

Ключевые слова: бассейновая система, речные воды, гидрохимические показатели, солевой состав, источники загрязнения.

Modern hydrochemical regime of the river Styr in the conditions of anthropogenic load (for example of the city Lutsk)

Ganushchak M.M., Tarasiuk N.A.

Analyzed the dynamics of the main chemical parameters in the river Styr water during the years 2005 – 2011. The article describes the change of the concentration of salt composition of river waters in the sections above and below the city Lutsk, identified the factors of influence on the change of hydrochemical indicators.

Keywords: drainage basin system, river water, hydrochemical characteristics, salt composition, the sources of pollution.

Надійшла до редколегії 12.12.2012

УДК 574.52

Караван Ю. В.

ДП "Інститут екологієни і токсикології ім.Л.І. Медведя", м. Чернівці

ОСОБЛИВОСТІ ГІДРОХІМІЧНОГО РЕЖИМУ р. СІРЕТ (українська частина)

Ключові слова: гідрохімічний режим, головні іони, біогенні елементи, моніторинг

Актуальність. Для розуміння процесів, які відбуваються у водній екосистемі, необхідно мати у своєму розпорядженні дані як про біогенні, так і про абіогенні фактори водного середовища, які є основою існування будь-якого біогеоценозу. Відповідно, одним з основних етапів моніторингу річкової системи є вивчення і оцінка її гідрохімічного режиму. Дослідження були проведені на р. Сірет, яка є невеликою гірською річкою у відносно екологічно чистому районі. Саме тому воду для визначення гідрохімічних показників тут відбирає лише гідрометеорологічна служба з одного створу, а досліджень з наукової точки зору на ній досі не проводилось. Проте р. Сірет є цікавим об'єктом для досліджень якості водного середовища, оскільки на даний час вона відносно незабруднена, що дозволяє визначити умови, близькі до референтних, а також запобігти подальшому забрудненню вод.

Мета та завдання. Метою даного дослідження було визначення найбільш важливих аспектів гідрохімічного режиму р. Сірет. Завдання досліджень: визначення концентрацій основних катіонів та аніонів, біогенних речовин, розчинених газів; встановлення класу та типу води, сезонної мінливості її хімічного складу; виявлення основних залежностей та кореляційних зв'язків між компонентами гідрохімічного режиму вод р. Сірет.

Матеріали та методика досліджень. Для вивчення гідрохімічного режиму р. Сірет було використано дані про концентрації у воді річки зазначених вище речовин, витрат та температури води за період 1961–2011 рр. Проби відбиралися по створу у м. Сторожинець. Частина даних була надана Чернівецьким обласним гідрометеоцентром. Дані за період 2007–2011 рр. були отримані автором власноруч. Хімічний аналіз проб проводився згідно загальноприйнятих методик [1, 3, 4].

Отримані результати та їх обговорення. Інформація була згрупована у відповідності до основних фаз гідрологічного режиму річки [5] (табл.1):

Таблиця 1. Хімічний склад води р. Сірет у різні гідрологічні фази

Гідрологічна фаза	формула Курлова	Індекс
Літньо-осіння межень	0,35 $\frac{\text{HCO}_3}{57} \frac{\text{SO}_4}{26} \text{Cl} \frac{17}{17}$ Ca 54 Na+K 24 Mg 22	C _{II} Ca
Зимова межень	0,34 $\frac{\text{HCO}_3}{79} \frac{\text{SO}_4}{19} \text{Cl} \frac{2}{2}$ Ca 55 Na+K 25 Mg 20	C _{II} Ca
Літньо-осінній паводок	0,22 $\frac{\text{HCO}_3}{65} \frac{\text{SO}_4}{27} \text{Cl} \frac{8}{8}$ Ca 55 Na+K 36 Mg 9	C _{II} Ca
Весняне водопілля	0,17 $\frac{\text{HCO}_3}{50} \frac{\text{SO}_4}{37} \text{Cl} \frac{13}{13}$ Ca 65 Mg 21 Na+K 14	C _{II} Ca

В основному води р. Сірет (по створу у м. Сторожинець) відносяться до гідрокарбонатно кальцієвого класу другого типу.

Проте, у різні гідрологічні фази в хімічному складі води спостерігаються деякі зміни. Зокрема, вода з гідрокарбонатно кальцієвої може змінюватись на сульфатно кальцієву. Такі зміни можливі як під час межені, так і під час паводків, проте більшість випадків було зафіксовано при меншій водності. Під час паводків можлива зміна співвідношення головних катіонів. Зокрема були помічені випадки підвищення концентрацій (суми іонів) Na⁺ та K⁺ у порівнянні з іонами Ca²⁺ та Mg²⁺.

