

УДК 551.482

М.С. МЕЛЕНЧУК, магістр

В.М. УДОД, доктор біологічних наук

Київський національний університет будівництва і архітектури

## АНАЛІЗ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ВОДИ РІЧКИ РОСЬ

*Проведено співставлення даних спостережень за якістю води р. Рось протягом п'яти останніх десятиліть з екологічними нормативами. Показано інтенсивне антропогенне забруднення річкової води органічними речовинами, що надходять з комунальними та промисловими стоками. Приведено результати дисперсійного аналізу хімічного складу води річки Рось за період 1965-2014 рр.*

**Ключові слова:** вода, динаміка хімічного складу, забруднення, граничні допустимі концентрації, важкі метали, мікроелементи.

*Проведено сопоставление данных наблюдений за качеством воды р. Рось в течение пяти последних десятилетий с экологическими нормативами. Показано интенсивное антропогенное загрязнение речной воды органическими веществами, попадающими с коммунальными и промышленными стоками. Приведены результаты дисперсионного анализа химического состава воды реки Рось за период 1965-2014 гг.*

**Ключевые слова:** вода, динамика химического состава, загрязнения, предельные допустимые концентрации, тяжелые металлы, микроэлементы.

A comparison of observational data on water quality r. Ros over the past five decades with environmental regulations. Showing intensive anthropogenic pollution of river water with organic substances coming from municipal and industrial effluents. The results of analysis of variance chemical composition of water of the Ross River for the period 1965-2014 .

**Key words:** water, dynamics chemical composition, pollution, limit permit concentration, heavy metals, trace elements.

**Вступ.** Річка Рось – права притока Дніпра, бере початок із балки Дубина на північному заході від села Ординці Погрибищенського району Вінницької області на висоті 270 метрів від рівня моря. Протікає територією Вінницької, Київської та Черкаської областей, впадає в Кременчуцьке водосховище на Дніпрі біля села Хрещатик на висоті 70 метрів. Довжина річки становить 346 км., а площа басейну водозбору – 12,6 тис.км<sup>2</sup> [1,5].

Басейн має грушоподібну форму довжиною 250 км. Середня ширина басейну Росі 50 км., максимальна – 90 км. Межує з басейнами р. Тетерів, Ірпінь, Вільшанка, Південний Буг.

На р.Рось розташовані міста Біла Церква, Богуслав, Корсунь-Шевченківський.

Потенційними забруднювачами води річки Рось у Білій Церкві є наступні підприємства: виробниче об'єднання шин і гумових азбестових виробів та взуття, заводи сільськогосподарського машинобудування, “Електроконден-сатор”, “Будіндустрія”, м'ясний комбінат, трикотажна, меблева, книжкова фабрики, автобази.

У Богуславі забруднювачами води р.Рось можуть бути автопідприємства, фабрики суконна та художніх виробів, а також маслоробний, консервний і хлібний заводи.

У Корсуні-Шевченківському воду р. Рось можуть забруднювати стоки верстатобудівного, ремонтно-механічного, комбікормового, плодоконсервного заводів, швейної фабрики, комбінату побутового обслуговування, автопідприємств [6].

Заплава річки має ширину від 50 до 2000 м. Русло річки звивисте місцями має пороги, біля міста Корсунь-Шевченківського розгалужене на рукави, є острови. Похил річки 0,61 м/км. Максимальна ширина русла 200 м [1,5].

Долина має форму трапеції, ширина її змінюється від кількох сотень метрів до 4,5...5 км.; подекуди спостерігається асиметрія схилів: правий схил високий (до 60...80 м), крутий, лівий – низький, пологий. В місцях виходу кристалічних порід (м. Богуслав) долина V – подібна шириною 100...500 м.

Коефіцієнт залісення та озерності становлять відповідно 6% та 0,2%.

Річка Рось має такі притоки: Роська (річка у Вінницькій та Київській областях, права притока, має довжину 73 км, площу басейну 1000 км<sup>2</sup>, на річці м. Тетіїв), Молочна, Торч, Тарган, Котлуй (м. Тараща), Хоробра, Самець, Березанка, Сквирка (м. Сквирка), Роставиця (річка у Вінницькій, Житомирській та Київській областях, ліва притока, має довжину 116 км, площу басейну 1460 км<sup>2</sup>, споруджено 2 водосховища, на річці районний центр Ружин), Кам'янка (річка в Житомирській та Київській областях, ліва притока Росі, довжина 105 км, площа басейну 800 км<sup>2</sup>), Протока, Горохуватка (річка в Київській обл., ліва притока, має довжину 53 км, площу басейну 489 км<sup>2</sup>, побудовано ставки для риборозведення), Росава (річка у Київській та Черкаській обл., ліва притока, має довжину 90 км, площу басейну 1720 км<sup>2</sup>, побудовано водосховище, є 4 шлюзи-регулятори,

розміщені міста Кагарлик та Миронівна, у басейні річки є лікарські радонові джерела) [6].

Територія басейну р. Рось, розташована у двох фізико-географічних зонах: мішаних лісів і лісостепу, що позначається як на розвитку річкової мережі, так і на водному режимі цих рік. Густота річкової мережі 0,35 км./км<sup>2</sup>.

Стік у басейні р. Рось зарегульовано 1661 ставками та водосховищами, які були побудовані до 1962 р. Найбільше водосховище створено при будівництві Стеблівської ГЕС. Сумарна площа водосховищ і ставків 20,3 тис.га з повним сумарним об'ємом – 298 млн.м<sup>3</sup> і 162,9 млн.м<sup>3</sup> – корисним [3]. Результати досліджень про мінливість мінімальних річних, максимальних річних та середньорічних витрат р. Рось опубліковані у роботі [2].

