

УДК 556.114

Курило С.М.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ОСНОВНІ ТЕНДЕНЦІЇ БАГАТОРІЧНИХ ЗМІН МІНЕРАЛІЗАЦІЇ ВОДИ ТА ВМІСТУ ГОЛОВНИХ ІОНІВ У РІЧКАХ УКРАЇНИ

Ключові слова: *гідрохімічний режим, мінералізація, поверхневий стік.*

Вступ. Показник мінералізації води та вміст головних іонів у річкових водах України схильні до трансформації як під впливом антропогенного навантаження, так і в результаті дії природних факторів, зокрема коливання водності річок, яке пов'язане з кліматичними змінами [1]. Як кліматичні умови так і антропогенне навантаження на навколишнє природне середовище не є сталими в часі процесами тож важливим прослідкувати яким чином їх зміни відбиваються на елементах гідрохімічного режиму поверхневих вод.

Постановка завдання. У цьому зв'язку дослідження за багаторіччя (1946-2012 рр.) стосувалися низки правобережних (Десна, Случ, Тетерів, Рось) та лівобережних (Сула, Псел, Ворскла) приток Дніпра, а також річки Західний Буг та Південний Буг. Оцінка трансформації хімічного складу і мінералізації річкових вод за багаторіччя виконувалася за модернізованою в 2006 р. В.К. Хільчевським та С.М. Курилом класифікацією О.О. Алекіна. Модернізація класифікації полягає у введенні до існуючих трьох рівнів ознак (клас, група, тип) четвертої ознаки - підтипу, який виділяється за відносним внеском класоутворюючих аніонів, а також додаванні до групи другого катіона, за умови його зростаючої ролі (понад 25 %-екв.) [2].

Результати досліджень. Для *лівобережних приток Дніпра* (Сула, Псел, Ворскла) протягом багаторіччя спостерігалось зростання середньорічної мінералізації води, для якого можна виділити три характерні періоди. Перший період (умовного гідрохімічного фону, 1946-1979 рр.) - найменша мінералізація і постійний гідрокарбонатно-кальцієвий склад води - C_{116}^{Ca} . Другий період (трансформаційний, 1980 - 1993рр.) - підвищення мінералізації і відчутні зміни її складових на рівні груп і типів: для р. Десна р. Псел - C_{116}^{Ca} на C_{16}^{CaNa} ; для р. Ворскла і р. Сула - C_{116}^{Ca} на C^{NaCa}_{16} . Середньорічне значення мінералізації збільшилося у два рази. Третій період (сучасний, 1994-2012 рр.) - стабілізація хімічного складу річкових вод. [3]

Аналіз трансформації гідрохімічних характеристик для різних фаз водного режиму лівобережних приток Дніпра показав найбільші зміни для весняної повені: на рівні груп - з групи кальцію на групу натрію ; типів (з I і II, які характерні для води більшості річок України, на III тип - який є змішаним і метаморфізованим, що формується в результаті катіонного обміну при взаємодії води та ґрунту); підтипів - вміст класоутворюючого гідрокарбонатного аніону зменшується (іноді становить менше 50%), що пов'язано із зростанням вмісту сульфатів і хлоридів. Під час весняної повені за весь період спостережень відбувалося зростання мінералізації води: р. Сула – з 440 до 832 мг/дм³; р. Псел – з 370 до 840 мг/дм³; р. Ворскла – з 300 до 685 мг/дм³.

Для *правобережних приток Дніпра* (Случ, Тетерів, Рось) спостерігається не така однозначна картина у виділенні трансформаційних періодів хімічного складу води, як у лівобережних приток.

Так, для р. Случ виділяється два характерні періоди. Перший період (умовного гідрохімічного фону, 1960-1974 рр.) - найменша мінералізація і постійний гідрокарбонатно-кальцієвий склад води (C_{1a}^{Ca} , C_{1b}^{Ca}). Другий період (трансформаційний, 1975 – 2008 рр.) – значне скачкоподібне підвищення мінералізації води з максимумом у 2005-2008 рр. Мінімальна середня річна мінералізація становить 126 мг/дм³ (1968р), а максимальне середньорічне значення 546 мг/дм³ (2008 р) .

