

ГІДРОХІМІЧНИЙ РЕЖИМ ТА ЯКІСТЬ ВОДИ РІЧКИ ХОРОЛ

П.С. Лозовіцький

Київський національний університет імені Тараса Шевченка,
Київський інститут землеустрою та інформаційних систем

Хорол – найбільша права притока Псла, тече територією Сумської та Полтавської областей. Найбільш давнішими породами, які виходять на поверхню, є крейдові породи, представлені крейдою, мергелями й пісками. На північному сході вони залягають на 30-40 м. вище урізу річки, утворюючи мальовничі кручі на правих берегах річок і на схилах ярів та балок.

Ландшафтно-типологічна структура району характеризується господарством вододільних місцевостей, які займають близько 66% площі всього району. З плакорним типом співпадає прирічковий тип місцевості (26,9%), охоплюючи вузькими смугами район на сході й на заході.

Довжина р. Хорол 308 км., площа басейну 3870 км². Бере початок із джерел на півночі від с. Червоної Слободи, тече Придніпровською низовиною. Долина у вигляді трапеції, часто асиметрична, із підвищеними правими й пологими лівими схилами, ширина долини досягає 10-12 км. Заплава заболочена, поросла чагарниками і лучною рослинністю; ширина від 0,2-0,5 до 1,5-2 км [2,7].

Річище на всьому протязі звивисте, на ділянці між м. Миргород і с. Вишняками тече у підвищених берегах; ширина 10-60 м і більше (на плесах).

Похил річки 0,3 м/км. Живлення мішане, із переважанням снігового й дощового. Замерзає наприкінці листопада – на початку грудня, скресає до кінця березня.

Середні багаторічні витрати води р. Хорол - м. Миргород складають 3,84 м³/с, а середній багаторічний модуль стоку - 2,21 л/с/км². Об'єм середнього багаторічного стоку річки у м. Миргород становить 0,121 км³. Сумарна площа водного дзеркала ставків і водосховищ на річці Хорол до м. Миргород 1,11 тис. га, сумарний повний об'єм яких складає 17,3 млн. м³, а корисний – 13,5 млн.м³ [7,9].

В цілому стік річки Хорол зрегульований шлюзами-регуляторами на 244 ставках загальною площею водного дзеркала 1,6 тис га сумарним об'ємом 24,73 млн. м³; на річці є 7 водосховищ із площею дзеркала 0,76 тис. га, повним об'ємом 22,92 млн. м³ та корисним – 17,59 млн. га. Воду використовують для водопостачання й зрошення земель [7].

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

На річці Хорол розміщено місто Полтавського обласного підпорядкування - Миргород. Основними забруднювачами води річки є промислові підприємства міста – заводи арматурний, будівельних деталей, будівельних матеріалів, масло й сироробний, плодоовочево-консервний, мінеральних вод, конопляний; комбінати птахо й хлібопродуктів, побутового обслуговування населення; бальнеогрязьовий санаторій, залізнична станція й інші підприємства [8].

Нижче за течією забруднюють воду річки Хорол стічні води м. Хорол. Основними підприємствами, які мають скидні води: залізнична станція, молочноконсервний комбінат дитячих продуктів, консервний, будівельних матеріалів заводи, харчосмакова та господарських виробів фабрики, комбінат побутового обслуговування й ін. [8].

Мета досліджень. Мета досліджень – установити закономірності зміни хімічного

складу води у 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], 5) оцінки забруднення води різними речовинами.

Методика досліджень. Для виявлення та встановлення основних закономірностей зміни інгредієнтів хімічного складу води р. Хорол 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 гідрологічних та гідрохімічних постах у системі Держгідрометслужби за період 1939-2002 рр. На основі отриманих результатів вимірювань стоку води та хімічних аналізів води протягом періоду спостережень було складено банк даних за наступними показниками: витрати води ($\text{м}^3/\text{с}$), уміст головних іонів (Ca, Mg, Na, HCO_3 , SO_4 , Cl), загальна мінералізація води, величина рН, уміст біогенних речовин (NH_4 , NO_2 , NO_3), уміст загального азоту й фосфору, мінерального фосфору, уміст зважених речовин, насиченість киснем, кольоровість води, пергаманатна й біхроматна окислюваність (ПО, БО), біохімічне споживання кисню (БСК_5), уміст важких металів (Fe, Cr, Zn, Cu), уміст фенолів (Phen), уміст нафтопродуктів (НП), уміст синтетичних поверхнево-активних речовин (СПАР). Паралельні статистичні ряди даних хімічних аналізів містили до 216 значень.

Треба підкреслити, що у частині проб води відібраних і проаналізованих у період 1971-1980 рр. на гідрохімічному пості р. Хорол - м. Миргород не було визначено усіх головних іонів, а тільки найбільш токсичні (Mg, Na, SO_4 , Cl). Уміст іонів яких не було визначено аналізом, розраховували в $\text{мг-екв}/\text{дм}^3$ за методикою запропонованою автором раніше [4,5].

При зборі, формуванні бази даних було використано опубліковані дані досліджень Держгідрометслужби за 1939-1980 рр. у гідрологічних щорічниках [2]. Математико-статистичний аналіз зроблено на персональному комп'ютері з використанням стандартних обчислювальних програм "Excel", «Costat».