Утворення водосховищ уповільнює рух води й водообмін. Це позначається на зміні температурного режиму та протіканні гідрофізичних, гідробіологічних та гідрохімічних процесів у воді. Зменшення швидкості руху води веде до більш інтенсивного випадання наносів у водосховищах, тобто змінюються умови транспортування завислих речовин і донних наносів.

Основним джерелом живлення річок є сніговий покрив. Такий характер живлення накладає свій відбиток на режим рівнів протягом року. Доля підземного живлення значна і дорівнює 20...33% від сумарного стоку.

Дощове живлення, в основному, впливає на формування стоку малих приток річки.

**Мета досліджень.** Метою досліджень є встановлення закономірності зміни хімічного складу води у просторі і часі. Досягається при вирішенні наступних задач: 1) виявлення динаміки зміни складу головних іонів, зростання їх концентрації й мінералізації води в часі; 2) виявлення закономірностей кореляційних зв'язків між умістом головних іонів та мінералізацією води; 3) виявлення закономірностей кореляційного зв'язку між витратами води у річці та мінералізацією стоку; 4) виявлення тенденції до зміни хімічного складу природної води у часі за оцінкою О.А. Алекіна [1].

**Методика досліджень.** Для виявлення та встановлення основних закономірностей зміни інгредієнтів хімічного складу води р. Рось - м. Корсунь-Шевченківський у часі та виявлення впливу на ці показники витрат води й господарської діяльності (зарегулювання стоку) проаналізовано основні фактори, що впливають на їх формування, за результатами спостережень на стаціонарних гідрохімічних постах у системі Держгідрометслужби за період 1969-2014 рр. На основі результатів хімічних аналізів води було складено банк даних за наступними показниками: витрати води (м<sup>3</sup>/с), уміст головних іонів (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup>), загальна мінералізація води, величина рН, уміст біогенних речовин (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Si), уміст загального азоту й фосфору, мінерального фосфору, уміст зважених речовин, насиченість киснем, кольоровість води, пергаманатна й біхроматна окислюваність (ПО, БО), біохімічне споживання

кисню (БСК<sub>5</sub>), уміст важких металів (Fe, Cr, Zn, Cu), уміст фенолів (*Phen*), уміст нафтопродуктів (НП), уміст синтетичних поверхнево-активних речовин (СПАР). Паралельні статистичні ряди даних (вибірка) хімічних аналізів містили до 318 значень у тому числі 100 – у зимову межень, 69 – у весняну повінь, 149 – у літню межень.

При зборі, формуванні бази даних було використано опубліковані дані досліджень Держгідрометслужби за 1969-2014 рр. у гідрологічних щорічниках. Математико-статистичний аналіз зроблено на персональному комп'ютері з використанням стандартних обчислювальних програм «Excel», «Costat», детальніше методика викладена у роботі [].

**Результати досліджень.** Варіанти більшості варіаційних рядів хімічного складу природної води р. Рось за період 1969-2014 рр. мають близький до нормального або логнормального розподіл ймовірностей. Емпіричні криві розподілу вибіркової сукупності (рис. 1) мають позитивну помірну асиметрію. Так, варіанти вибірки загальної мінералізації води розподілились наступним чином: 210...310 мг/дм<sup>3</sup> – 11; 310...410 мг/дм<sup>3</sup> – 51; 410...510 мг/дм<sup>3</sup> – 112; 510...610 мг/дм<sup>3</sup> – 79; 610...710 мг/дм<sup>3</sup> – 33; 710...810 мг/дм<sup>3</sup> – 6; 810...910 мг/дм<sup>3</sup> – 1 значення.

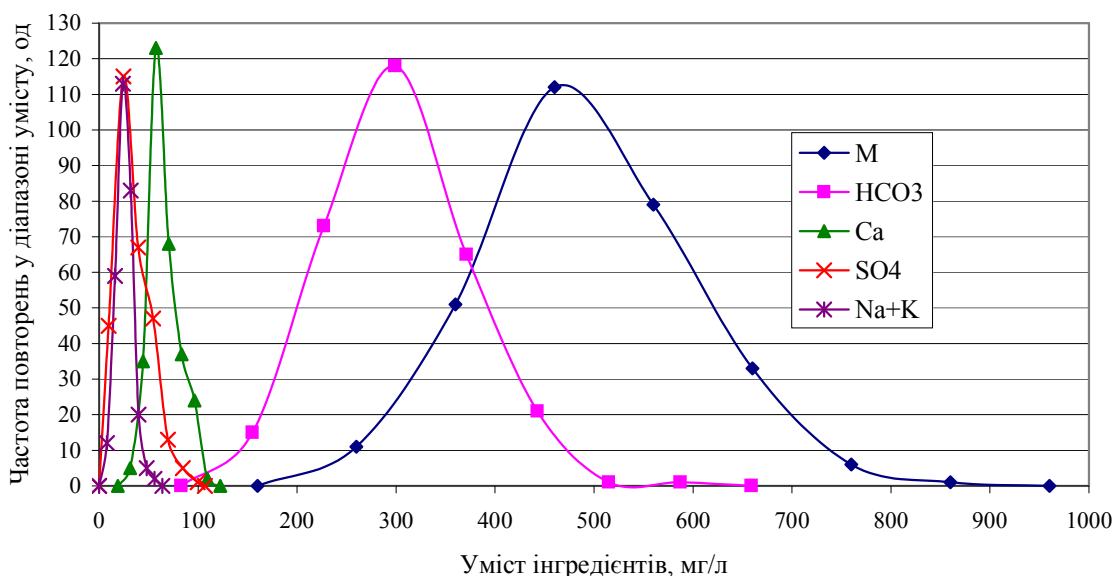


Рис. 1. Розподіл частоти повторень значень мінералізації й вмісту іонів у вибірковій сукупності

Розглянутий емпіричний розподіл (рис. 1) відзначається близьким до симетричного, а частота повторень значень мінералізації води ( $y$ ) описується поліноміальною функціональною залежністю п'ятого ступеню:

$$Y = 3E-11x^5 + 8E-08x^4 - 8E-05x^3 + 0,0422x^2 - 9,0106x + 662,38,$$

при  $r = 0,9806$ ,  $R^2 = 0,9617$ .