Найбільш значне зростання мінералізації води р. Случ характерне для періоду весняної повені. Якщо для початку періоду спостереження характерними показниками мінералізації води весною були значення 140-160 мг/дм³, то починаючи з 1970-х років вміст головних іонів починає стрімко зростати, сягаючи свого максимуму у період 1990-1994 рр. - 440-460 мг/дм³.

Найбільш відчутне збільшення мінералізації води р. Случ у меженні періоди зафіксоване у середині 1970-х років минулого століття для фази зимової межені, коли абсолютні значення показника сягнули (осереднені за 5-річчя) величини 450 мг/дм³. Ступінь мінералізації води для періоду літньо-осінньої межені поступово збільшувалася з 330 до 466 мг/дм³.

Для р. Тетерів виділяється три періоди. Перший період (умовного гідрохімічного фону, 1965-1979 рр.) - найменша мінералізація і гідрокарбонатно-кальцієвий склад води - C_{11b}^{Ca} , C_{11b}^{CaNa} . Другий період (трансформаційний, 1980 – 1994 рр.) - підвищення мінералізації і відчутні зміни її складових на рівні груп і типів. Середньорічне значення мінералізації збільшилося у два рази – з 290-350 мг/дм³ до 550-676 мг/дм³ Третій період (сучасний, 1995-2012 рр.) – спостерігається стабілізація хімічного складу річкових вод.

Аналіз багаторічних змін мінералізації води р. Тетерів у різні фази водного режиму виявив наступні тенденції. Значне зростання мінералізації води характерне для періоду весняної повені. Якщо на початку періоду дослідження характерні показники мінералізації води весною коливалися у межах 230-300 мг/дм³ , то починаючи з 1970-х років вміст головних іонів починає стрімко зростати, сягаючи свого максимуму у період 1990-1994 рр. з показниками 630 мг/дм³.

Для межених періодів коливання вмісту розчинених мінеральних речовин у воді р. Тетерів не зазнавали великих змін, хоч і спостерігалася стала тенденція до зростання мінералізації. Абсолютні значення мінералізації води річки коливались в межах 600-800 мг/дм³.

Для р. Рось виділяється два характерні періоди. Перший період (1946-1994 рр.) – незначні циклічні коливання мінералізації води і постійний гідрокарбонатно-кальцієвий склад води (C_{1a}^{CaNa} , C_{1b}^{Ca}) . Другий період (1995 – 2008 рр.) – помітне зменшення мінералізації води (за рахунок гідрокарбонатів і кальцію) при зростанні вмісту сульфатів, хлоридів, натрію і калію. В цілому мінімальна річна мінералізація становить 270 мг/дм³ (2006 р), а максимальне середньорічне значення 627 мг/дм³ (1954 р).

Так, найбільш значне зростання мінералізації води р. Рось характерне для періоду весняної повені. Якщо на початку періоду спостереження характерні показники мінералізації води коливалися у межах 225-440 мг/дм³ , то починаючи з 1970-х років вміст головних іонів починає зростати, сягаючи свого максимуму у період 1970-1985 рр. з показниками 500-600 мг/дм³.

Для меженних періодів характерна дещо інший характер багаторічних змін показника мінералізації води р. Рось. Абсолютні значення мінералізації води річки коливалися в межах 480-520 мг/дм³. Найбільш відчутне збільшення мінералізації у меженні періоди зафіксоване у періоди 1990-1994 рр., коли абсолютні величини цього показника сягнули 529 мг/дм³. Для періоду зимової межени характерне повільне падіння мінералізації із мінімумом в останньому періоді – 339 мг/дм³.

Подібні дослідження були виконані і для річок *Західний Буг* та *Південний Буг*, які показали схожі закономірності стосовно змін мінералізації води та вмісту головних іонів, а також сезонних відмінностей у трансформації хімічного складу річкових вод [4-5].

Окремо проведені розрахунки по виявленню взаємозв'язку між часткою підземного стоку та мінералізацією води річок. Дослідження показали пряму залежність між цими характеристиками гідрологічного режиму річок.

Так при аналізі змін внутрірічного розподілу стоку за складовими живлення річок та мінералізації води для р. Південний Буг зафіксована пряма значуща залежність між мінералізацією води та об'ємами підземного стоку (табл.1, рис 1.).