Результати досліджень. Варіанти більшості варіаційних рядів хімічного складу природної води р. Хорол у пункті спостережень м. Миргород за період 1939-2001 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: 203,5-370,1 $\text{мг}/\text{дм}^3$ – 6, 370,1-536,7 – 9, 536,7-703,3 – 36, 703,3-869,9 – 60, 869,9-1036,5 – 50, 1036,5-1203,1 – 34, 1203,1-1369,7 – 18, 1369,7-1536,3 – 7, 1536,3-1702,9 $\text{мг}/\text{дм}^3$ – 6 значень. Розглянутий емпіричний розподіл (рис. 1) відзначається близьким до симетричного, а частота повторень значень мінералізації води (y) описується поліноміальною функціональною залежністю третього ступеню:

$$y = 5\text{E-}08x^3 - 0,0002x^2 + 0,2381x - 38,33$$

де : $r = 0,816$, $R^2 = 0,6668$

Аналогічним чином розподілені й головні іони хімічного складу води. Так, наприклад, уміст гідрокарбонатів у вибірці має наступний розподіл: 95-155 $\text{мг}/\text{дм}^3$ – 1 значення, 155--215 – 7, 215-275 – 8, 275-335 – 30, 335-395 – 47, 395-455 – 60, 455-515 – 40, 515-575 – 16, 575-635 $\text{мг}/\text{дм}^3$ – 7 значень. Сульфати, розподілені так: 0-45 $\text{мг}/\text{дм}^3$ – 14, 45-90 – 53, 90-135 – 69, 135-180 – 41, 180-225 – 24, 225-270 – 6, 270-315 – 4, 315-360 – 3, 360-405 – 2. Кількість значень Na+K із концентрацією 5-50 $\text{мг}/\text{дм}^3$ – 27, 50-95 – 66, 95-140 – 69, 140-185 – 26, 185-230 – 14, 230-275 – 5, 275-320 – 3, 320-365 – 3, 365-410 $\text{мг}/\text{дм}^3$ – 3 значення. Для кальцію розподіл має наступні значення: 30-45 $\text{мг}/\text{дм}^3$ – 6, 45-60 – 19, 60-75 – 61, 75-90 – 63, 90-105 – 41, 105-120 – 13, 120-135 – 10, 135-150 – 2, 150-165 – 2. Частота повторень хлору у вибірковій сукупності:

10-50 мг/дм³ – 40, 50-90 – 62, 90-130 – 54, 130-170 – 29, 170-210 – 17, 210-250 – 6, 250-290 – 4, 290-330 – 2, 330-370 мг/дм³ – 2 значення (рис. 1). Частота повторень значень умісту усіх іонів у воді приведених на рисунку описується також поліноміальною функціональною залежністю другого третього ступеню, наприклад, для НСО₃

$$y = -0,0005x^2 + 0,3866x - 36,951,$$

де: $r = 0,813, R^2 = 0,6611$.

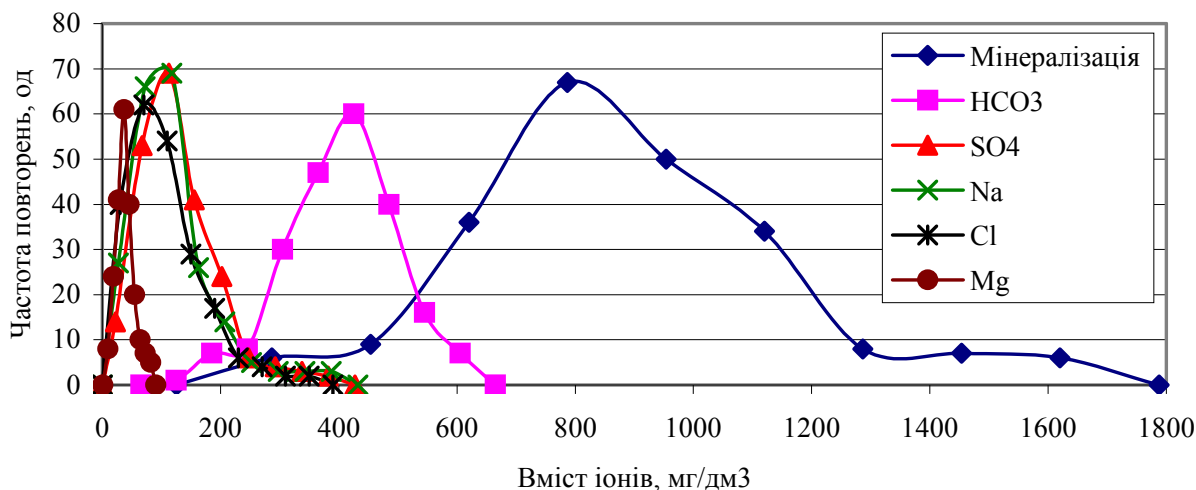


Рис. 1. Гістограми розподілу частоти значень вмісту іонів та мінералізації води р. Хорол - м. Миргород

Обробка й систематизація багаторічних даних хімічного аналізу води (1939-2001 рр.) р. Хорол – м. Миргород свідчить, що за період спостережень загальна мінералізація води змінювалася від 203,5 мг/дм³ (7.04.1964 р.) до 1690 мг/дм³ (10.03.1992 р.) (рис. 2). Амплітуда коливання загальної мінералізації складала 1486,5 мг/дм³. При цьому, найменше значення мінералізації води припадає на весняне водопілля, а найбільше – на зимову межень.

