

Сосуществующие формы металлов в воде реки Южный Буг

Жежеря В.А., Линник П.Н.

Рассмотрены результаты исследований форм нахождения Al(III), Fe(III) и Cu(II) в воде реки Южный Буг. Установлено, что Fe(III) и Al(III) мигрируют преимущественно во взвешенной форме, тогда как для взвешенного Al(III) характерно снижение его концентрации и относительного содержания с уменьшением массы взвеси. Медь мигрирует главным образом в растворенном состоянии. Относительное содержание Al(III), Fe(III) и Cu(II) в составе комплексов с растворенными органическими веществами (РОВ) анионной природы, по средним величинам, составляет соответственно 76, 48, и 60%. Установлено, что относительное содержание Fe(III) в составе нейтральных комплексов, по средним величинам, достигает 36%, тогда как для Al(III) и Cu(II) оно составляет соответственно 15 и 28%. Установлено, что Al(III) и Cu(II) конкурируют с Fe(III) за центры связывания в макромолекулах гумусовых веществ. Среди комплексных соединений исследуемых металлов с РОВ анионной природы преобладают комплексы с молекулярной массой, которая не превышает 2,0 кДа.

Ключевые слова: алюминий; железо; медь; формы нахождения, р. Южный Буг

Coexisting forms of metals in water of the Pivdenniy Bug River

Zhezherya V.A., Linnik P.M.

Results of investigation of the Al(III), Fe(III) and Cu(II) coexisting forms in water of the Pivdenniy Bug River are considered. It is established that Fe(III) and Al(III) migrate mainly in composition of the suspended substances, whereas the concentration and the relative content of suspended Al(III) are decreased with decreasing the suspended substances weight. Cu(II) migrates mainly in the dissolved state. Average values of the Al(III), Fe(III) and Cu(II) complexes with dissolved organic matter (DOM) of the anionic nature are 76, 48 and 60%, respectively. It is established that average value of the Fe(III) complexes with DOM of the neutral nature is 36%, while average values of the Al(III) and Cu(II) complexes with DOM of the neutral nature are 15 and 28%, respectively. It is established that Al(III) and Cu(II) compete with Fe(III) for the binding centers in the macromolecules of humic substances. Among the metal complexes with DOM of the anionic nature, the fraction with molecular weight $\leq 2,0$ kDa is dominated.

Keywords: aluminium; iron; copper; coexisting forms; Pivdenniy Bug River

Надійшла до редколегії 12.05.2012

УДК 556.012;167

Курило С.М., Винарчук О.О.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

АНАЛІЗ БАГАТОРІЧНИХ ЗМІН МІНЕРАЛІЗАЦІЇ І ВМІСТУ ГОЛОВНИХ ІОНІВ У ВОДІ ЛІВОБЕРЕЖНИХ ПРИТОК БАСЕЙНУ ДНІПРА

Ключові слова: гідрохімічний режим; трансформація хімічного складу; мінералізація

Вступ. Природний гідрохімічний режим багатьох річок України у значній мірі трансформувався як під впливом тривалого антропогенного навантаження, так і внаслідок зміни низки природних умов, що впливають

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2012. – Т.2(27)

на формування хімічного складу поверхневих вод. Складність і різноманіття впливу зазначених факторів на річкові води призвели до низки негативних наслідків, що ускладнює проблему використання водних ресурсів та вимагає своєчасного реагування. У наш час фіксуються стійкі незворотні зміни у кількісному та якісному стані поверхневих вод України, які призводять до втрати водними екосистемами їх відновлювальної та очисної спроможності, зміни природної динамічної рівноваги (рівновага системи, яка підтримується за рахунок взаємодії абіотичних та біотичних факторів) у водних об'єктах, в тому числі і за показниками мінералізації.

Тож вкрай актуальним питанням постала необхідність у дослідженні етапів довгострокових змін показника мінералізації у річкових водах під впливом зовнішніх факторів. В той же час слід наголосити, що зазначені односпрямовані зміни хімічного складу річкових вод відбуваються на тлі характерних для кожної річки періодичних коливань водного стоку.

Особливого значення набуває дослідження закономірностей зв'язку між ступенем зміни мінерального складу річкових вод і фазами водності (водопілля, паводковий та меженний періоди).

Постановка завдання та вихідні матеріали. Метою досліджень є оцінка якісних і кількісних змін гідрохімічного режиму лівобережних приток басейну р. Дніпро в межах лісостепової зони (річки Сула, Псел, Ворскла). Трансформація хімічного складу має оцінюватись за наступними напрямками: зміна загальних кількісних характеристик (загальна мінералізація) і зміна іонного складу на якісному рівні. Для оцінки іонного складу було запропоновано модернізовану В.К.Хільчевським та С.М. Курилом класифікацію природних вод за хімічним складом О.О. Алекіна (далі в таблицях МКА), де індикатором трансформації є зміна класифікаційних ознак [1]. Для оцінки кількісних змін показника мінералізації запропоновано використовувати коефіцієнт галінності K_G [2].

Осереднене значення середньорічних показників даних про мінералізацію води (або осереднених показників для кожної фази гідрологічного режиму: весняна повінь, меженні періоди) вважати початковою характеристикою G_R . Відповідне значення для кожного наступного року (або періоду) приймати за поточну характеристику G . Відношення поточної характеристики G до початкової G_R і буде коефіцієнтом галінності K_G :

$$K_G = G / G_R. \quad (1)$$

Якщо $K_G > 1$ мінералізація зростає, відповідно якщо $K_G < 1$ мінералізація зменшується.

Як зазначалося нами у попередніх дослідженнях, протягом останніх десятиріч, в гідрохімічному режимі багатьох середніх водотоків дніпровського басейну відбулися характерні і досить відчутні зміни більш деталізований аналіз яких нами наводиться нижче.

Основні результати. Було виконано аналіз багаторічних змін гідрохімічного режиму річок Сула (м. Лубни), Псел (с. Запсілля) та Ворскла (с. Чернетчина) за середніми річними характеристиками мінералізації та

вмісту головних іонів, а також відповідні дослідження по фазам водного режиму (весняне водопілля, літньо-осіння межень, зимова межень).