Концентрації головних катіонів та аніонів, які визначали у водному об'єкті, корелюють з водністю річки (табл. 2):

Таблиця 2. Залежність концентрацій головних іонів від водності р. Сірет

Головний іон	Рівняння залежності C = f(Q)	Коефіцієнт кореляції
HCO ₃ ⁻	y=219,19x ^{-0,2027}	0,82
Cl ⁻	y=24,833x ^{-0,1296}	0,31
SO ₄ ²⁻	y=44,764x ^{-0,1146}	0,23
Ca ²⁺	y=65,827x ^{-0,1674}	0,75
Mg ²⁺	y=16,87x ^{-0,4169}	0,57
Na ⁺ +K ⁺	y=17,438x ^{-0,2465}	0,35

З табл. 2 випливає, що залежність між концентрацією головних іонів та водністю є степеневою. Найбільший коефіцієнт кореляції з витратою води для р. Сірет виявлено для гідрокарбонатних іонів та іонів кальцію (коефіцієнти кореляції 0,82 та 0,75 відповідно). Найнижчу кореляцію показали хлорид та сульфат-іони (коефіцієнти кореляції 0,3 та 0,22 відповідно).

Для хлоридів спостерігалось деяке зниження концентрацій із підвищенням показників водності. Коефіцієнт кореляції є невеликим (0,31), проте залежність спостерігається. Якщо у період межені значення концентрацій хлоридів знаходились у межах 2,0–58,0 мг/дм³, то під час повені вони змінювались у межах 2,0–35,5 мг/дм³. Це можливе за рахунок доброї розчинності солей хлоридної кислоти.

Для гідрокарбонатів, так само як і для хлоридів, в більшості випадків, спостерігається обернено пропорційна залежність між концентраціями іону та витратою води. У період межені на р. Сірет концентрації гідрокарбонатних іонів змінювались в межах 51,0–250,0 мг/дм³, а в період повені – 17,5-203,0 мг/дм³. Часто під час проходження повеней мінімальні концентрації гідрокарбонатів відповідали максимальній водності.

Для сульфатів характерна така ж залежність між концентрацією іона та водністю як для хлоридів, проте залежність є слабкою (коефіцієнт кореляції 0,23). Значення концентрацій під час межені складали 13,7–208,0 мг/дм³, а під час

паводку – 14,0–153,2 мг/дм³.

Для катіонів спостерігалися дещо інші закономірності залежності зміни концентрацій від водності. Для іонів кальцію характерним було деяке підвищення значень концентрацій у період межені та пониження у паводок (коефіцієнт кореляції 0,75). Для межені були виявлені такі інтервали значень концентрацій – 19,6–72,3 мг/дм³, а для періоду паводків – 19,0–50,0 мг/дм³

Подібною є закономірність для концентрацій іонів магнію (коефіцієнт кореляції 0,57): в межень інтервал значень коливався від 2,4 до 31,6 мг/дм³, а у період паводків він складав 1,0–7,7 мг/дм³

Для суми іонів натрію та калію виявлена інша закономірність: при збільшенні витрати води концентрації згаданих іонів можуть дещо зростати (коефіцієнт кореляції 0,35). Так під час межені інтервал значень складав 1,5–40,2 мг/дм³, а під час паводків – 3,2–90,2 мг/дм³, що пов'язано з розчинністю солей і комплексів підстилаючих порід, куди входять дані елементи.

Виявлені залежності підпорядковуються загальній закономірності відношення мінералізації до водності річки та розчинності солей, в основі яких містяться головні іони. На основі згаданих закономірностей та дослідженого масиву даних можна виявити кореляційні зв'язки між окремими головними іонами у воді р. Сірет – м. Сторожинець(табл.3):

Таблиця 3. Кореляційні зв'язки між головними іонами

	Na ⁺ +K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
Cl ⁻	0,59	0,40	0,42	0,23	0,07
SO ₄ ²⁻	0,31	0,30	-0,035	-0,56	-
HCO ₃ ⁻	0,20	0,50	0,56	-	
Na ⁺ +K ⁺	-	0,31	0,21		
Ca ²⁺		-	0,42		
Mg ²⁺		0,42	-		

Найбільш виражена кореляція спостерігається між сумою натрію та калію і хлорид-іоном, магнієм та гідрокарбонат-іоном, магнієм та хлорид-іоном та магнієм і кальцієм. Від'ємний кореляційний зв'язок спостерігався для гідрокарбонат-іонів і сульфат-іонів та для магнію і сульфат-іонів.