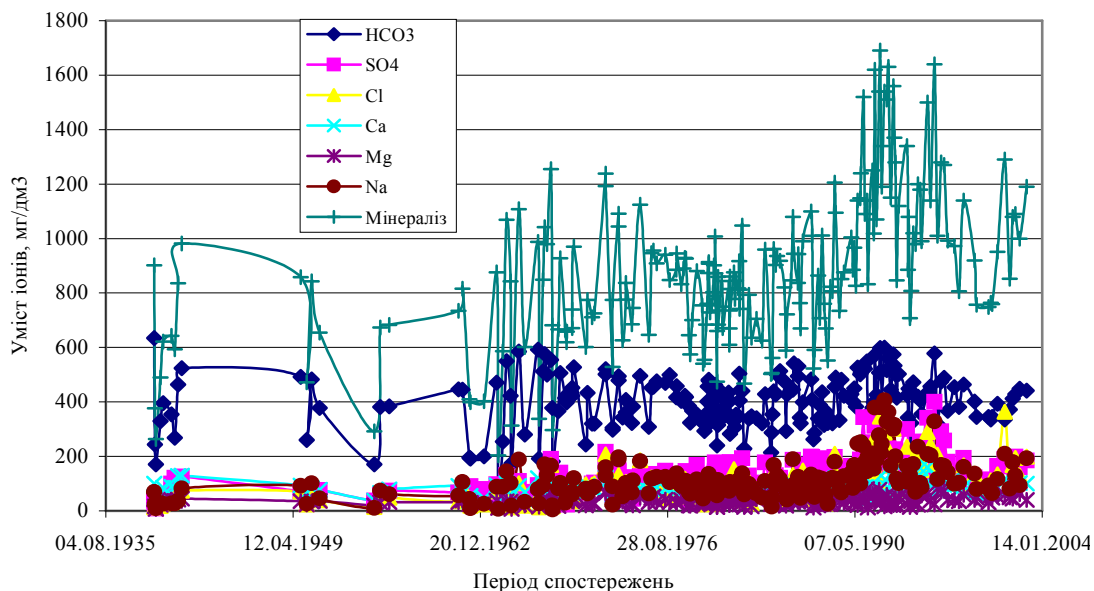


Рис. 2. Динаміка зміни хімічного складу води р. Хорол - м. Миргород

Середньоарифметичне значення загальної мінералізації за весь період досліджень становить 888 мг/дм³, за період зимової межені - 999,9, за період весняного водопілля - 726,5, за період літньої межені - 911,3, за 1939-1940 рр. - 590,8, за період 1941-1960 -

681,4, 1961-1970 - 712,3, 1971-1980 - 812,8, 1981-1990 - 840,6, 1991-1995 - 1204,7, 1996-2000 рр. – 1004,6 мг/дм³ (табл. 1). Отже, найбільш високі середньоарифметичні значення загальної мінералізації зафіксовано у зимову межень, коли переважає живлення річки за рахунок ґрунтових і підземних вод, найменші значення загальної мінералізації – у весняну повінь, коли переважає поверхневий стік за рахунок танення снігів.

Таблиця 1. Середньоарифметичні значення хімічного складу води р. Хорол – м. Миргород за певні періоди досліджень

| Інгредієнти | Період досліджень (роки) та уміст інгредієнтів, мг/дм ³ | | | | | | | |
|-------------------------------------|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1939-1940 | 1941-1960 | 1961-1970 | 1971-1980 | 1981-1990 | 1991-1995 | 1996-2000 | 2000-2002 |
| HCO ₃ | 357,7 | 384,3 | 386,7 | 392,4 | 396,4 | 451,9 | 406,2 | 414,2 |
| SO ₄ | 59,9 | 74,7 | 77,7 | 110,1 | 120,6 | 210,4 | 181,3 | 196,7 |
| Cl | 28,1 | 48,4 | 56,8 | 89,7 | 93 | 193,7 | 140,1 | 172,2 |
| Ca | 81,4 | 79 | 72,7 | 79,1 | 79,8 | 95,4 | 88,3 | 93,8 |
| Mg | 30,2 | 32,1 | 32,1 | 36,8 | 38,6 | 46,9 | 52,6 | 57 |
| Na + K | 31,1 | 61,7 | 75,1 | 98,4 | 103,5 | 198,5 | 129,5 | 147 |
| Мінералізація | 590,8 | 681,4 | 712,3 | 812,8 | 840,6 | 1204,7 | 1004,6 | 1083,7 |
| pH | 7,43 | 7,45 | 7,48 | 7,44 | 7,85 | 7,64 | 7,68 | 7,8 |
| NO ₂ | - | - | 0,03 | 0,05 | 0,04 | 0,13 | 0,06 | 0,023 |
| NO ₃ | - | - | 0,65 | 0,19 | 0,23 | 0,17 | 0,13 | 0,17 |
| NH ₄ | - | - | 0,26 | 1,05 | 0,71 | 2,6 | 0,84 | 0,63 |
| N, заг | - | - | 0,94 | 1,31 | 0,98 | 2,9 | 1,03 | 0,823 |
| O ₂ , мг/дм ³ | - | 7,66 | 11,43 | 7,12 | 9,22 | 7,81 | 7,99 | 8,68 |
| O ₂ , % насичення | - | - | 74,1 | 65,86 | 80,05 | 68,18 | 65,25 | 76 |
| Кольоровість | 29,13 | 39,33 | 43,33 | 45,24 | 41,96 | 34,45 | 28 | 15 |
| Зважені речовини | - | - | - | 20,85 | 22,17 | 20,3 | 13,9 | 13,82 |
| ПО | - | - | 13,03 | 11,53 | 13,45 | 10,52 | - | - |
| БО | - | - | 32,67 | 32,26 | 30,91 | 35,31 | 31 | 30 |
| БСК ₅ | - | - | 5,47 | 6,15 | 1,82 | 1,73 | 1,66 | 3,4 |
| P, мінеральний | - | - | - | - | 0,4 | 0,23 | 0,26 | 0,31 |
| P, загальний | - | - | 0,23 | 0,35 | 0,46 | 0,58 | 0,64 | 0,794 |
| Si | - | - | 3,82 | 4,86 | 9,12 | 15,1 | 9,7 | 5,7 |
| Cu | - | - | 0 | 0 | 0,0065 | 0,0077 | 0,0071 | 0,006 |
| Zn | - | - | 0 | 0,01 | 0,014 | 0,01 | 0,013 | 0,027 |
| Fe | - | 0,03 | 0,22 | 0,2 | 0,56 | 1,09 | 0,35 | 0,17 |
| Cr | - | - | - | 0,01 | 0,008 | 0,016 | 0,013 | 0,009 |
| Феноли | - | - | - | - | 0,0024 | 0,0042 | 0,0061 | 0,0047 |
| НП | - | - | - | 0,74 | 0,05 | 0,04 | 0,03 | 0,01 |
| СПАР | - | - | - | 0,05 | 0,15 | 0,23 | 0,07 | 0,02 |