Річка Сула. Мінімальна середньорічна мінералізація становить 286 мг/дм³ (1947 р.) , а максимальне середньорічне значення – 1125 мг/дм³ (1992 р). Середньорічні показники мають сталу тенденцію до зростання з невеликими циклічними коливаннями в межах 3-6 річних періодів. В цілому, за досліджуваний період мінералізація зросла з 440 мг/дм³ до 832 мг/дм³. Лінійний тренд, нівелюючи існуючі коливання, свідчить про стійке повільне зростання значень середньорічної мінералізації.

Графічне відображення часових змін середньорічної величини мінералізації, осередненої за п'ятирічними періодами за допомогою коефіцієнту галинності K_G , наведено на рис. 1.

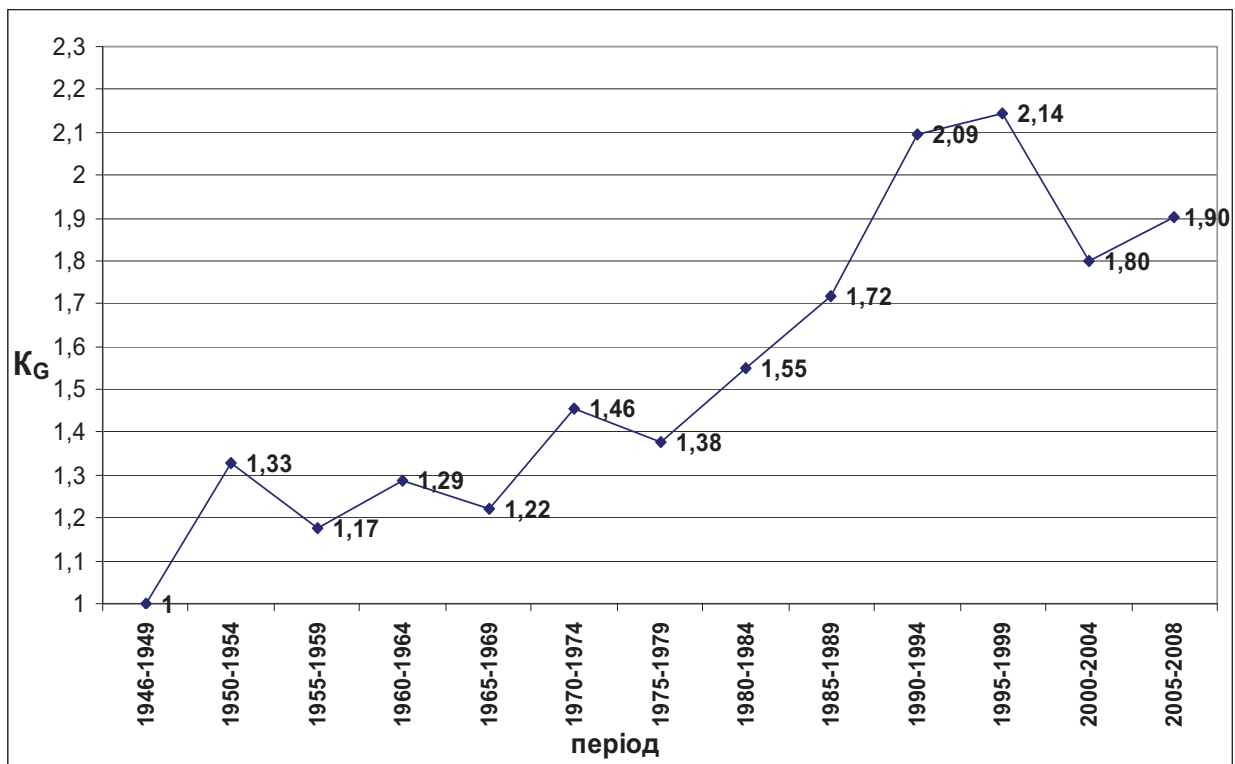


Рис.1. Часовий розподіл середньорічної величини коефіцієнту галинності (K_G) для р. Сула - м. Лубни за період 1946-2008рр.

В цілому, у коливанні середньорічних величин мінералізації можна виділити три характерних періоди. Перший період (1946-1979 рр.) – поступове зростання мінералізації з невеликими циклічними коливаннями. Другий період (1979-1999 рр.) – значне зростання вмісту розчинених мінеральних речовин (на 70%) із максимумом у 1999 р. Третій період (2000-2008 рр.) – незначне зменшення мінералізації води р. Сула. Зазначені зміни мінералізації води відбувалися за рахунок зростання вмісту іонів легкокорозивних солей, зокрема SO_4^{2-} , Cl^- , та катіонної пари (Na+K).

Особливий інтерес становлять багаторічні зміни показника мінералізації у різні фази водного режиму (рис.2). Тут спостерігається доволі неоднорідна ступінь трансформації. Так, найбільш значне зростання мінералізації води характерне для періоду весняного водопілля. Якщо на початку періоду

спостереження характерні показники величини мінералізації знаходяться у межах 250-400 мг/дм³ (що відповідає величині коефіцієнта галінності $K_G = 1-1,5$), то починаючи з 1970-х років вміст головних іонів починає стрімко зростати, сягаючи свого максимуму у період 1995-2000 рр. з показниками 1000-1100 мг/дм³ ($K_G = 3-3,3$).

Для межених періодів притаманним є дещо інший характер багаторічних змін показника мінералізації. Протягом досліджуваних періодів 1946-1979 рр. коливання вмісту розчинених мінеральних речовин не зазнавали великих змін. Абсолютні значення мінералізації води річки коливались в межах 500-750 мг/дм³, що відповідає величині коефіцієнта галінності $K_G = 1-1,4$. Найбільш відчутне збільшення мінералізації у межених періоди зафіксоване у періоди 1985-2004 рр., коли абсолютні величини цього показника сягнули 900-1030 мг/дм³. ($K_G = 1,7-1,9$). Слід зазначити, що характер коливань показника мінералізації майже ідентичний як для періоду літньо-осінньої, так і зимової межени.