Таблиця 1. Залежність мінералізації від об'єму підземного стоку для р. Південний Буг – смт Олександрівка

Рік	Об'єм підземного стоку, км ³	Об'єм підземного, %	Мінералізація, мг/дм ³
1951	0,70	35,1	452,7
1957	0,79	36,0	545,5
1985	2,35	56,5	699,0
1993	0,62	50,8	620,0
2009	1,05	44,2	750,5
2011	0,88	39,5	641,8

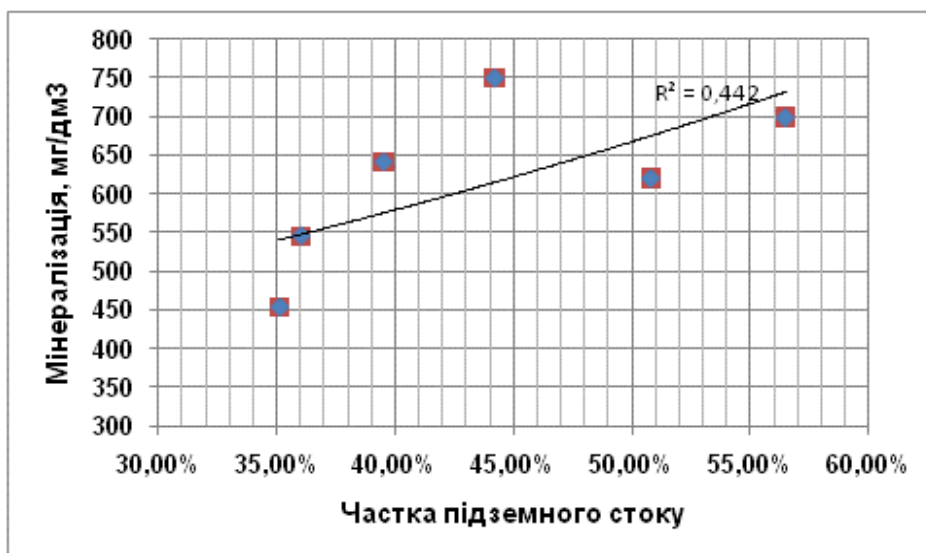


Рис.1. Співвідношення між зміною мінералізації та об'ємом підземного стоку р. Південний Буг – смт Олександрівка.

Як ми можемо бачити на графіку, значення мінералізації має значну залежність від об'єму підземного стоку. При зростанні об'ємів підземного стоку спостерігається і тенденція до збільшення мінералізації. У періоди, де відсоток підземного стоку зменшується – мінералізація також починає зменшуватися. Мінімальним об'ємам мінералізації відповідають і мінімальні об'єми підземного

стоку. Коефіцієнт кореляції r між двома масивами даних становить 0,7, що відповідає значним залежностям.

Подібні результати отримані і для річок Тетерів та Західний Буг (табл. 2, 3, рис.2).

Таблиця 2. Залежність мінералізації від об'єму підземного стоку для р. Тетерів – м. Житомир

Рік	Підземне живлення, %	Середня річна мінералізація, мг/дм ³	Коефіцієнт кореляції «підземний стік-мінералізація»
1967	24,4	380,2	0,8
1973	25,7	434	
1980	33,8	588,9	
1990	26,8	528	
1996	37	676,3	
1997	27,9	556,2	
2002	29	429	
2010	31,1	475,1	