Крім того, величина мінералізації зростала у воді з початку спостережень до 1995 року, пізніше у 1996-2000 рр. відмічали деяке зниження мінералізації, а з 2000 р. відновилося її зростання знов.

За ступенем мінералізації природна вода р. Хорол відносилася до прісної 2-4 категорії (доброї-задовільної) до 1960 р., тобто до зарегулювання стоку і до прісної-солонуватої 4-7 категорії (задовільної-дуже поганої) протягом наступного періоду досліджень за методикою

[3,6].

Уміст переважаючого аніона гідрокарбонату у воді за цей період змінювався від 95,6 мг/дм³ (13.02.1939) до 635 мг/дм³ (7.004 1964), тобто мінімальне значення менше за максимальне у 6,6 рази. Середньоарифметичні значення умісту НСО₃ у воді становили: 401,8 мг/дм³ – за весь період досліджень, 357,7 – за період 1939-1940 рр., 384,3 – 1941-1960, 386,7 – 1961-1970, 451,9 – 1991-1995, 414,2 - 2000-2002 рр. (табл. 1), 449,5 – у зимову межень, 425,9 – у літню межень, 339,6 мг/дм³ – у весняну повінь. Отже, найвищий уміст гідрокарбонатів - у змову межень, найнижчий – у весняну повінь. Крім того, середньоарифметичні значення умісту гідрокарбонатів у воді р. Хорол зростали до 1995 року (табл. 1).

Уміст переважаючого катіона – кальцію змінювався від 32,5 мг/дм³ (7.04.1964) до 160 мг/дм³ (29.08.1995). Середня багаторічна величина умісту кальцію у воді - 81,7 мг/дм³ у зимову межень - 92, у літню межень – 80, у весняну повінь – 73,4 мг/дм³.

Уміст сульфатів у воді р. Хорол змінювався від 8 мг/дм³ (30.03.1939) до 386 мг/дм³ (27.02.96). Середня багаторічна величина умісту сульфатів у воді - 126,5 мг/дм³ у зимову межень – 150,1, у літню межень – 126,5, у весняну повінь – 107,2 мг/дм³. Відмічено постійне зростання середньоарифметичних даних умісту SO₄ із 59,9 мг/дм³ за 1939-1940 рр. до 210,4 – за період 1991-1995 рр. За умістом сульфатів вода відносилася до досить доброї у 1939-1960 рр., задовільної – у 1961-1970, посередньої – у 1971-1990, поганої – у 1991-2002 рр. [3,6].

Уміст хлоридів у воді змінювався від 12,4 (13.02.1939) до 364 мг/дм³ (10.03.1992 р.). Середньоарифметичне значення умісту хлору у воді Хоролу за весь період досліджень 104,2 мг/дм³, у зимову межень – 123, у літню межень – 107,3, у весняну повінь – 82,0 мг/дм³. За умістом хлору у 1939-1960 рр. вода відносилася до доброї, у 1961-1970– до досить доброї, у 1971-1990 – до задовільної, у 1991-2002 рр. – до поганої й дуже поганої [3,6].

Уміст у воді Хоролу, іншого токсичного інгредієнту – натрію в сумі з калієм також змінювався в значних межах від 5,2 мг/дм³ (2.04.1964) до 405,6 мг/дм³ (4.07.1992). Середньоарифметичний уміст Na у воді річки за весь період досліджень склав 112,8 мг/дм³, у зимову межень – 133,6, у літню межень – 123,1, у весняну повінь – 85,5 мг/дм³. Середньоарифметичний уміст Na у воді Хоролу зростав з 31,1 мг/дм³ у 1939-1940 рр. до 198,5 – у 1991-1995 рр. У наступні п'ять років (1996-2000) відмічено значне його зниження (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.

Уміст магнію у воді Хоролу змінювався в межах 6,8 мг/дм³ (7.04.1964) – 85,0 мг/дм³ (24.02.2002). Середньоарифметичні значення його за весь період досліджень становлять 38,6 мг/дм³, найвищі, у період зимової межені – 43,2, найнижчі – у період весняної повені - 33,5 та 40,3 мг/дм³ – у літню межень.

Зважаючи на поступову зміну у часі хімічного складу води р. Хорол, 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 НСО₃, SO₄, Cl, Na+K, Ca, Mg і загальною мінералізацією відповідно становлять 0,848±0,015, 0,871±0,012, 0,883±0,011, 0,913±0,005, 0,677±0,031, 0,677±0,03. Для перших чотирьох значень - сильний ступінь зв'язку, для інших – середній (рис. 3). Між умістом загальної мінералізації та іонів НСО₃, SO₄, Cl, Na+K встановлено рівняння поліноміальної регресії другого ступеню, а для Ca, Mg – рівняння ступеневої регресії, які приведено на рис. 3. За приведеними рівняннями регресії можна розраховувати хімічний склад води р. Хорол за визначенням її мінералізації.