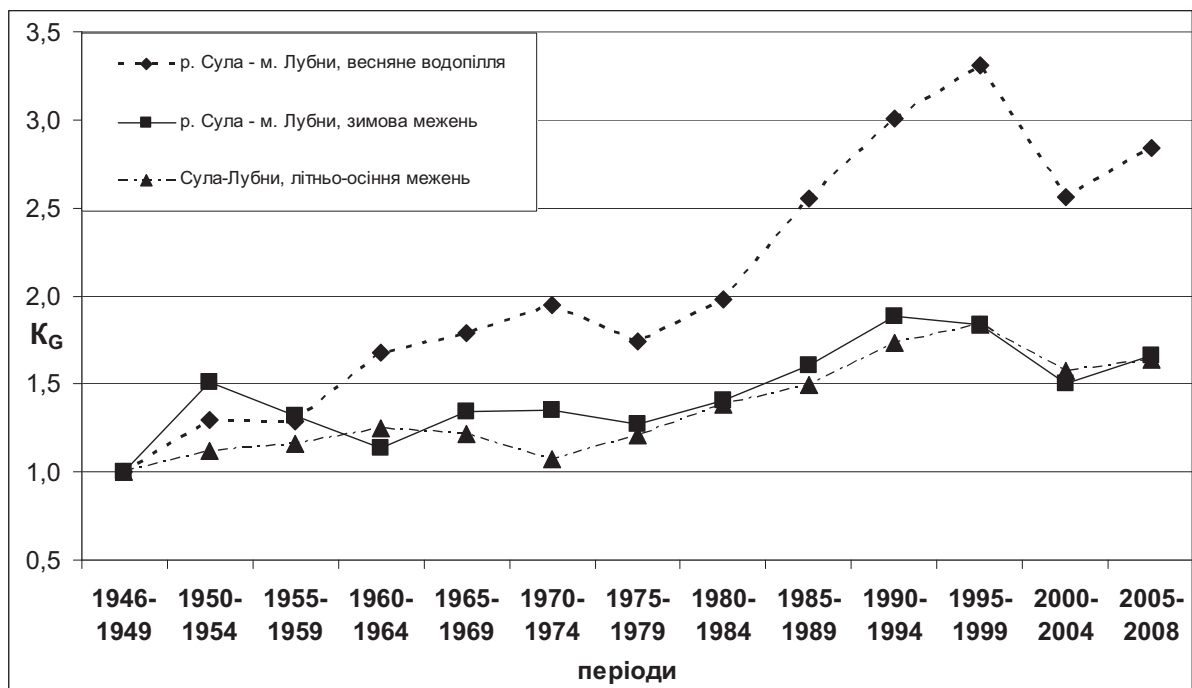


Рис. 2. Часовий розподіл величини коефіцієнту галінності (K_G) для різних фаз водного режиму р. Сула - м. Лубни за період 1946-2008 рр.

Зміни хімічного складу води на якісному і кількісному рівні з використанням зазначених вище методичних підходів відображені у табл. 1.

За даними середньорічних гідрохімічних показників, річкові води характеризувалися чітко вираженою належністю до гідрокарбонатного кальцієвого, гідрокарбонатного кальцієво-магнієвого або гідрокарбонатно-сульфатного кальцієво-магнієвого типу [3,4].

Таблиця 1. Динаміка коефіцієнту галінності (K_G) та хімічного типу вод за МКА* р. Сула – м. Лубни за період 1946 – 2008 рр.

Фаза водного режиму Період	Середні річні показники		Весняне водопілля		Літньо-осіння межень		Зимова межень	
	K_G	МКА	K_G	МКА	K_G	МКА	K_G	МКА
1946-1949	1	C_{Ia}^{CaMg}	1,0	C_{IIa}^{CaMg}	1,0	C_{Ia}^{CaMg}	1,0	C_{Ia}^{CaMg}
1950-1954	1,33	C_{Ia}^{CaMg}	1,30	C_{Ia}^{CaMg}	1,12	C_{Ia}^{CaMg}	1,51	C_{Ia}^{CaMg}
1955-1959	1,17	C_{Ia}^{CaMg}	1,29	C_{I6}^{CaMg}	1,16	C_{Ia}^{CaMg}	1,32	C_{Ia}^{CaMg}
1960-1964	1,29	C_{Ia}^{CaMg}	1,68	C_{IIa}^{CaMg}	1,25	C_{Ia}^{CaMg}	1,14	C_{Ia}^{CaMg}
1965-1969	1,22	C_{IIa}^{CaMg}	1,79	C_{IIa}^{CaMg}	1,21	C_{Ia}^{CaMg}	1,34	C_{I6}^{CaMg}
1970-1974	1,46	C_{IIa}^{CaMg}	1,95	C_{IIa}^{CaMg}	1,07	C_{Ia}^{CaMg}	1,36	-**
1975-1979	1,38	-	1,74		1,21	-	1,27	-
1980-1984	1,55	C_{Ia}^{CaNaMg}	1,98	C_{Ia}^{MgNa}	1,38	C_{Ia}^{CaMg}	1,41	-
1985-1989	1,72	C_{I6}^{CaNaMg}	2,55	C_{II6}^{CaMg}	1,49	C_{II6}^{CaNa}	1,60	C_{I6}^{CaMg}
1990-1994	2,09	C_{I6}^{NaCa}	3,01	C_{I6}^{NaCa}	1,73	C_{II6}^{NaCa}	1,89	C_{I6}^{NaCa}
1995-1999	2,14	C_{I6}^{NaCa}	3,31	C_{I6}^{NaCa}	1,83	C_{II6}^{Ca}	1,84	C_{I6}^{NaCa}
2000-2004	1,80	C_{I6}^{CaNa}	2,56	C_{II6}^{CaNa}	1,58	C_{II6}^{CaNa}	1,50	C_{II6}^{Ca}
2005-2008	1,90	C_{I6}^{CaNa}	2,84	C_{II6}^{CaNa}	1,64	C_{II6}^{CaNa}	1,66	C_{IIa}^{CaNa}

Примітка. *МКА – модернізована класифікація Алекіна хімічного складу природних вод.