Аналогічним чином розподілені й головні іони хімічного складу води. Так, наприклад, кількість значень  $Na^+ + K^+$  з концентрацією 4...12 мг/дм<sup>3</sup> – 12; 12...20 мг/дм<sup>3</sup> – 59; 20...28 мг/дм<sup>3</sup> – 113; 28...36 мг/дм<sup>3</sup> – 83; 35...44 мг/дм<sup>3</sup> – 20; 44...52 мг/дм<sup>3</sup> – 5; 52...60 мг/дм<sup>3</sup> – 2 значення (рис. 1). Уміст

гідрокарбонатів у вибірці має наступний розподіл: 120...192 мг/дм<sup>3</sup> – 15; 192...265 мг/дм<sup>3</sup> – 73; 265...337 мг/дм<sup>3</sup> – 118; 337...409 мг/дм<sup>3</sup> – 65; 409...481 мг/дм<sup>3</sup> – 21; 481...553 мг/дм<sup>3</sup> – 1; 553...625 мг/дм<sup>3</sup> – 1 значення. Частота повторень значень умісту усіх іонів у воді приведених на рисунку описується також поліноміальною функціональною залежністю п'ятого ступеню з коефіцієнтами кореляції вищими за 0,927.

Обробка й систематизація багаторічних даних хімічного аналізу води (1969-2014 рр.) р. Рось у пункті спостережень м. Корсунь-Шевченківський свідчить, що за період спостережень загальна мінералізація води змінювалася від 216 мг/дм<sup>3</sup> (20.03.1985) до 908,7 мг/дм<sup>3</sup> (22.02.1910). Амплітуда коливання загальної мінералізації склала 692,7 мг/дм<sup>3</sup>. При цьому, найменше значення мінералізації води припадає на весняне водопілля, а найбільше – на зимову межень. Варто відмітити, що значення загальної мінералізації вищі за 700 мг/дм<sup>3</sup> відмічали 20.02.1989 (768,8 мг/дм<sup>3</sup>), 24.02.1995 (716,0 мг/дм<sup>3</sup>), 4.02.1995 (712,0 мг/дм<sup>3</sup>), 19.02.1991 (710,0 мг/дм<sup>3</sup>), 19.02.1997 (710,0 мг/дм<sup>3</sup>), 24.01.1990 (700,4 мг/дм<sup>3</sup>) і всі вони припадають на зимову межень (рис. 2). Натомість ряд інших мінімальних значень мінералізації води спостерігали також у весняну повінь 5.04.1970 (225,8 мг/дм<sup>3</sup>), 23.04.1986 (240,2 мг/дм<sup>3</sup>), 19.03.1971 (245,6 мг/дм<sup>3</sup>), 10.04.1990 (267,6 мг/дм<sup>3</sup>), 2.04.2000 (280 мг/дм<sup>3</sup>).

Середньоарифметичне значення загальної мінералізації за весь період досліджень становить 486;14 мг/дм<sup>3</sup>; за період зимової межені – 568;44 мг/дм<sup>3</sup>; за період весняного водопілля – 401;18 мг/дм<sup>3</sup>; за період літньої межені – 464;65 мг/дм<sup>3</sup>; за 1969-1980 рр. – 462;72 мг/дм<sup>3</sup>; за період 1981-2014 рр. – 487;91 мг/дм<sup>3</sup> (табл. 1).

Таблиця 1

**Середньоарифметичні значення головних іонів, загальної мінералізації (мг/дм<sup>3</sup>) та рН у воді р. Рось за певні періоди досліджень**

Період спостережень	рН	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Мінералізація
1969-2014	7,61	65,05	24,12	29,71	302,63	32,56	28,04	486,14
Зимова межень	7,65	78,05	27,47	34,66	359,36	36,68	32,01	568,44
Літня межень	7,60	59,70	25,31	29,20	289,38	32,24	28,76	464,65
Весняна повінь	7,88	54,95	19,69	24,96	245,51	33,58	22,49	401,18
1969-2014	7,48	72,92	21,88	20,19	345,18	14,87	10,15	462,72
1981-2014	7,64	63,56	24,38	33,28	294,77	35,21	30,74	487,91

Отже, найбільш високі середньоарифметичні значення загальної мінералізації зафіксовано у зимову межень (568,44 мг/дм<sup>3</sup>), коли переважає живлення річки за рахунок ґрунтових і підземних вод, найменші значення загальної мінералізації – у весняну повінь (401,18 мг/дм<sup>3</sup>), коли переважає поверхневий стік за рахунок танення снігів. Ця тенденція наглядно ілюструється порівнянням кривих динаміки коливання мінералізації води у річці Рось у зимову й літню межень та у період весняного водопілля (рис. 3). На рисунку більшість точок кривої динаміки мінералізації води у зимову

межень розміщується над кривою мінералізації у літню межень, а та у свою чергу розміщена – над кривою динаміки мінералізації у весняну повінь. Крім того, амплітуда коливань мінералізації води у річці Рось була найменшою у період спаду промислового виробництва 1969-1998 рр., тобто у цей час спостерігається переплітання трьох кривих загальної мінералізації – у зимову й літню межень та у весняну повінь.

