i bolit Zhytomyrskoi oblasti / S.I. Snizhko, O.O. Orlov, D.V. Zakrevskiy ta in. Zhytomyr: Volyn, 2002. 264 s. 29. Khilchevskiy V.K., Kurylo S.M., Sherstyuk N.P.* Chemical composition of different types of natural waters in Ukraine. *Journal of Geology, Geography and Geoecology.* 2018. 27 (1). P. 68-80. Retrieved from <https://doi.org/10.15421/111832>. **30.** *Osadchyi V.I.* Hidrolohiichni chynnyky formuvannia khimichnoho skladu poverkhnevyykh vod. *Nauk. pratsi UkrNDHMI.* 2013. Vyp. 265. S. 54-65. **31.** *Protsesy formuvannia khimichnoho skladu poverkhnevyykh vod / V.I. Osadchyi, B.I. Nabyvanets, P.M. Lynnyk ta in. K.: Nika-Tsentr, 2013. 240 s. 32. Osadchyi V.I.* Resursy ta yakist poverkhnevyykh vod Ukrainy v umovakh antropohennoho navantazhennia ta klimatychnykh zmin. *Visnyk NAN Ukrainy.* 2017. № 8. S. 29-45. **33.** *Sherstiuk N.P., Khilchevskiy V.K.* Osoblyvosti hidrokhemichnykh protsesiv u tekhnohennykh ta pryrodnykh vodnykh ob'ektakh Kryvbasu. *Dnipropetrovsk: Aktsent, 2012. 263 s. 34. Pylypiuk V.V., Loboda N.S.* Dynamika khimichnoho skladu r. Psel ta otsinka yii yakosti. *Hidrolohiia, hidrokhemiiia i hidroekolohiia.* 2010. T. 4(21). S. 125-134. **35.** *Loboda N.S., Pylypiuk V.V.* Dynamika khimichnoho skladu vody po dovzhyni r. Vorskla ta otsinka yii yakosti. *Visnyk Odeskoho derzhavnogo ekolohichnoho universytetu.* 2011. Vyp. 11. S. 178-189. **36.** *Loboda N.S., Pylypiuk V.V.* Otsenka ekolohycheskogo sostoianiya rek Psel y Vorskla po urovniu yspolzovaniya vod v transhranychnoi zone «Rossyia-Ukrayna». *Visnyk Odeskoho derzhavnogo ekolohichnoho universytetu.* 2012. Vyp. 14. S. 151-159. **37.** *Loboda N.S., Pylypiuk V.V.* Zminy klimatu ta yikh mozhlyvi naslidky u formuvanni yakosti vod (na prykladi richok Psel ta Vorskla). *Visnyk Odeskoho ISSN:2306-5680 Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2018. № 3 (50)*

derzhavnoho ekolohichnoho universytetu. 2017. Vyp. 22. S. 2-11. **38.** *Shakhman I.O., Loboda N.S.* Otsinka yakosti vody u stvori r. Inhulets – m. Snihurivka za hidrokhimichnymy pokaznykamy // Ukr. hidrometeorol. zhurnal. 2016. №17. S. 2-14. **39.** *Daus M.Ie.* Otsinka yakosti vod pryток richky Prypiat (ukrainskoi chastyny) dlia rybohospodarskoho vykorystannia. Voda: problemy ta shliakhy vyrishennia. Zb. statei naukovo-praktychnoi konferentsii iz mizhnarodnoiu uchastiu, m. Rivne, 5-8 lypnia 2017 r. Zhytomyr. Vyd-vo ETs «Ukrekobiokon». 2017. S. 89-94. **40.** *Daus M.Ie., Loboda N.S., Dycherenko Yu.L.* Otsinka yakosti vody richky Desna za kompleksom hidrokhimichnykh pokaznykiv. Visnyk Odeskoho derzhavnoho ekolohichnoho universytetu. 2013. №16. S. 124-134. **41.** *Daus M., Luzhanska D.* Otsinka yakosti vody pryplyviv r. Desna za kompleksom hidrokhimichnykh pokaznykiv. Materialy XXVII Vseukrainskoi naukovoii internet-konferentsii «Vitchyzniana nauka na zlami epokh: problemy ta perspektyvy rozvytku», 17 lystopada 2016 r. Pereiaslav-Khmelytskyi. 2016. S. 37-42. **42.** *Daus M.Ie., Klykach N.V.* Otsinka yakosti vody u baseini richky Sula u roky riznoi vodnosti. Zb. Prats VI Vseukrainskoho zizdu ekolohiv z mizhnarodnoiu uchastiu (Ekolohiia/Ecology – 2017), 20–22 veresnia 2017. Vinnytsia. VNTU. 2017. S. 102. **43.** *Almazov A.M.* Hydrokhymyia ustevukh oblastei rek. K.: Yzd-vo AN USSR, 1962. 256 s. **44.** *Kharytonov M.M., Anisimova L.B.* Ekolohichna otsinka yakosti poverkhnevyykh vod baseinu richky Dnipro u Dnipropetrovskii oblasti. Ekolohiia i pryrodokorystuvannia. 2013. Vyp. 17. S.75-85.

Динаміка мінералізації і вмісту головних іонів у поверхневих водах басейну Дніпра за період 1990-2015 роки

Даус М.Є., Кічук Н.С., Романчук М.Є., Шакирзанова Ж.Р.

Проведені дослідження гідрохімічного режиму річок басейну Дніпра (в межах України) за багаторічний період спостережень (1990-2015 рр.) показали, що спостерігаються направлені тенденції до підвищення загальної мінералізації вод, які зменшуються вниз за течією річки. Середні багаторічні та середньорічні концентрації головних іонів відображають зміну фізико-географічних та кліматичних умов формування природних річкових вод у басейні Дніпра.