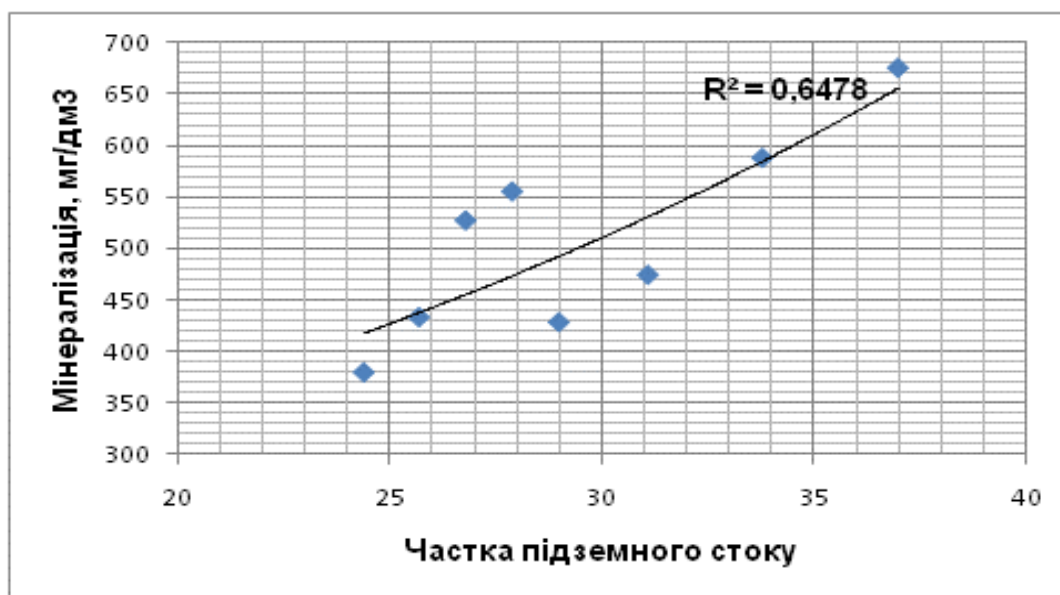


Рис.2. Співвідношення між зміною мінералізації та об'єму підземного стоку р. Тетерів – м. Житомир

Таблиця 3. Зв'язок змін мінералізації води р. Західний Буг – с. Кам'янка-Бузька з деякими чинниками, що впливають на гідрохімічний режим річки

Характеристика	Витрата води	Рівень ґрунтових вод	Пряма атмосферна складова	Водо-відведення	Скид розчинених речовин
Коефіцієнт кореляції з показником мінералізації	-0,05	-0,36	0,4	0,1	0,2

Як видно з наведеної таблиці 3, найбільш тісний зв'язок між показником мінералізації має кількість розчинених мінеральних речовин, що надходить на територію водозбору з атмосферними опадами. Другим за значущістю показником

є рівень ґрунтових вод, але він характеризується оберненою кореляцією. Відсутність зв'язку між мінералізацією та витратами води в річці Західний Буг - Кам'янка Бузька пояснюється тим, що у даних розрахунках використовувалися осереднені за рік показники витрат води та вмісту розчинених речовин, що значно знівельовало генетичні зв'язки і, власне, викликало порушення зв'язку «мінералізація»-«витрата». Слабу міру зв'язку зафіксовано між показником мінералізації та прямим надходженням розчинених речовин із скидними водами, $r = 0.2$ та величиною водовідведення $r = 0.1$. Про невеликий вплив антропогенного фактору на формування режиму головних іонів і мінералізації у воді р. Західний Буг до поста Кам'янка-Бузька свідчить і величина антропогенної частки в іонному стоці річки за 2000-2005 рр. Вона коливалась в межах від 2 до 10 % в залежності від водності року.

Висновки. Аналіз багаторічних змін характеристик гідрохімічного режиму у різні фази водного режиму виявив наступні тенденції. Значне зростання мінералізації води характерне для періоду весняної повені. Для межених періодів коливання вмісту розчинених мінеральних речовин у воді річок не зазнавали великих змін, хоч і спостерігалася стала тенденція до зростання мінералізації.

Аналіз зміни умісту головних іонів у воді річок зафіксував якісні зміни на рівні груп, типів та підтипів, які пов'язані із зростанням вмісту сульфатів, хлоридів та іонів натрію.

Виявлені гідрохімічні зміни можна пояснити зменшенням обсягу поверхневого водного стоку під час весняної повені і зростанням його в меженні періоди, що пов'язано з кліматичними змінами. Відповідно, зростає роль підземного живлення в цей час. При зростанні об'ємів підземного стоку спостерігається і тенденція до збільшення мінералізації. У періоди де відсоток підземного стоку зменшується – мінералізація також починає зменшуватися.

На користь цієї думки свідчить низка отриманих результатів:

- тісний взаємозв'язок між зміною мінералізації та величиною об'єму підземного стоку на досліджених річках; Як відомо, підземні води мають більшу мінералізацію, ніж поверхневі, що й позначається на хімічному складі річкових вод. Зрозуміло, що зростає також і середньорічна мінералізація води та змінюється якісний склад річкових вод.
- значущий взаємозв'язок між рівнем ґрунтових вод на водозборах досліджуваних річок та величиною мінералізації;
- слабкий взаємозв'язок між мінералізацією води та вмістом окремих іонів із показниками, що характеризують ступінь антропогенного навантаження на річки – водовідведенням та надходженням розчинених мінеральних речовин із стічними водами;
- характер зміни гідрохімічних характеристик у внутрішньорічному розрізі: максимальні зміни характерні для періоду весняної повені і менш яскраво виражені у меженні маловодні періоди коли має яскраво проявлятися антропогенний вплив на водні об'єкти.