** відсутні відомості про вміст деяких іонів у воді річки.

Однією з причин формування такого складу річкових вод є особливості широко розповсюджених регіональних ґрунтів і порід з характерними солонцюватими включеннями та підвищеним вмістом розчинних солей (сульфатів, хлоридів натрію і калію). Ці ж фактори спричиняють і різку відмінність на якісному рівні у хімічному складі води р. Сула під час різних фаз водного режиму. Так, сульфатний клас води під час весняного водопілля пояснюється активним вимиванням іонів легкорозчинних солей з поверхні водозбору під час формування великих об'ємів поверхневого стоку. А зменшення ролі іонів натрію та їх заміщення іонами кальцію пов'язано зі зменшенням об'ємів весняного водопілля і відповідно частки поверхневого стоку в цій фазі водного режиму.

Річка Псел. Аналізуючи зміни мінералізації і вмісту головних іонів для р. Псел – с. Запсілля можна виявити наступні особливості гідрохімічного режиму. В зміні середньорічних значень мінералізації і концентрацій головних іонів можна виділити 3 характерних періоди.

Перший період (умовний природний фон, 1953-1979 рр.) характеризувався малою мінералізацією і сталим гідрокарбонатно-кальцієвим складом води C_{II6}^{Ca} . Значення коефіцієнту галінності коливались біля значень референсного періоду.

Другий період (перехідний, 1980-1984рр.) характеризувався підвищенням мінералізації води і відчутною зміною її хімічного складу на рівні груп і

типів з $C_{\text{Пб}}^{\text{Ca}}$ на $C_{\text{Іб}}^{\text{CaNa}}$. Відбулося зростання показника K_G з значення 0,97 до 1,38, що у сукупності з різким зростанням вмісту іонів SO_4^{2-} , Cl^- може свідчити про зростання впливу антропогенного чинника у формуванні іонного складу (рис. 3).

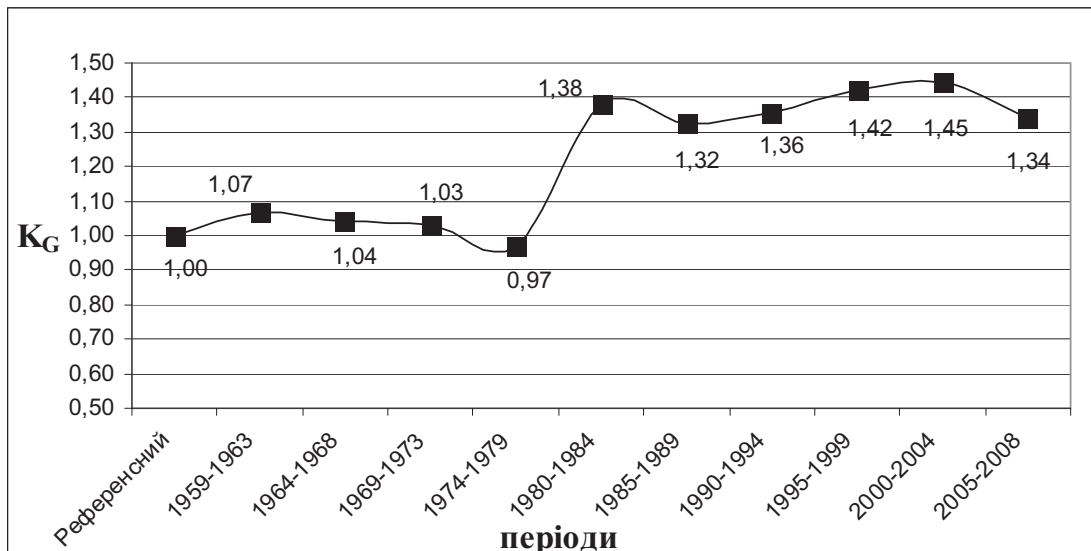


Рис. 3. Часовий розподіл середніх річних величин коефіцієнту галинності (K_G) для р. Псел - с. Запсілля за період 1959-2008 рр.

Третій період (сучасний, 1985-2008 рр.) характеризується стабілізацією змін у гідрохімічному режимі річки як на рівні кількісних характеристик (коефіцієнт галинності дорівнював значенням 1,3–1,4), так і якісних (співвідношення між головними іонами).

Аналіз багаторічних змін показника мінералізації у різні фази водного режиму виявив наступні тенденції. Як і для попереднього об'єкту дослідження, для р. Сула характерним є доволі неоднорідний ступінь зміни гідрохімічного режиму (рис.4). Найбільш значне зростання мінералізації води характерно для періоду весняного водопілля. Якщо на початку періоду спостереження характерними показниками величини мінералізації є значення у межах $342\text{--}370 \text{ мг/дм}^3$ (що відповідає величині коефіцієнта галинності $K_G = 1\text{--}1,1$), то, починаючи з 1970-х років, вміст головних іонів починає стрімко зростати, сягаючи свого максимуму у період 1990-1994 рр. з показниками 840 мг/дм^3 ($K_G = 2,1$).

Для межених періодів притаманним є дещо інший характер багаторічних змін показника мінералізації. Протягом досліджуваних періодів 1946-1979 рр. коливання вмісту розчинених мінеральних речовин не зазнавали великих змін. Абсолютні значення мінералізації води річки коливались в межах $600\text{--}800 \text{ мг/дм}^3$, що відповідає величині коефіцієнта галинності $K_G = 1\text{--}1,32$. Найбільш відчутне збільшення мінералізації у межених періодах зафіксовано у періоди 1990-2004 рр., коли абсолютні величини цього показника сягнули $760\text{--}880 \text{ мг/дм}^3$ ($K_G = 1,27\text{--}1,31$). Слід зазначити, що мінералізація води у зимову меженю є вищою 880 мг/дм^3 ($K_G = 1,27$), а її зростання інтенсивніше, ніж для літньо-осінньої межени (сума іонів = 760 мг/дм^3 , $K_G = 1,32$). Характер

зміни досліджуваних показників за період 1954-1990 рр. майже ідентичний як для періоду літньо-осінньої, так і зимової межень.