За ступенем мінералізації природна вода р. Рось відносяться до прісної доброї – досить доброї протягом усього періоду досліджень за методикою .

Уміст переважаючого аніону гідрокарбонату у воді за цей період змінювався від 120,8 мг/дм<sup>3</sup> (22.03.1985) до 622,9 мг/дм<sup>3</sup> (22.02.1971), тобто мінімальне значення менше за максимальне у 5,1 рази. Ряд інших максимальних значень умісту гідрокарбонатів припадає також на зимову межень – 5.01.1965 (482,0 мг/дм<sup>3</sup>), 20.02.89 (469,4 мг/дм<sup>3</sup>), 23.01.1988 (461,8 мг/дм<sup>3</sup>), 6.02.1974 (444,8 мг/дм<sup>3</sup>), 20.02.1965 (441,8 мг/дм<sup>3</sup>), а мінімальних – на весняну повінь 23.04.1976 (147,3 мг/дм<sup>3</sup>), 3.04.1966 (158,6 мг/дм<sup>3</sup>), 19.03.1971 (161,0), 10.04.1980 (164,0 мг/дм<sup>3</sup>) 22.03.1972 (180 мг/дм<sup>3</sup>). Середньоарифметичні значення умісту НСО<sub>3</sub> у воді становили: 302; 6 мг/дм<sup>3</sup> – за весь період досліджень; 345;2 мг/дм<sup>3</sup> – за період 1965-1995 рр.; 294;8 мг/дм<sup>3</sup> – за період 1995-2014 рр.; 359;4 мг/дм<sup>3</sup>– у зимову межень; 289;4 мг/дм<sup>3</sup> – у літню межень; 245;2 мг/дм<sup>3</sup> – у весняну повінь. Отже, ці показники у воді р. Рось найвищі у змову межень, найнижчі – у весняну повінь. Крім того, необхідно відмітити, що середньоарифметичні значення умісту гідрокарбонатів у період до зарегулювання стоку були вищими ніж у період з 1995 по 2014 рр. на 50 мг/дм<sup>3</sup> (табл. 1).

Уміст переважаючого катіона – кальцію змінювався від 29,4 мг/дм<sup>3</sup> (22.03.1985) до 114,0 мг/дм<sup>3</sup> (22.02.1971). Уміст кальцію у воді р. Рось, вищий за 100 мг/дм<sup>3</sup> відмічали 5.01.1965 (108,0 мг/дм<sup>3</sup>), 14.02.1991 (102,0 мг/дм<sup>3</sup>), 20.02.1979 (102,0 мг/дм<sup>3</sup>), 1.02.1988 (101,0 мг/дм<sup>3</sup>), 14.09.1987 (100,4 мг/дм<sup>3</sup>), а менший за 40 мг/дм<sup>3</sup> – 23.04.1976 (31,1 мг/дм<sup>3</sup>), 10.04.1980 (34,7 мг/дм<sup>3</sup>), 29.07.1965 (35,9 мг/дм<sup>3</sup>), 19.03.1971 (37,4 мг/дм<sup>3</sup>).

Середня багаторічна величина умісту кальцію у воді – 65,05 мг/дм<sup>3</sup>. Уміст Са<sup>2+</sup> у воді річки, як і інших катіонів, найбільший у зимову межень, найменший – у весняну повінь.

Вміст сульфатів у воді р. Рось змінювався від 3,8 мг/дм<sup>3</sup> (16.05.1979) до 95,1 мг/дм<sup>3</sup> (24.05.1990). Треба відмітити, що 15 найбільш високих значень умісту сульфатів (> 66,8 мг/дм<sup>3</sup>) припадають на зимову або літню межень 1981-1998 роки, а десять найменших (< 11,5 мг/дм<sup>3</sup>) – також на літню та зимову межень, але 1965-1985 рр. Необхідно відмітити, що уміст сульфатів, хлоридів та натрію у воді р. Рось з плином часу зростає, натомість уміст гідрокарбонатів та кальцію протягом періоду спостережень змінювався як в сторону збільшення, так і в сторону зменшення. Середньоарифметичні значення умісту сульфатів зростали з 14,3 у 1965-1966 рр. до 24 мг/дм<sup>3</sup> – у 1983-1990 та до 53 мг/дм<sup>3</sup> у 2010-2014 рр. (табл.2). Це пояснюється тим, що саме в шістдесяті роки минулого століття у державі проводилася політика збільшення орних земель (їх розорювання навіть у прибережних зонах річок),

зростаючої хімізації сільськогосподарського і промислового виробництва, що в кінцевому результаті позначилося на значному виносі з ґрунтів, сільськогосподарських угідь найбільш токсичних речовин (в першу чергу хлору, натрію, сульфатів), які в свою чергу являються найбільш рухомими у ґрунтовому й водному середовищі та скиданні неочищених стічних вод у поверхневі водойми. Якщо хімічний склад води р. Рось за період 1965-1966 року можна прийняти за фоновий або природний рівень, то зростання у воді токсичних і забруднюючих речовин у 1970-ті і подальші роки є наслідком антропогенного впливу на природне середовище.

За вмістом сульфатів вода відноситься до 3 категорії якості, тобто досить доброї.