Перелік посилань

1. Гребінь В.В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз). / В.В. Гребінь - К.: Ніка-Центр, 2010.- 316 с. 2. Хільчевський В. К. Основи гідрохімії: Підручник. / В. К. Хільчевський, В. І. Осадчий, С. М. Курило - К.: Ніка-центр, 2012. - 312 с. 3. Хільчевський В. К. Аналіз багаторічних змін мінералізації і вмісту головних іонів у воді лівобережних приток басейну Дніпра / В.К. Хільчевський, С.М. Курило // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія: наук. збірник. – 2012. – Т.24. - С. 9-17. 4. Жовнір В.В. Аналіз

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2016. – Т.2(41)

багаторічних змін мінералізації і вмісту головних іонів у воді річки Південний Буг – смт Олександрівка/ В.В. Жовнір, С.М. Курило // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія: наук. збірник. — 2014. — Т. 1(32). - С. 64-69. 5. Шипілова А.В. Зміни багаторічних значень мінералізації і вмісту головних іонів у воді р. Західний Буг – п. Кам'янка Бузька / А.В. Шипілова, С.М. Курило // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія: наук. збірник. – 2013. – Т. 4(31). - С. 17-28.

Основні тенденції багаторічних змін мінералізації води та вмісту головних іонів у річках України

Курило С.М.

Проаналізовано тенденції багаторічних змін характеристик гідрохімічного режиму у різні фази водного режиму для різних річок України. Встановлено основні тенденції трансформації хімічного складу річкових вод, а також їх зв'язок з глобальними кліматичними змінами.

Ключові слова: *гідрохімічний режим, мінералізація, поверхневий стік.*

Основные тенденции многолетних изменений минерализации воды и содержания главных ионов в реках Украины

Курило С.М.

Проанализированы многолетние изменения гидрохимического режима рек Украины. Установлены основные тенденции трансформации химического состава речных вод, а также их связь с глобальными климатическими изменениями.

Ключевые слова: *гидрохимический режим, минерализация, подземный сток, поверхностный сток.*

Main trends of the hydrochemical regime of river waters of Ukraine

Kurilo S.

Climatic changes and value of anthropogenous load of watershed of the rivers can be main reasons. The article researched long-term changes in the chemical composition of rivers in Ukraine. Taking it into account for the most relevant tasks which arise for hydrologists and hydrochemists are considered to be determination of modern regularities of streamflow and hydrochemical regime in conditions of warming which happens and assessments of such changes for the perspective. The mineralization of water and concentration of the main ions in river waters change for many reasons. Studying has been executed on the Dnieper River, Desna River, Western Bug River, Southern Bug River and others. The analysis of long-term changes of the hydrochemical regime in different phases of the water found out next tendencies. The trend of increasing salinity of river water is detection. Main changes are taking place in the spring. During a spring overflow for all period of supervisions there was growth of mineralization of water: Sula – from 440 to 832 mg/dm³; Psel – from 370 to 840 mg/dm³; Vorskla – from 300 to 685 mg/dm³. The main factor there is an increased part of groundwater flow. In favor of this conclusion the following results of researches serve. The special executed calculations showed dependence between part of ground flow and chemical composition of water of the rivers. Studying found out direct dependence between these descriptions of the hydrological regime of the rivers. During last two decades decreasing of a part of alimentation by snowmelt is more than 10%. Moreover it is not more the main part of annual runoff. At the same time the part of baseflow increased and it became almost equal to the part of alimentation by snowmelt. There are close dependence between the change of mineralization and value of underground flow on the investigational rivers. As known, ground water has high mineralization, than surface water, that and affects chemical composition of river waters. Clearly, that grows of average mineralization of water and high concentration composition of river waters changes. High dependence is fixed between a ground water level of watershed of the researched rivers and value of mineralization. Low dependence is fixed between value of mineralization and direct receipt of permeates with rainfall waters, $r = 0.2$ and by the size of overflow-pipe of $r = 0.1$.

Keywords: *hydrochemical regime, surface flow, base flow.*

Надійшла до редколегії 24.04.2016