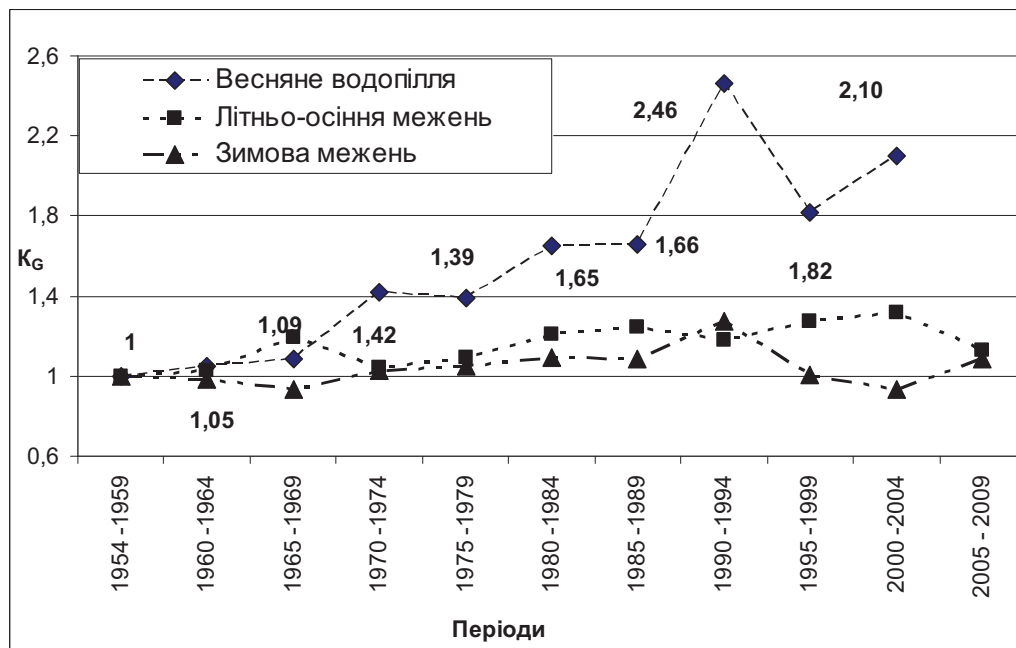


Рис. 4. Часовий розподіл величини коефіцієнту галінності (K_G) для різних фаз водного режиму р. Сула - м. Лубни за період 1954-2008 рр.

Починаючи з 1990-1994 рр., значення мінералізації води для періоду літньо-осінньої межень збільшувався. А для зимової межень ці характеристики навпаки почали зменшуватися.

Зміни хімічного складу води на якісному і кількісному рівні з використанням зазначених вище методичних підходів відображені у табл. 2.

Таблиця 2. Динаміка коефіцієнту галінності (K_G) та хімічного типу вод за МКА* р. Псел – с. Запсілля за період 1955 – 2008 рр.

Фаза водного режиму	Середні річні показники		Весняне водопілля		Літньо-осіння межень		Зимова Межень	
	K _G	МКА	K _G	МКА	K _G	МКА	K _G	МКА
1955-1959	1	C ^{Ca} _{IIб}	1	C ^{Ca} _{IIa}	1,00	C ^{Ca} _{IIб}	1,00	C ^{Ca} _{IIa}
1960-1964	1,07	C ^{Ca} _{IIб}	1,05	C ^{Ca} _{IIб}	1,03	C ^{Ca} _{IIб}	0,98	C ^{CaNa} _{IIб}
1965-1969	1,04	C ^{Ca} _{IIб}	1,09	C ^{Ca} _{IIб}	1,19	C ^{CaNa} _{IIб}	0,93	C ^{CaMg} _{IIa}
1970-1974	1,03	C ^{Ca} _{IIб}	1,42	C ^{Ca} _{IIa}	1,05	C ^{Ca} _{IIб}	1,03	C ^{CaNa} _{IIб}
1975-1979	0,97	C ^{Ca} _{IIб}	1,39	C ^{Ca} _{IIб}	1,09	C ^{CaNa} _{IIб}	1,05	C ^{Ca} _{IIб}
1980-1984	1,38	C ^{CaNa} _{IIб}	1,65	C ^{CaNa} _{IIб}	1,21	C ^{CaNa} _{IIб}	1,09	C ^{CaNa} _{IIб}
1985-1989	1,32	C ^{CaNa} _{IIб}	1,66	C ^{CaNa} _{IIб}	1,24	C ^{CaNa} _{IIб}	1,08	C ^{CaNa} _{IIб}
1990-1994	1,36	C ^{CaNa} _{IIб}	2,46	C ^{NaCa} _{IIб}	1,18	C ^{CaNa} _{IIб}	1,27	C ^{CaNa} _{IIб}
1995-1999	1,42	C ^{CaNa} _{IIб}	1,82	C ^{CaNa} _{IIб}	1,27	C ^{CaNa} _{IIб}	1,01	C ^{CaNa} _{IIб}
2000-2004	1,45	C ^{CaNa} _{IIб}	2,10	C ^{CaNa} _{IIIв}	1,32	C ^{CaNa} _{IIб}	0,93	C ^{CaNa} _{IIб}
2005-2008	1,34	C ^{CaNa} _{IIб}	1	C ^{CaNa} _{IIб}	1,13	C ^{CaNa} _{IIб}	1,08	C ^{CaNa} _{IIб}

Примітка. *МКА – модернізована класифікація Алекіна хімічного складу природних вод.