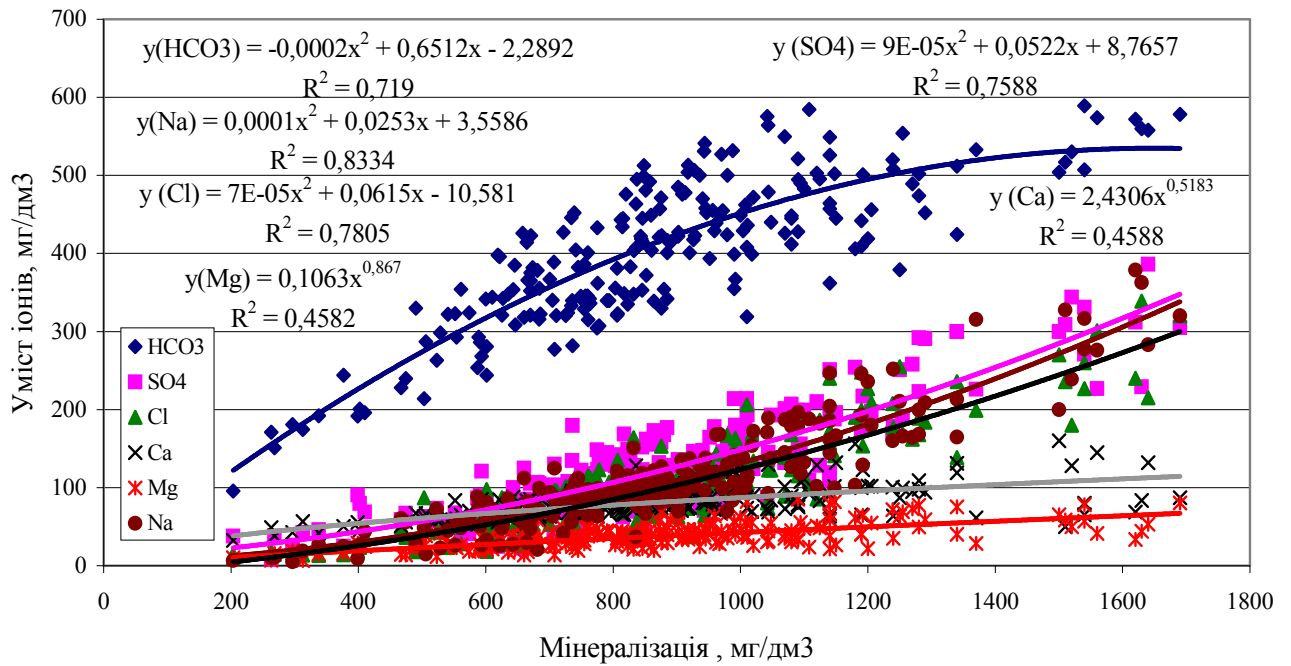


Рис. 3. Точкові графіки та кореляційна залежність між вмістом іонів та загальною мінералізацією води р. Хорол - м. Миргород

У воді р. Хорол з 1939-1940 рр. до 1991-1995 рр. постійно знижувався середньоарифметичний відсотковий вміст гідрокарбонатів та кальцію відповідно від 75 та 53 %-екв у 1939-1940 рр. до 66,5 та 40,4 – у 1961-1970 та до 43,7 і 28,8 %-екв – у 1991-1995 рр. (рис. 4). У цей період зростав вміст натрію, хлоридів, сульфатів. При цьому, постійно змінювався хімічний склад води з гідрокарбонатного кальцієвого у 1939-1940 рр., до гідрокарбонатного кальцієво-магнієво-натрієвого – у 1941-1961, гідрокарбонатного кальцієво-натрієво-магнієвого – у 1961-1970, гідрокарбонатного натрієво-кальцієво-магнієвого – у 1971-1990, гідрокарбонатно-хлоридно-сульфатного натрієво-кальцієвого – у 1991-1995, гідрокарбонатно-хлоридно-сульфатного натрієво-кальцієво-магнієвого – у 1996-2002 рр. [1].