Вміст хлоридів також змінювався в досить широких межах – від 2,8 мг/дм<sup>3</sup> (19.03.1951) до 69,5 мг/дм<sup>3</sup> (14.02.1991). Значення умісту хлоридів менші за 10 мг/дм<sup>3</sup> відмічено 22.03.1985 (4,2 мг/дм<sup>3</sup>), 5.04.1940 (5,3 мг/дм<sup>3</sup>), 21.08.1963 (6,7 мг/дм<sup>3</sup>), 25.02.1960 (7,3 мг/дм<sup>3</sup>), 30.09.1949 (7,4 мг/дм<sup>3</sup>), 20.09.1948 (7,6 мг/дм<sup>3</sup>), 27.12.1977 (8,9 мг/дм<sup>3</sup>), 18.03.1967 (9,1 мг/дм<sup>3</sup>), 14.07.1940 (9,2 мг/дм<sup>3</sup>), 13.03.1963 (10,0 мг/дм<sup>3</sup>), тобто тут не виявлено чіткої залежності від пори року. Але десять найбільш високих значень вмісту хлоридів (> 55,0 мг/дм<sup>3</sup>) у воді р. Рось припадає на літню й зимову межень 1985-1991 років, тобто на період коли розвиток промислового виробництва в Україні досяг свого максимального значення і це позначалося на забрудненні природних вод токсичними речовинами, у тому числі й хлоридами.

Середньоарифметичні значення умісту хлоридів у воді зростали з 9,3 мг/дм<sup>3</sup> у 1939-1940 рр. до 16 мг/дм<sup>3</sup> – у 1963-1970; 30,4 мг/дм<sup>3</sup> – у 1976-1980; 40,7 мг/дм<sup>3</sup> – у 1986-1990 та 46 мг/дм<sup>3</sup> – у 1996-2000 рр. (табл. 2). Крім того, вміст хлоридів у воді р. Рось під час зимової межени є вищим ніж під час літньої межени та весняної повені (табл. 1).

За вмістом хлоридів вода річки Рось в даний час оцінюється як така, що відноситься до другої категорії якості (доброї) і є придатною для питного водопостачання .

Вміст у воді р. Рось, іншого токсичного інгредієнту – натрію в сумі з калієм також змінювався в значних межах від 6,5 мг/дм<sup>3</sup> (5.04.1965) до 58,2 мг/дм<sup>3</sup> (3.02.1987). Необхідно відмітити, що десять найменших значень умісту натрію у воді (< 14,0 мг/дм<sup>3</sup>) припадає на весняну та літню повінь періоду 1965-1993 років, а найбільш високі значення (> 40,0 мг/дм<sup>3</sup>) – переважно на зимову й літню межень 1995-2014 років. Найвищі показники умісту натрію в сумі з калієм припадають на 1991-1995 рр. – 47,71 мг/дм<sup>3</sup>. Цей вміст перевищує аналогічні показники за 1969-1974 роки у 4 рази.

У наступні п'ять років (2008-2014) відмічено деяке зниження умісту у воді р. Рось натрію, магнію, кальцію, гідрокарбонатів, калію, загальної мінералізації (табл. 2), що пов'язано із спадом промислового та сільськогосподарського виробництва на території держави та й у басейні річки та із зменшенням викидів забруднюючих речовин у навколишнє середовище.

Таблиця 2

## Динаміка зміни інгредієнтів хімічного складу води р. Рось-Корсунь-Шевченківський за певні періоди досліджень

Інгредієнти	1965-1970	1971-1976	1977-1986	1987-1995	1996-1999	2000-2003	2004-2006	2007-2009	2010-2012	2013-2014
	Середньоарифметичні концентрації за періоди, мг/дм <sup>3</sup>									
CO <sub>2</sub>	7,35	8,55	8,1	8,55	9,96	10,46	7,48	6,54	11,95	10,9
Ca <sup>2+</sup>	70,88	70,9	71,7	62,46	60,7	60	67,11	69,54	65,86	60,78
Mg <sup>2+</sup>	22,08	23,2	21,54	18,22	20,94	21,2	26,55	28	31,87	30,11
Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	11,88	15,3	22,51	23,22	23,6	26,31	45,60	45,71	47,58	42,12
K <sup>+</sup>	-	-	-	-	-	-	11,08	8,44	8,12	6,49
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	321,8	324,5	345,83	285,26	281,88	267,66	322,4	330,23	334,27	291,0
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	14,3	14,90	14,93	23,99	26,79	30,23	46,63	50,96	51,34	52,97
Cl <sup>-</sup>	9,25	11,2	10,03	16,05	22,98	30,43	37,94	40,69	45,84	46
pH, од	7,27	7,35	7,45	7,7	7,68	7,69	7,64	7,58	7,41	7,89
Мінералізація	449,42	460,0	455,52	437,75	446,85	446,29	553,71	571,67	588,71	533,88
P	-	-	-	0,146	0,133	0,103	0,192	0,321	0,464	0,393
Si	3,1	3,1	2,79	3,97	3,45	4,05	4,95	2,73	2,51	3,87
Fe	-	0,124	0,278	0,316	0,186	0,152	0,086	0,093	0,327	0,211
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0,087	0,267	0,514	1,88	0,768	0,148	0,297	0,188
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	-	0,001	0,0013	0,0106	0,0153	0,0169	0,0173	0,0175	0,0159	0,0257
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-	0,25	0,275	0,42	0,76	0,124	0,255	0,103	0,109	0,165
N, загальний	-	-	-	-	1,484	2,44	1,625	0,312	0,365	0,394
Феноли	-	-	-	-	0,00216	0,0031	0,0027	0,0037	0,0032	0,0015
Нафтопродукти	-	-	-	-	0,258	0,238	0,088	0,051	0,142	0,117
БСК <sub>5</sub>	-	-	-	-	3,755	3,977	2,2	2,63	2,186	2,504
Cu	-	-	-	-	0,0045	0,0104	0,0387	0,284	0,0122	0,011
Zn	-	-	-	-	0,0059	0,0136	0,0062	0,0052	0,091	0,0678
Cr	-	-	-	-	0,003	0,0206	0,0036	0,184	1,106	0,034
Mn	-	-	-	-	-	-	0,8012	0,0206	0,0754	0,0143
СПАР	-	-	-	-	0,746	0,077	0,016	0,025	0,057	0,09
БО	-	-	-	-	29,6	34,22	35,03	31,64	28,48	37,6



Вміст магнію у воді р. Рось змінювався в межах від 5,5 мг/дм<sup>3</sup> (14.02.1966) до 51,6 мг/дм<sup>3</sup> (3.09.1992). Середньоарифметичні значення умісту його за весь період досліджень становлять 24,12 мг/дм<sup>3</sup>; найвищі – у період зимової межени – 27,47 мг/дм<sup>3</sup>; найнижчі – у період весняної повені – 19,69 мг/дм<sup>3</sup>.