Ключові слова: мінералізація, головні іони, поверхневі води, багаторічні зміни.

Динамика минерализации и содержания главных ионов в поверхностных водах бассейна Днепра за период 1990-2015 годы

Даус М.Є., Кічук Н.С., Романчук М.Є., Шакирзанова Ж.Р.

Проведенные исследования гидрохимического режима рек бассейна Днепра (в пределах Украины) за многолетний период наблюдений (1990-2015 гг.) показали, что наблюдаются направленные тенденции к повышению общей минерализации вод, которые уменьшаются вниз по течению реки. Средние многолетние и среднегодовые концентрации главных ионов отражают изменение физико-географических и климатических условий формирования природных речных вод в бассейне Днепра.

Ключевые слова: минерализация, главные ионы, поверхностные воды, многолетние изменения.

Dynamics of mineralization and the content of the main ions in the surface waters of the Dnieper basin for the period of 1990-2015

Daus M.E., Kichuk N.S., Romanchuk M.E., Shakirzanova Zh.R.

Introduction. *The problem of the hydrochemical and ecological state of water resources potential remains relevant to all regions of Ukraine. Determination of hydrochemical characteristics of the Dnipro River water is an important application task set by the national program for ecological improvement of the Dnieper River which aim is to develop a system of measures and mechanisms for their implementation to make the ecological regeneration of the Dnipro river and its tributaries.*

The purpose *is an estimation of qualitative and quantitative fluctuations of the hydrochemical regime of the Dnipro River (within Ukraine) during the long-term period.*

Methods. *The research of dynamics of long-term changes of mineralization and content of main ions in the river waters of the Dnipro basin (within Ukraine).*

Results. *In this paper, an analysis of the long-term changes in the hydrochemical regime of the Dnieper River with the average annual characteristics of total mineralization and the content of the main ions during the long-term period (from 1990 to 2015) has been made.*

Conclusion. The research of the hydrochemical regime of the rivers of the Dnipro basin (within Ukraine) done for the long-term observation period (1990-2015) showed that there are directed tendencies towards an increase in the total mineralization of waters that decrease along the river's course.

The average long-term and average annual concentrations of main ions reflect the change in the physico-geographical and climatic conditions for the formation of natural river waters in the Dnipro basin. Moving downstream clearly shows the change in the values of mineralization and its constituents.

Keywords: mineralization, main ions, surface water, long-term changes.

Надійшла до редколегії 10.09.2018

УДК 556.114:546.56(282.247)

Линник П.М.¹, Скоблей М.П.², Жежеря В.А.¹

¹Інститут гідробіології НАН України, м. Київ

²Державна екологічна інспекція у Закарпатській області, м. Ужгород

КОНЦЕНТРАЦІЯ ТА ОСОБЛИВОСТІ РОЗПОДІЛУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ МІЖ РІЗНИМИ ФРАКЦІЯМИ ЗАВИСЛИХ РЕЧОВИН У РІЧКАХ БАСЕЙНУ ТИСИ ЗАЛЕЖНО ВІД СПОСОБУ ЇХНЬОГО ВИЛУЧЕННЯ

Ключові слова: важкі метали, завислі речовини, фракції металів, «мокре» спалювання, гідротермальна обробка, річки басейну Тиси.

Постановка та актуальність проблеми. Важкі метали, потрапляючи до поверхневих водних екосистем, розподіляються між різними абіотичними компонентами останніх та знаходяться у різних формах, зокрема у розчиненому стані у воді й поровому розчині, а також у складі завислих речовин (ЗР) і донних відкладів (ДВ) [8, 9]. Залежно від цього визначається їхня біологічна активність та хімічна реакційна здатність, що істотним чином проявляється на їхньому потенційному впливі на розвиток і життєздатність гідробіоти й трансформації співіснуючих форм металів. Стабільність металів у розчиненому стані залежить від низки чинників і процесів, що відбуваються у водному середовищі. Комплексоутворення за участю розчинених органічних речовин (РОР) сприяє підвищенню зазначеної стабільності металів і зниженню їхньої адсорбційної здатності. Переважне знаходження металів у складі ЗР характерне, передусім, для річкових вод, оскільки останні містять їх у значно більших кількостях, ніж водойми з уповільненим водообміном. Адсорбцію металів на ЗР слід розглядати як один з важливих шляхів зниження токсичності водного середовища через зменшення концентрації їхньої хімічно й біологічно активної фракції (гідратовані йони металів, комплекси з неорганічними лігандами, гідроксокомплекси тощо) [10]. У процесі транспортування метали поступово седиментуються разом із грубодисперсними частинками за умови зниження швидкості течії та накопичуються у донних відкладах і таким чином виводяться з водного середовища. Однак слід пам'ятати, що концентрація металів у складі грубодисперсних частинок завжди нижча, ніж у складі тонкодисперсних. Самоочищення водного середовища за рахунок седиментації може бути невідворотним або ж тривати певний період часу залежно від умов, що формуються на межі дотику води і донних відкладів [1, 7]. Це надзвичайно важливо з екологічних позицій. Водночас, тонкодисперсна завесь, що концентрує на своїй поверхні різноманітні хімічні речовини, у тому числі й метали, седиментує набагато повільніше і тому триваліший період часу знаходиться у водному середовищі, впливаючи певним чином на розвиток гідробіонтів. Припускається, наприклад, що забруднені важкими металами ЗР становлять небезпеку для функціонування риб,