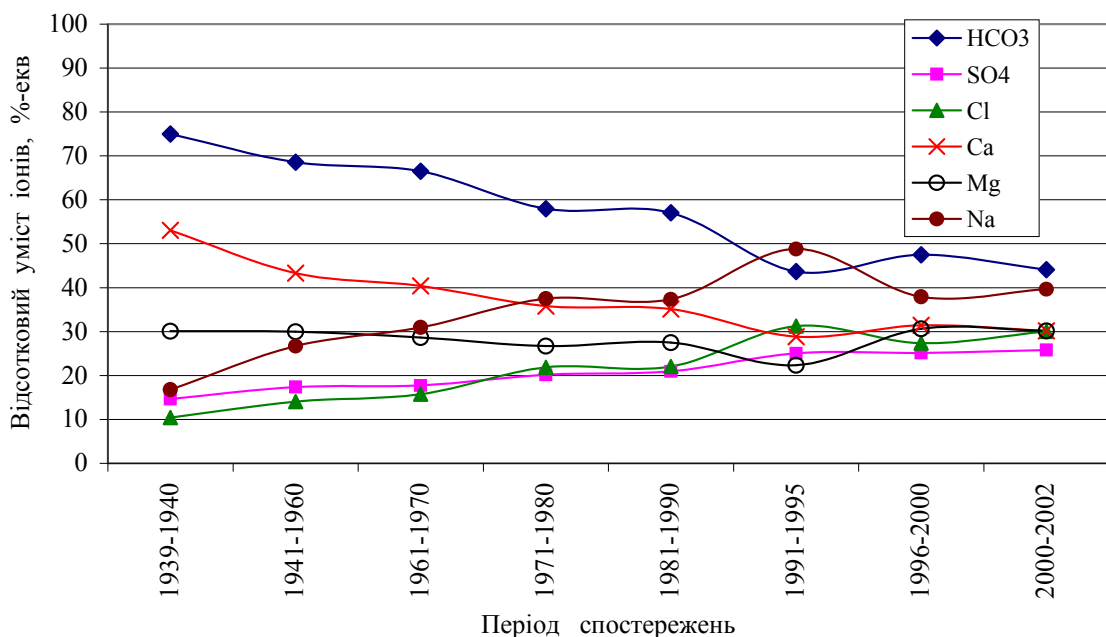


Рис. 4. Динаміка відсоткового вмісту головних іонів у воді Хоролу

За період досліджень амплітуда витрат води в р. Хорол - м. Миргород змінювалися від 0,002 (1964) до 260 м³/с (1940). Проведеними дослідженнями встановлено залежність між витратами води у річці та окремими компонентами хімічного складу до повного зарегулювання стоку, тобто в період 1939-1970 рр. Найбільш яскраво тісний зворотній логарифмічний кореляційний зв'язок між витратами води та мінералізацією й окремими іонами (НСО₃, Na) виявлено за період 1961-1970 рр. (рис. 5), де коефіцієнти кореляції відповідно становили 0,931, 0,911, та 0,832. Після зарегулювання стоку ця закономірність не підтверджена.

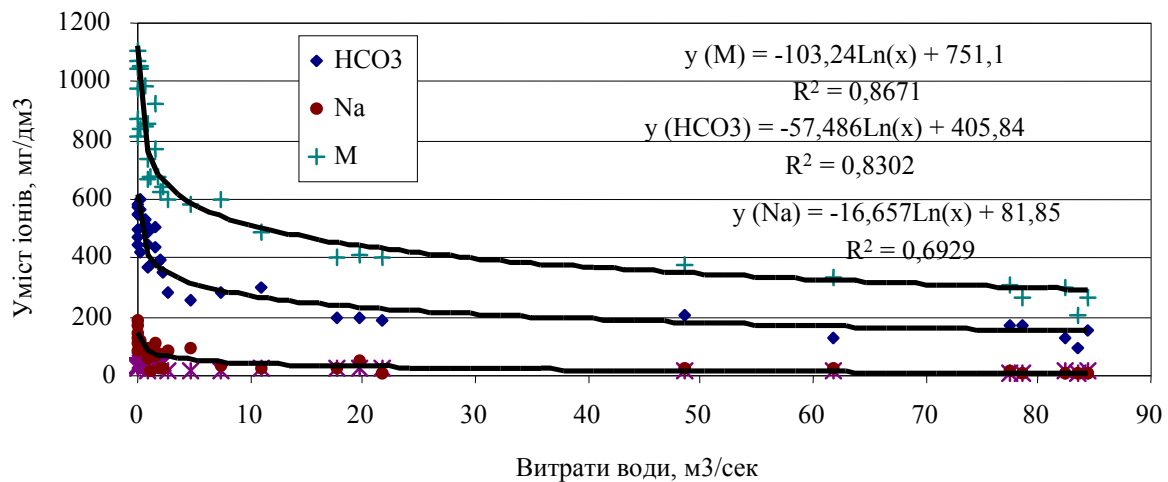


Рис. 5. Крапкові графіки та теоретичні лінії регресії при тісній зворотній логарифмічній кореляції між витратами води та мінералізацією води і вмістом у ній деяких іонів

Використовуючи отримані рівняння регресії (рис. 5) вираховано середньоарифметичну мінералізацію у залежності від витрат. Отже, в період 1961-1970 рр. при витратах 0,2 м³/с мінералізація води Хоролу становила 917 мг/дм³, при 1 - 751, при 5 - 585, при 10 - 513, при 20 - 442, при 50 - 347, при 80 м³/с - 299 мг/дм³. Відповідно при цих же витратах уміст гідрокарбонатів у воді складав: 498, 406, 313, 273, 233, 181 та 153 мг/дм³.

Жорсткість води р. Хорол за період спостережень змінювалася від 2,47 (7.04.1964) до 13,4 (24.03.1995) при середньоарифметичному значенні 7,17 мг-екв/л. У зимову межень середньоарифметична жорсткість води становила 8,15, літню межень - 7,31, весняну повіднь - 6,47 мг-екв/дм³. Для питного призначення може використовуватися вода з жорсткістю не більше 7 мг-екв/дм³.

Уміст завислих речовин у воді р. Хорол змінювався від 0,43 (13.02.82) до 121,0 мг/дм³ (17.03.86) при середньоарифметичному значенні 20,9 мг/дм³. Середньоарифметична концентрація зважених речовин у зимову межень - 17,5, у літню межень - 22,1, у весняну повіднь 19,1 мг/дм³. За умістом зважених часток вода відноситься до 3-4 категорії якості - тобто досить чистої-задовільної [3,6].

Величина рН води змінювалася від 6,0 (1.04.1974, 11.02.1974) до 9,0 (2.04.1982). Такі розбіжності у величині рН відповідають шостій категорії якості - погана. Середньоарифметичне значення рН за весь період спостережень - 7,63, у зимову межень - 7,5, у літню межень - 7,67, у весняну повіднь 7,68.