Необхідно відмітити, що зростання умісту головних іонів і загальної мінералізації води р. Рось у період 1965-1995 років носило в цілому поступовий, незначний характер, без різких коливань. За іонним складом протягом усього періоду досліджень вода відносилася до гідрокарбонатного класу (С), кальцієвої групи (Ca), першого або другого типу [1].

Слід відмітити, що протягом періоду досліджень у воді р. Рось постійно знижувався середньоарифметичний відсотковий уміст гідрокарбонатів та кальцію відповідно від 90,5 та 60,3 у 1965-1980 рр. до 83 та 55,5%-екв – у 1983-1990 та до 66,5 і 42%-екв – у 2006-2014 рр. (рис. 4). Починаючи з вісімдесятих років минулого століття кальцій перестав бути домінуючим катіоном і склад води змінився з гідрокарбонатного кальцієвого на гідрокарбонатний кальцієво-магнієвий, а інколи й на гідрокарбонатний кальцієво-магнієво-натрієвий.

Спостерігалось зниження середньоарифметичного умісту іонів  $\text{HCO}_3^-$  та  $\text{Ca}^{2+}$  зростання середньоарифметичного умісту  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  та  $\text{Na}^+$ , а після 1990 р. – незначно й  $\text{Mg}^{2+}$ . Так, середньоарифметичний відсотковий уміст хлоридів за період досліджень зріс у 4,08 рази, сульфатів – у 3 рази, натрію в сумі з калієм – у 2,7 рази

У наших дослідженнях, зважаючи на поступову зміну у часі хімічного складу води р. Рось, було важливим встановити, чи існують кореляційні залежності між умістом окремих головних іонів та загальною мінералізацією. Одним із найбільш розповсюджених способів визначення ступеню й напрямку лінійних зв'язків між парними перемінними є коефіцієнт кореляції.

Коефіцієнти прямої лінійної кореляції між умістом у воді іонів  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+\text{+K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^-$  і загальною мінералізацією відповідно становлять 0,914±0,01; 0,823±0,018; 0,717±0,028; 0,679±0,031; 0,48±0,04; 0,372±0,05 – що у перших чотирьох випадках відповідає сильному ступеню зв'язку, у інших – середньому.

Між вмістом калію та загальною мінералізацією зв'язок не встановлювали, тому що калій окремо від натрію почали визначати з вісімдесятих років минулого століття.

Аналіз отриманих коефіцієнтів кореляції між загальною мінералізацією та умістом головних іонів свідчить, що головні іони ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+\text{+K}^+$ ), уміст яких постійно зростав і змінювався у часі мають менший вплив на зміну загальної мінералізації ніж іони  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ .

Установлені коефіцієнти регресії (0,598 –  $\text{HCO}_3^-$ ; 0,115 –  $\text{Ca}^{2+}$ ; 0,052 –  $\text{Mg}^{2+}$ ; 0,052 –  $\text{Na}^+$ ; 0,063 –  $\text{Cl}^-$ ; 0,059 –  $\text{SO}_4^{2-}$ ) свідчать, що при збільшенні загальної мінералізації води на 100 мг/дм<sup>3</sup> головні іони в середньому відповідно зростуть на 59,8; 11,5; 5,2; 5,2; 6,3 та 5,9 мг/дм<sup>3</sup>. Отже,

математично встановлено закономірність, чим вища мінералізація води р. Рось, тим значніший у її складі уміст гідрокарбонатів, потім кальцію, хлоридів, сульфатів, натрію і найменший магнію. Доля гідрокарбонатів та кальцію у зростанні загальної мінералізації становить більше 70% від суми усіх іонів, що свідчить про їх переважаючий уміст.

Жорсткість води р. Рось за період спостережень змінювалася від 2,1 мг-екв/л (22.09.1995) до 9,6 мг-екв/л (22.02.1971) при середньоарифметичному значенні 5,3 мг-екв/л. Для питного призначення може використовуватися вода з жорсткістю не більше 7 мг-екв/дм<sup>3</sup>.

Уміст завислих речовин у воді р. Рось становив 0,5...87,0 мг/дм<sup>3</sup>. Високі концентрації фіксували в період 1975-1980 рр., коли середньоарифметичне значення становило 6,49 мг/дм<sup>3</sup>. Після зарегулювання стоку уміст зважених часток у воді рідко перевищував 17 мг/дм<sup>3</sup>. Найвища концентрація зважених речовин у зимову межень – 30 мг/дм<sup>3</sup> (30.01.2000). В останні 25 років за умістом зважених часток вода відноситься до 2-3 категорії якості – тобто чистої-досить чистої.

Величина рН води змінювалася від 6,2 (21.07.1988), 6,8 (5.09.2001) до 8,45 (29.10.77), 8,4 (24.05.10). Такі розбіжності у величині рН відповідають шостій категорії якості – погана.

Вода р. Рось часто буває забруднена біогенними речовинами, СПАР, фенолами, нафтопродуктами та важкими металами, але є й періоди коли умісту забруднювачів не виявляли..