З табл. 2 видно, що за час досліджень найзначніші якісні зміни хімічного складу води р. Псел, характерні для періоду весняної повені. Для цієї фази водного режиму характерною є неодноразова зміна якісних характеристик води на рівнях груп – з групи кальцію на групу натрію, типів (з I, II типів, які характерні для більшості вод річок території України, до III типу – які є змішаними і метаморфізованими, формуються в результаті катіонного обміну при взаємодії води і ґрунту), підтипів – вміст класоутворюючого гідрокарбонатного аніону інколи становить менше 50%.

Основним чинником зміни якісного і кількісного складу річкових вод є різке збільшення вмісту іонів натрію, хлору та сульфатного іону.

Річка Ворскла. У природному хімічному складі вод річки Ворскла переважають гідрокарбонатні іони, а також іони кальцію та натрію. Хімічний тип поверхневих вод класифікується як гідрокарбонатний кальцієво-магнієво-натрієвий. Води прісні. Мінімальна річна мінералізація становить 452 мг/дм³ (1957 р.), а максимальне середньорічне значення 915 мг/дм³ (1993 р). В цілому середньорічні показники мають сталу тенденцію до зростання з невеликими циклічними коливаннями в межах 3-6 річних циклів. В цілому, за досліджуваний період, мінералізація зросла з 452 мг/дм³ до 720 мг/дм³. Лінійний тренд, нівелюючи існуючі коливання, свідчить про стійке повільне зростання значень середньорічної мінералізації за період спостережень приблизно у 1,5 рази.

Графічне відображення часових змін величини мінералізації за допомогою коефіцієнта галінності K_G наведено на рис.5.

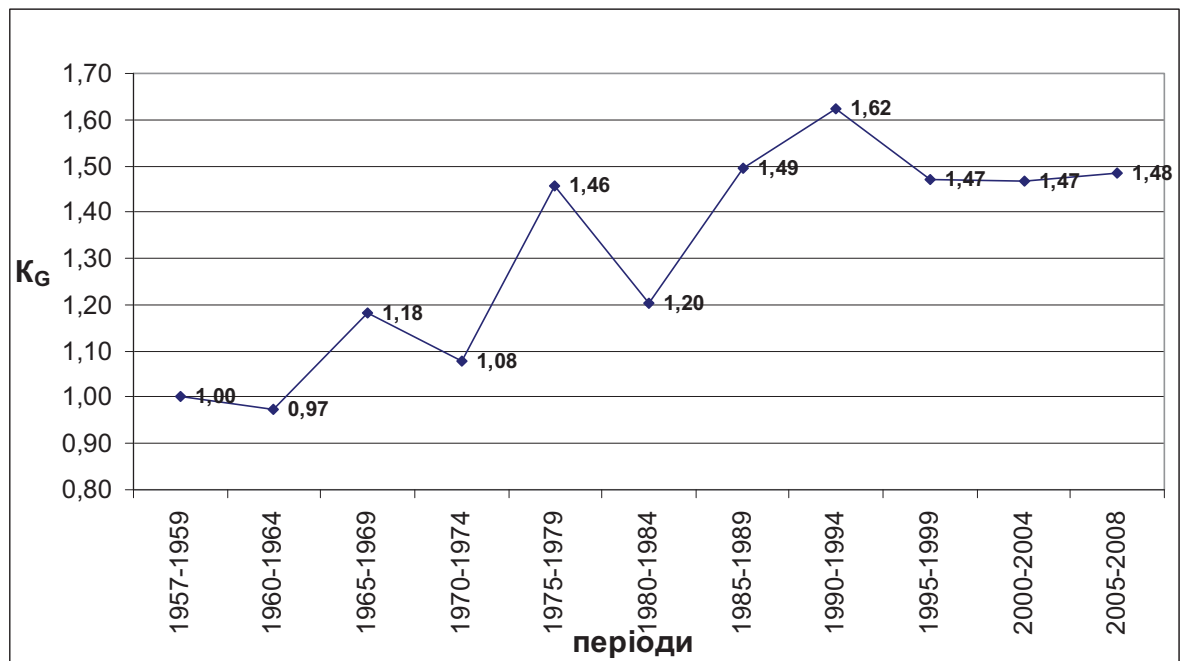


Рис. 5. Часовий розподіл середніх річних величин коефіцієнту галінності (K_G) для р. Ворскла - с. Чернетчина за період 1957-2008 рр.

Для річки Ворскла можна виділити наступні характерні періоди коливання середньорічних величин мінералізації води: 1. перший період (1957-1974 рр.) – поступове зростання мінералізації з невеликими

циклічними коливаннями близькими до значень перших 5-ти років періоду досліджень (референсний період); 2. другий період (1975 – 1994 рр.) – значне стрибко-подібне зростання вмісту розчинених мінеральних речовин (на 60%) із максимумом у період 1990-1994 рр.; 3. третій період (1995-2008 рр.) – незначне зменшення мінералізації води р. Сула. Слід відзначити, що за останні 15 років досліджень значення середньорічної мінералізації залишалися стабільними.

Аналіз багаторічних змін показника мінералізації у різні фази водного режиму, повторив раніше виявлені особливості характерні для лівобережних приток Дніпра лісостепової зони (рис.6). Як і для попередніх об'єктів дослідження характерними є неоднорідні зміни гідрохімічного режиму. Найбільш значне зростання мінералізації води характерно для періоду весняного водопілля. Якщо для початку періоду спостереження, характерними показниками величини мінералізації були величини 280-300 мг/дм³ (коефіцієнт галинності $K_G = 1-1,1$) то починаючи з 1970-х років вміст головних іонів починає стрімко зростати, сягаючи свого максимуму у період 1990-1994 рр. з показниками 685 мг/дм³ ($K_G = 2,45$).