Вода р. Хорол часто буває забруднена біогенними речовинами, СПАР, фенолами, нафтопродуктами та важкими металами, але є й періоди коли умісту забруднювачів не виявляли. На більшість компонентів-забруднювачів воду Хоролу до 1961 р. навіть не аналізували.

Максимальні концентрації NO₂ були зафіксовані нижче м. Миргорода в період літньої межени - 1,200 (15.06.1994), в період зимової межени - 0,35 (12.12.1994), в період

весняної повені – 0,54 мг/дм³ (24.04.1980 р.). Середньоарифметичні рівні забруднення за весь період досліджень – 0,0537 мг/дм³, у зимову межень – 0,042, у літню межень – 0,036, у весняну повінь 0,085 мг/дм³. 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. Хорол нітратами були у період 1991-1995 рр. і становили 0,13 мг/дм³ (табл. 1), що відповідає сьомій категорії забруднення (брудні) [3,6].

Максимальні концентрації NO₃ були зафіксовані також нижче м. Миргорода в період літньої межені - 5,00 (5.09.1967 р.), в період зимової межені – 1,66 (12.02.1992 р.). Необхідно відмітити, що за період досліджень (1961-2002 рр.) приблизно 12 % проб води не мали умісту нітратів. Більшість таких проб припадає на період 1964-1970 рр., а востаннє такі проби відмічено у 1990 р. Найбільш високе забруднення вод нітратами припадає на 1961-1970 роки (табл. 1). Середньоарифметична величина умісту NO₃ у воді Хоролу за весь період досліджень 0,240 мг/дм³, у зимову межень – 0,306, у літню межень – 0,300, у весняну повінь – 0,171 мг/дм³, що у більш ніж у п'ять разів вище ніж у межень. Максимальні концентрації нітратів у воді Хоролу відповідають 4-6 категорії якості (слабо-сильно забруднені) [3,6].

Максимальні концентрації NH₄ у воді Хоролу були зафіксовані нижче м. Миргород у період літньої межені - 13,8 мг/дм³ 13.10.1994 р., в період зимової межені – 11,9 (23.02.1994). Ці концентрації відповідають 8 категорії забруднення вод азотом аміаку – дуже забруднені [3,6].

Середньоарифметична величина умісту NH₄ у воді за весь період досліджень складає 1,207 мг/дм³, у зимову межень – 1,481, у літню межень – 1,091, у весняну повінь – 1,202 мг/дм³. Найвище забруднення води р. Хорол азотом аміаку спостерігали у період 1991-1995 рр. (табл. 1).

Уміст загального азоту у воді Хоролу змінювався від 0,081 (8.09.69) до 8,279 мг/дм³ (10.03.1992 р.). Середньоарифметичні показники такі: за весь період досліджень – 1,130, у зимову межень – 1,119, у літню межень - 1,134, у весняну повінь – 1,160 мг/дм³.

Уміст кисню у воді р. Хорол змінювався від 1,00 мгO₂/дм³ (12.04.1977) до 17,1 мгO₂/дм³ (121 % насичення, 16.11.1984 р.). 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. Середньоарифметичні значення умісту кисню у воді Хоролу за весь період досліджень – 8,08 (71,2 % насичення), у зимову межень – 7,27 (51,7 % насичення), у літню межень – 9,1 (82 % насичення), у весняну повінь – 8,64 мгO₂/дм³ (78,4 % насичення).

Пергаманатна окиснюваність води змінювалася від 4,3 мгO/дм³ (8.04.1967) до 26,1 мгO/дм³ (24.10.77 р.), або якість води була від доброї до занадто поганої. Середньоарифметичні показники за 1961-1995 рр. становили 12,27 мгO/дм³, у зимову межень – 10,22, у літню межень – 14,19, у весняну повінь – 12,44 мгO/дм³. За середньоарифметичними показниками якість води – посередня. Біхроматна окиснюваність мала також значні коливання від 11,1 мгO/дм³ (відмінна якість води, 24.03.1993) до 69,7 мгO/дм³ (дуже погана, 7.02.1988). Середньоарифметичні значення за період досліджень – 32,23, у зимову межень – 32,77, у літню межень – 31,98, у весняну повінь – 31,33 мгO/дм³, що відповідає поганій якості.

Біологічне споживання кисню протягом п'яти діб (БСК₅) для окислення органічних речовин, які містяться у воді в аеробних умовах змінювалося від 0,2 мгO₂/дм³ (21.07.88, 7.12.1989, 12.06.1991) до 50,7 (23.08.1974). Отже, за приведеними рівнями споживання кисню воду можна оцінити як дуже чисту (у першому випадку) і як дуже брудну (у другому), що сприяє загрози антропогенної евтрофікації водойми. У 1961-2002 рр. середньоарифметичні показники біологічного споживання кисню становили 3,417, у зимову межень – 2,81, у літню межень – 3,90, у весняну повінь 3,51 мгO₂/дм³, що відповідає сильно

забрудненій воді. В окремі часові періоди (1961-1970, 1971-1980 рр.) ці показники у воді Хоролу були значно вищими (табл. 1)

Уміст синтетичних поверхнево-активних речовин (СПАР) у воді Хоролу змінювався від 0 мг/дм³ (3.09.1970, 28.07.1981, 16.11.1984 і ін.) до 0,8 мг/л (26.05.1993), що відповідає категорії якості від дуже чистої до брудної. Середньоарифметичні значення СПАР за весь період досліджень – 0,162, у зимову межень – 0,140, у літню межень – 0,160, у весняну повідь – 0,190 мг/дм³. За середньоарифметичними показниками умісту СПАР воду Хоролу відноситься до третьої категорії - досить чистої [6].