Максимальні концентрації NO<sub>2</sub><sup>-</sup> були зафіксовані вище м. Корсунь-Шевченківського в період літньої межені – 0,096 мг/дм<sup>3</sup> (25.09.1986); 0,066 мг/дм<sup>3</sup> (8.07.2014), в період зимової межені – 0,049 мг/дм<sup>3</sup> в 1996 р.; нижче м. Корсунь-Шевченківського в період літньої межені – 0,123 мг/дм<sup>3</sup> (25.09.2006); 0,110 мг/дм<sup>3</sup> (27.08.1981); 0,097 мг/дм<sup>3</sup> (27.07.1979); 0,069 мг/дм<sup>3</sup> (08.07.2014); в період зимової межені – 0,146 мг/дм<sup>3</sup> (22.11.1985); 0,084 мг/дм<sup>3</sup> (16.02.1995). Було відмічено високий уміст NO<sub>2</sub> у період весняної повені – 0,063 мг/дм<sup>3</sup> (10.04.1980). Відзначені рівні забруднення відповідають 6 та 7 категорії якості або сильно забрудненій та брудній воді. Варто відмітити, що найвищі середньоарифметичні показники забруднення природної води р. Рось нітритами були у період 2006-2014 рр. і становили 0,0259 мг/дм<sup>3</sup> (табл. 2), що відповідає п'ятій категорії забруднення (помірно забруднені).

Максимальні концентрації NO<sub>3</sub><sup>-</sup> були зафіксовані вище м. Корсунь-Шевченківського в період літньої межені – 0,34 мг/дм<sup>3</sup> (14.06.2010), в період зимової межені – 0,74 мг/дм<sup>3</sup> (4.02.1995); 0,7 мг/дм<sup>3</sup> (22.03.95); 0,47 мг/дм<sup>3</sup> (12.02.2004); нижче м. Корсунь-Шевченківського в період літньої межені – 0,34 мг/дм<sup>3</sup> (20.06.1993); в період зимової межені – 0,89 мг/дм<sup>3</sup> (4.02.20055). Ця концентрація нітратів у воді відповідає 4-6 категорії якості (слабо-сильно забруднені).

Максимальні концентрації NH<sub>4</sub> були зафіксовані вище м. Корсунь-Шевченківського в період літньої межені – 2,19 мг/дм<sup>3</sup> (5.10.1999); в період зимової межені – 3,95 мг/дм<sup>3</sup> (26.01.1987); 3,60 мг/дм<sup>3</sup> (20.02.1979); 3,51 мг/дм<sup>3</sup> (16.01.1980); нижче м. Корсунь-Шевченківського в період літньої

межені – 2,92 мг/дм<sup>3</sup> (28.08.2005); в період зимової межені – 5,1 мг/дм<sup>3</sup> (16.01.1990); 3,2 мг/дм<sup>3</sup> (18.12.92). Ці концентрації відповідають 6-8 категорії забруднення вод азотом аміаку – сильно й дуже забруднені.

Найбільші концентрації біогенних речовин у воді р. Рось припадають на період зимової межені. Улітку під час інтенсивного розвитку водних рослин уміст нітратів у воді річки знижується. Варто відмітити, що значна частина проб води не мала умісту великої кількості біогенних речовин, про що свідчать середньоарифметичні значення, приведені у таблиці 2.

Уміст кисню у воді р. Рось змінювався від 3,54 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (24% насичення, 1.02.1998) до 15,51 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (105% насичення, 23.01.1979). Отже, за умістом кисню вода змінювалася від першої до сьомої категорії якості, або від відмінної до дуже поганої. Зниження умісту кисню у воді спостерігалось як зимою, так і улітку.

Пергаманантна окиснюваність води змінювалася від 3,4 мгО/дм<sup>3</sup> (29.07.1996) до 31 мгО/дм<sup>3</sup> (26.04.2003), або якість води була від відмінної до занадто поганої. Біхроматна окиснюваність мала також значні коливання від 8,8 мгО/дм<sup>3</sup> (відмінна якість води, 12.02.1974) до 140 мгО/дм<sup>3</sup> (занадто погана якість, 27.07.1979). У 2000-2014 рр. біхроматна окиснюваність у воді р. Рось не перевищувала показників 45 мгО/дм<sup>3</sup>, тобто була дещо кращою у порівнянні з періодом 1990-2000 рр..

Біологічне споживання кисню протягом п'яти діб (БСК<sub>5</sub>) для окислення органічних речовин, які містяться у воді в аеробних умовах змінювалося від 0,06 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (25.09.96) до 12,9 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (14.10.96). Отже, за приведеними рівнями споживання кисню воду можна оцінити як дуже чисту (у першому випадку) і як брудну (у другому), що сприяє загрози антропогенної евтрофікації водойми. У 1991-2014 рр. середньорічні показники біологічного споживання кисню мали дещо нижчі показники ніж аналогічні за період 1980-1990 рр.

Максимальні значення СПАР були відмічені нижче міста в період літньої межені у кількості 4,1 мг/л (20.06.1973), що пов'язано із скиданням значної кількості промислових та побутово-комунальних вод із підвищеною їх кількістю. Вище міста величина, СПАР у цей день становила лише 0,63 мг/л. У багатьох пробах води відібраних із річки Рось у 1992, 2004, 2013, 2014 роках уміст СПАР був відсутній.

Максимальна кількість, СПАР у період зимової межені становить 1,0 мг/л (27.01.1982) нижче міста та 0,32 мг/л (1993 р.) вище міста.