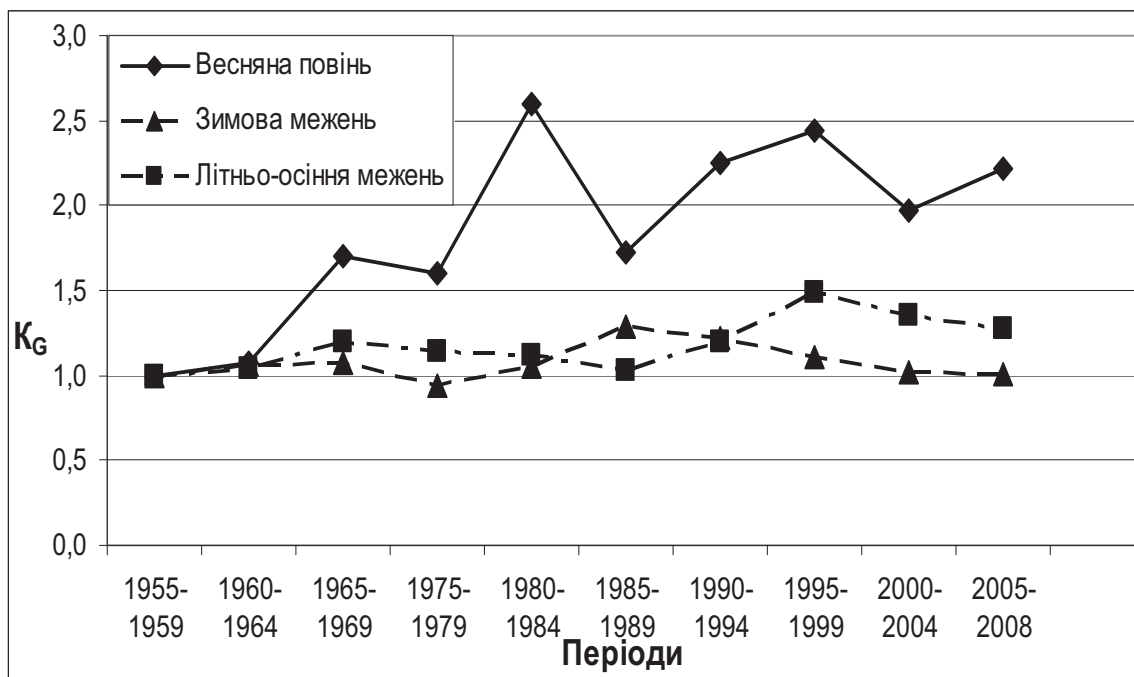


Рис. 6. Часовий розподіл величини коефіцієнту галинності (K_G) для різних фаз водного режиму р. Ворскла - с. Чернетчина за період 1955-2008 рр.

Для межених періодів притаманний дещо інший характер багаторічних змін показника мінералізації. Протягом досліджуваних періодів 1946-1979 рр. коливання вмісту розчинених мінеральних речовин не зазнавали великих змін. Абсолютні значення мінералізації води річки коливались в межах 690-750 мг/дм³, що відповідає величині коефіцієнта галинності $K_G = 1-1,2$. Найбільш відчутне збільшення мінералізації у межених періоди зафіксовано у середині 1990-х років минулого століття для фази літньо-осінньої межени, коли абсолютні величини показника сягнули 845 мг/дм³ ($K_G = 1,5$). Слід зазначити, що максимальна величина показника мінералізації для зимової

межені становить 899 мг/дм³ ($K_G = 1,29$). Характер зміни досліджуваних показників за період 1954-1990 рр. майже ідентичний як для періоду літньо-осінньої так і зимової межени.

Починаючи з 1990-1994 рр. ступінь мінералізації води для періоду літньо-осінньої межени збільшувалася. А для зимової межени ці характеристики навпаки – почали зменшуватися до значень референсного періоду.

Зміни хімічного складу води на якісному і кількісному рівні відображені у табл. 3.

Таблиця 3. Динаміка якісних і кількісних показників гідрохімічного режиму р. Ворскла – с. Чернетчина за період 1955-2008 рр.

Період \ Фаза водного режиму	Середні річні показники		Весняне водопілля		Літньо-осіння межень		Зимова Межень	
	K_G	МКА*	K_G	МКА	K_G	МКА	K_G	МКА
1955-1959	1,00	C_{IIa}^{Ca}	1,0	C_{IIa}^{Ca}	1,00	$C_{IIб}^{Ca}$	1,00	C_{IIa}^{Ca}
1960-1964	0,97	$C_{IIб}^{Ca}$	1,07	$C_{IIб}^{Ca}$	1,04	$C_{IIб}^{CaNa}$	1,06	$C_{IIб}^{Ca}$
1965-1969	1,18	$C_{IIб}^{CaNa}$	1,70	$C_{IIб}^{Ca}$	1,19	C_{IIa}^{CaNa}	1,07	$C_{Iб}^{CaNa}$
1970-1974	1,08	$C_{IIб}^{Ca}$	1,60	C_{IIa}^{Ca}	1,14	$C_{IIб}^{Ca}$		
1975-1979	1,46	$C_{IIб}^{Ca}$	1,53	$C_{IIб}^{CaNa}$	1,12	$C_{IIб}^{CaMg}$	0,94	$C_{IIб}^{CaMg}$
1980-1984	1,20	$C_{IIб}^{CaNa}$	1,73	$C_{Iб}^{CaNa}$	1,03	C_{Ia}^{CaNa}	1,06	C_{IIa}^{CaNa}
1985-1989	1,49	$C_{Iб}^{CaNa}$	2,25	$C_{Iб}^{CaNa}$	1,19	$C_{IIб}^{CaNa}$	1,28	$C_{Iб}^{CaNa}$
1990-1994	1,62	$C_{Iб}^{NaCa}$	2,44	$C_{Iб}^{NaCa}$	1,49	$C_{Iб}^{NaCa}$	1,22	$C_{Iб}^{NaCa}$
1995-1999	1,47	$C_{IIб}^{CaNa}$	1,97	$C_{Iв}^{CaNa}$	1,35	$C_{IIб}^{CaNa}$	1,10	$C_{IIIв}^{Ca}$
2000-2004	1,47	$C_{IIб}^{CaNa}$	2,22	$C_{Iв}^{CaNa}$	1,27	$C_{IIб}^{CaNa}$	1,01	$C_{IIб}^{CaMg}$
2005-2008	1,48	$C_{IIб}^{CaNa}$			1,28	$C_{IIб}^{CaNa}$	1,00	$C_{IIб}^{CaMg}$

Примітка. *МКА – модернізована класифікація Алекіна хімічного складу природних вод.