Уміст фенолів у воді р. Хорол змінювався від 0 (7.10.1979, 8.04.1980, 7.12.1981, 13.09.1988 і ін.) до 0,025 мг/дм³ (7.07.1992). Варто відмітити, що у 16 % проб умісту фенолів не було виявлено, а з 1996 р. їх уміст у воді не перевищував 0,009 мг/дм³. Середньоарифметичні значення умісту фенолів за весь період досліджень 0,0048 мг/дм³, у зимову межень – 0,0051, у літню межень – 0,050, у весняну повідь – 0,043 мг/дм³. За умістом фенолів вода річки Хорол відноситься до брудної [6].

Уміст нафтопродуктів у водах Хоролу змінювався від 0 (6.05.1980, 23.03.1981, 13.10.1983, 27.04.84, 7.04.1994 і ін.) до 0,9 мг/дм³ (26.01.1973). За період досліджень у 14 % проб води нафтопродуктів не виявлено. У 15 % проб води уміст нафтопродуктів був вищим за 0,1 мг/дм³, тобто вищим за граничнодопустиму концентрацію. Середньоарифметичні значення за весь період досліджень складають 0,065 мг/дм³, у зимову межень – 0,0755, у літню межень – 0,050, у весняну повідь – 0,0208. За середньоарифметичними значеннями умісту нафтопродуктів вода Хоролу відноситься до 3-4 категорії якості – слабо-помірно забрудненої [3,6].

Частина проб води Хоролу містила залишки пестицидів або продукти їх розкладання – метаболіти. Так, наприклад, у пробі води відібраній 4.03.1986 р. були виявлені наступні метаболіти: α -ГХЦГ – 0,002 мг/дм³, γ -ГХЦГ – 0,004, ДДТ – 0,127, ДДЕ – 0,02 мг/дм³. Близькі за значенням концентрації цих метаболітів були виявлені 17.03.1986 р. 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/дм³) є значно меншою за суму, виявлену у воді р. Хорол.

У воді річки виявлено уміст важких металів міді, цинку, заліза, хрому. Так найвища концентрація міді складала 0,063 мг/дм³ (30.08.1992), цинку – 0,071 мг/дм³ (23.05.2002), хрому – 0,055 мг/дм³ (2.03.1979), заліза – 4,7 мг/дм³ (10.03.1985).

Висновки. За період спостережень загальна мінералізація води р. Хорол у пункті спостережень м. Миргород змінювалася від 203,5 мг/дм³ до 1690 мг/дм³. За ступенем мінералізації природна вода відносилася до прісної 2-4 категорії (доброї-задовільної) до 1960 р., тобто до зарегулювання стоку і до прісної-солонуватої 4-7 категорії (задовільної-дуже поганої) протягом наступного періоду досліджень за методикою [3,6].

У воді р. Хорол з 1939-1940 рр. до 1991-1995 рр. постійно знижувався середньоарифметичний відсотковий уміст гідрокарбонатів та кальцію і зростав уміст натрію, хлоридів, сульфатів. При цьому, постійно змінювався хімічний склад води з гідрокарбонатного кальцієвого у 1939-1940 рр., до гідрокарбонатного кальцієво-магнієво-натрієвого – у 1941-1961, гідрокарбонатного кальцієво-натрієво-магнієвого – у 1961-1970, гідрокарбонатного натрієво-кальцієво-магнієвого – у 1971-1990, гідрокарбонатно-хлоридно-сульфатного натрієво-кальцієвого – у 1991-1995, гідрокарбонатно-хлоридно-сульфатного натрієво-кальцієво-магнієвого – у 1996-2002 рр.

Між умістом загальної мінералізації та іонів HCO₃, SO₄, Cl, Na+K установлено рівняння поліноміальної регресії другого ступеню, а для Ca, Mg – рівняння ступеневої регресії, за якими можна розраховувати хімічний склад води р. Хорол за визначенням лише її мінералізації.

Проведеними дослідженнями встановлено залежність між витратами води у річці Хорол та мінералізацією води й окремими компонентами хімічного складу в період 1939-1970 рр. При витратах 0,2 м³/с мінералізація води Хоролу становила 917 мг/дм³, при 1 - 751, при 5 - 585, при 10 - 513, при 20 - 442, при 50 - 347, при 80 м³/с - 299 мг/дм³. Відповідно при цих же витратах уміст гідрокарбонатів у воді складав: 498, 406, 313, 273, 233, 181 та 153 мг/дм³. Для періоду після зарегулювання стоку (1971-2002 рр.) такої закономірності не встановлено.

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

Частина проб води р. Хорол 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. Ленинград.: Гидрометиздат, 1946, 240 с.
2. Гидрологический ежегодник. 1936-1990 гг. 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. Сніжко С.І. Оцінка та прогнозування якості природних вод. Київ. "Ніка-Центр". 2001. 262 с.
7. Справочник по водным ресурсам // Под редакцией Б.И. Стрельца. К. Урожай, 1987. 304 с.
8. Український радянський енциклопедичний словник. К., Головна редакція Української Радянської Енциклопедії, т.2. 1987. 736 с.; т 3. 1987. 736 с.
9. Шерешевский А.И, Шулипенко Т.Ф. Оценка влияния хозяйственной деятельности на сток средних рек Украины// Тр. УкрНИИ Госкомгидромета. 1986. Вып. 211. С. 36-46.

Анотація

Приведено результати просторово-часового аналізу хімічного складу води річки Хорол за період 1939-2002 рр.. Показано зростання мінералізації й головних іонів, забруднення води органічними й біогенними речовинами, нафтопродуктами, фенолами, СПАР, важкими металами, залишками пестицидів і їх метаболітами.