Уміст фенолів у воді р. Рось змінювався від 0 до 0,026 мг/дм<sup>3</sup> (16.01.1980). Варто відмітити, що у 34,6% проб умісту фенолів не було виявлено, а з 1992 р. їх уміст у воді не перевищував 0,008 мг/дм<sup>3</sup>. В період літньої межені концентрація фенолів у водах річки Рось вище м. Корсунь-Шевченківський досягла максимального значення – 0,02 мг/л (5.09.1991), найбільше значення нижче міста зафіксоване 26.06.1972 р. – 0,024 мг/л. Перевищення максимальних значень вмісту фенолів нижче міста у порівнянні з аналогічними значеннями вище міста свідчать про значний внесок промислових об'єктів Корсунь-Шевченківського у забруднення води

річки.

Уміст нафтопродуктів у водах змінювався від 0 до 1,5 мг/дм<sup>3</sup> (3.06.1993). За період досліджень у 43,75 % проб води нафтопродуктів не виявлено. У 21,6% проб води уміст нафтопродуктів був вищим за 0,1 мг/дм<sup>3</sup>, що являється гранично допустимою концентрацією.

Максимальна кількість нафтопродуктів у період зимової межени становила 0,79 мг/л (4.02.1995) нижче міста та 0,46 мг/л (28.02.1998) вище міста.

Частина проб води р. Рось містила залишки пестицидів або продукти їх розкладання – метаболіти. Так, наприклад, у пробі води відібраній 4.02.1985 були виявлені наступні метаболіти:  $\alpha$ -ГХЦГ – 0,012 мг/дм<sup>3</sup>;  $\gamma$ -ГХЦГ – 0,11 мг/дм<sup>3</sup>; ДДТ – 0,063 мг/дм<sup>3</sup>; ДДЕ – 0,054 мг/дм<sup>3</sup>. Близькі за значенням концентрації цих метаболітів були виявлені 4.12.1986. Пізніше виявляли у воді окремі види метаболітів і в значно менших кількостях, але установлена нормативом гранично допустима сума залишків пестицидів у воді (0,001 мг/дм<sup>3</sup>) є значно меншою за суму, виявлену у воді р. Рось.

**Висновки.** За період спостережень загальна мінералізація води р. Рось у пункті спостережень м. Корсунь-Шевченківський змінювалася від 216 до 908,7 мг/дм<sup>3</sup>. За ступенем мінералізації природна вода відносяться до прісної доброї – досить доброї протягом усього періоду досліджен.

За іонним складом протягом усього періоду досліджень вода відносилася до гідрокарбонатного класу (С), кальцієвої групи (Са), I або II типу [1].

Протягом періоду досліджень у воді р. Рось постійно знижувався середньоарифметичний відсотковий уміст гідрокарбонатів та кальцію. Починаючи з вісімдесятих років минулого століття кальцій перестав бути домінуючим катіоном і склад води змінився з гідрокарбонатного кальцієвого на гідрокарбонатний кальцієво-магнієвий, а інколи й на гідрокарбонатний кальцієво-магнієво-натрієвий.

Встановлені при дисперсійному аналізі коефіцієнти регресії для головних іонів (0,598 –  $\text{HCO}_3^-$ , 0,115 –  $\text{Ca}^{2+}$ , 0,052 –  $\text{Mg}^{2+}$ , 0,052 –  $\text{Na}^+$ , 0,063 –  $\text{Cl}^-$ , 0,059 –  $\text{SO}_4^{2-}$ ) свідчать, що при збільшенні загальної мінералізації води на 100 мг/дм<sup>3</sup> концентрації головних іонів в середньому зростають відповідно на 59,8, 11,5, 5,2, 5,2, 6,3 та 5,9 мг/дм<sup>3</sup>.

Вода р. Рось часто буває дуже забрудненою забруднена біогенними речовинами, СПАР, фенолами, нафтопродуктами та важкими металами, але є й періоди коли умісту забруднювачів не виявляли.

Частина проб води р. Рось містила залишки пестицидів або продукти їх розкладання – метаболіти, у кількостях значно вищих за ГДК.

### Список літератури

1. Алёкин О.А. К вопросу о химической классификации природных вод. // Вопросы гидротехники. – Л.,: Гидрометиздат, 1996. – 240 с.
2. Гидрологический ежегодник. – 1965-2014. – Т.2. – Вып.5.
3. Екологічна оцінка якості поверхневих вод суші та естуаріїв України:

Методика. КНД 211.1.4.010.94. – К., 1994. – 37 с.

4. *Лозовицкий П.С.* Опыт дисперсионного анализа химического состава оросительных вод юга Украины // М.: Почвоведение. 2003. – № 12. – С. 1491-1502.

5. *Лозовицкий П.С.* Статистичні закономірності зв'язку між хімічним складом і мінералізацією зрошувальних вод // Водне господарство України. 2004. – № 3-4. – С.48-56.

6. *Лозовицкий П.С., Серьогіна О.* Аналіз витрат води різної забезпеченості річки Рось // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – К.: Ніка-Центр, 2005. – Т.7. –С. 148-162.

7. *Сніжко С.І.* Оцінка та прогнозування якості природних вод. – К.: Ніка-Центр, 2001. – 262 с.

8. *Справочник по водным ресурсам* // Под редакцией Б.И. Стрельца. – К.: Урожай, 1997. – 304 с.

9. *Ресурсы поверхностных вод СССР.* – Л.: Гидрометеиздат. – Т.6. Украина и Молдавия. – Вып.1. – 1969. – 884 с.; Вып. 2. – 1971. 654 с.

10. *Український радянський енциклопедичний словник.* – К.: Головна редакція Української Радянської Енциклопедії, т.2. – 1987. – 736 с.; т 3. – 1987. – 736 с.

11. *Шерешевский А.И, Шулипенко Т.Ф.* Оценка влияния хозяйственной деятельности на сток средних рек Украины // Тр. УкрНИИ Госкомгидромета. – 1986. – Вып. 211. – С. 36-46.

*Надійшло до редакції 14.05.2015*