З табл. 3 видно, що за час досліджень значні зміни хімічного складу води р. Псел є характерними для всіх фаз водного режиму, особливо для періоду 1985-1994 рр. Для нього притаманна неодноразова зміна якісних характеристик води на рівнях груп – з групи кальцію на групу натрію, типів (з I, II типів, які характерні для більшості вод річок території України, до III типу – які є змішаними і метаморфізованими, формуються в результаті катіонного обміну при взаємодії води і ґрунту), підтипів – вміст класоутворюючого гідрокарбонатного аніону інколи становить менше 50%.

Висновки. Узагальнюючи наведені у статті результати дослідження багаторічних змін хімічного складу і мінералізації річкових вод можна зробити висновки про наступне:

1. Протягом всього періоду досліджень (1955-2008 рр.) для лівобережних притоків лісостепової зони р. Дніпро спостерігалось значне зростання мінералізації води.

2. В зміні середньорічних значень мінералізації і концентрацій головних іонів для всіх притоків можна виділити 3 характерних періоди:

- перший період (умовний природний фон, 1955-1979 рр.) характеризувався малою мінералізацією і сталим гідрокарбонатно-кальцієвим складом води C_{IIb}^{Ca} . Значення коефіцієнту галинності коливались біля значень референсного періоду (тобто 1);

- другий період (трансформаційний, 1980-1999рр.) характеризувався підвищенням мінералізації води і відчутною зміною її якісного складу на рівні груп і типів з C_{IIb}^{Ca} на C_{Ib}^{CaNa} , для р. Ворскла і р. Сула була зафіксована зміна групо-утворюючого катіона – трансформаційний ланцюг набув вигляду $C_{IIb}^{Ca} \rightarrow C_{Ib}^{CaNa} \rightarrow C_{Ib}^{NaCa}$. Відбулося зростання показника K_G із значення 1 до 2,1;

- третій період (сучасний, 2000-2008 рр.) характеризується стабілізацією змін у гідрохімічному режимі річки як на рівні кількісних характеристик (коефіцієнт галинності дорівнював значенням 1,5-2,0), так і якісних (співвідношення між головними іонами).

Аналіз змін гідрохімічних характеристик для *різних фаз водного режиму* засвідчив, що найзначніші якісні і кількісні зміни характерні для періоду весняного водопілля. Максимальні значення коефіцієнту галинності становлять $K_G = 2,5-3$. Для цієї фази водного режиму характерна неодноразова зміна якісних характеристик води на рівнях груп – з групи кальцію на групу натрію, типів (з I, II типів, які характерні для більшості вод річок території України, до III типу – які є змішаними і метаморфізованими, формуються в результаті катіонного обміну при взаємодії води і ґрунту), підтипів – вміст класоутворюючого гідрокарбонатного аніону інколи становить менше 50%.

Основним чинником зміни якісного і кількісного складу річкових вод є різке збільшення вмісту іонів натрію, хлору та сульфатного іону.

Для межених періодів характерним є періодичне незначне збільшення мінералізації води $K_G = 1,2-1,7$. Інколи можливі зміни групо-утворюючих аніонів $C_{Ib}^{CaMg} \rightarrow C_{Ib}^{NaCa} \rightarrow C_{IIb}^{Ca}$.

Основним чинником зміни якісного і кількісного складу річкових вод є різке збільшення вмісту іонів натрію, хлору та сульфатного іону.

Список літератури

1. Хільчевський В.К. Про методичний підхід для дослідження трансформації хімічного складу річкових вод / Хільчевський В. К., Руденко Р. В., Курило С. М. // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2006. – Т. 9. – С. 9–17.
2. Курило С.М. Багаторічні зміни мінералізації і вмісту головних іонів у воді р. Псел та аналіз їх взаємозв'язку із водністю / С. М. Курило, О. О. Винарчук // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2012. – Т. 25. – С. 9–17.
3. Винарчук О. О. Умови формування хімічного складу води та вивченість гідрохімічного режиму річок лівобережного лісостепу / О.О. Винарчук, В. К. Хільчевський // Гідрологія, гідрохімія та гідроекологія. – 2010. – Т.18. – С. 219–229.
4. Осадчий В. І. Основні тенденції формування хімічного складу поверхневих вод України у 1995-1999 рр. / В. І. Осадчий // Наукові праці УкрНДГМІ. – 2001. – Т.48. – С. 138-153.

Аналіз багаторічних змін мінералізації і вмісту головних іонів у воді лівобережних приток Дніпра
Курило С.М., Винарчук О.О.

Виконаний аналіз багаторічних змін гідрохімічного режиму річок Сула, Псел, Ворскла. Опробовані методичні підходи з оцінки подібних змін гідрохімічного режиму.

Ключові слова: *гідрохімічний режим; трансформація хімічного складу; мінералізація.*

Анализ многолетних изменений минерализации и содержания главных ионов в воде левобережных притоков Днепра

Курило С.М., Винарчук О.О.

Выполнен анализ многолетних изменений гидрохимического режима левобережных притоков Днепра. Основное внимание уделено исследованию величины минерализации и содержания главных ионов.

Ключовые слова: *гидрохимический режим; трансформация химического состава; минерализация.*

Dynamics of a chemical compound of water left-bank inflows of Dnepr

Kurilo S., Vinarchuk O.

It is investigated dynamics of change of a chemical compound of waters of left-bank inflows of Dnepr in the conditions of considerable development of the anthropogenous loading on the basis of data of hydrochemical supervision.

Keywords: *hydrochemical regime; transformation of chemical composition; mineralization.*

Надійшла до редколегії 10.10.2012