Було виведено також залежності між мінералізацією та концентраціями головних іонів для р. Сірет (створ у м. Сторожинець) (табл. 4):

Таблиця 4. Залежність між мінералізацією та концентрацією головних іонів

Головний іон	Рівняння залежності	Коефіцієнт кореляції
HCO ₃ ⁻	y=0,5842x-24,276	0,85
Cl ⁻	y=0,0861x-7,4986	0,84
SO ₄ ²⁻	y=0,1272x	-0,51
Ca ²⁺	y=0,1256x+13,65	0,80
Mg ²⁺	y=0,069x-8,6609	0,82
Na ⁺ +K ⁺	y=0,00795x-7,851	0,67

Мінералізація води найбільше корелює з кальцієм та магнієм. Сульфат-іон дає слабкий зв'язок з мінералізацією річкової води.

Зібрані дані дають змогу прослідкувати і режим біогенних елементів у воді р. Сірет. Серед біогенних елементів визначали концентрації фосфат-, нітрат – і нітрит-іонів та іонів амонію. Процентне співвідношення цих іонів у воді р. Сірет представлено на наступній діаграмі (рис. 1).

Діаграма показує переважання у воді нітратних іонів, що часто спостерігається у малозабруднених водних об'єктах [2].

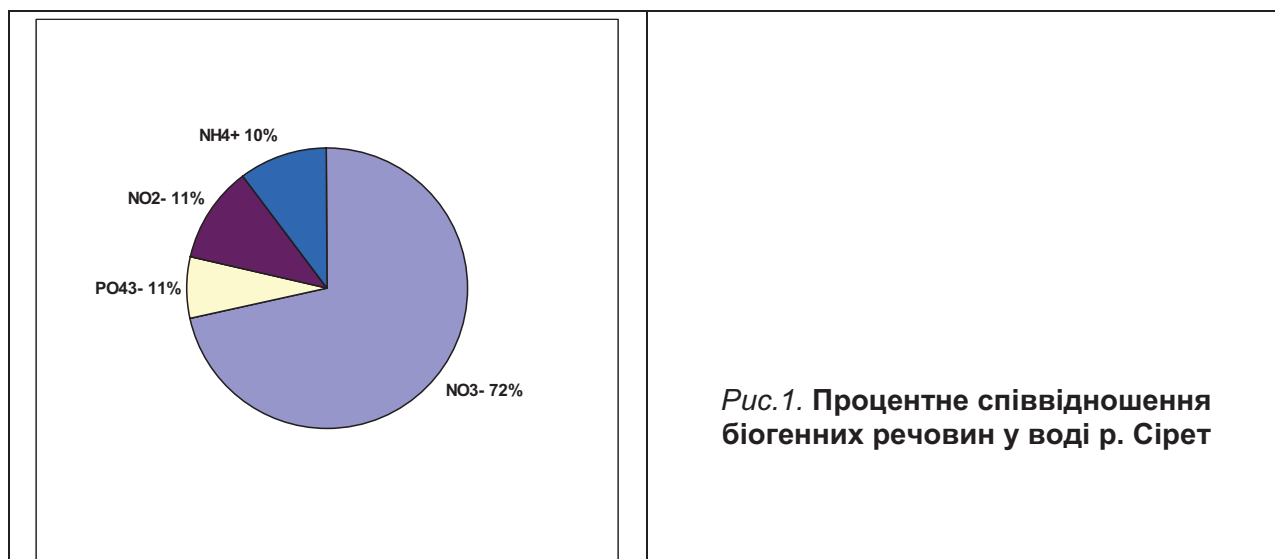


Рис. 1. Процентне співвідношення біогенних речовин у воді р. Сірет

Концентрації вивчених біогенних речовин у зазначений період змінювались у широких межах: NO₃⁻ - 0–0,84 мг/дм³, NO₂⁻ - 0–0,14 мг/дм³, PO₄³⁻ - 0–0,29 мг/дм³, NH₄⁺ - 0–0,07 мг/дм³. Зв'язок їх концентрацій зазначених елементів з водністю річки досить чітко простежується лише для нітратів (коефіцієнт кореляції 0,46). Для фосфатів, нітритів та сольового амонію чіткої залежності концентрації від витрат води не виявлено.

Було розраховано також кореляційні зв'язки між біогенними елементами для вод р. Сірет – м. Сторожинець (табл. 5).

Таблиця 5. Кореляційні зв'язки між деякими розчиненими біогенними речовинами

	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	PO ₄ ³⁻
NO ₃ ⁻	0,22	0,20	0,18
NO ₂ ⁻	-	0,12	0,044
NH ₄ ⁺	-	-	-
PO ₄ ³⁻	-	0,02	-

Найбільш тісний зв'язок спостерігався між нітратами та нітритами, а також нітритами та іонами амонію, найменше корелюють між собою фосфати та іони амонію і нітрити та іони амонію. Було також простежено зміни динаміки концентрацій біогенних речовин протягом гідрологічного року (табл.6):

Таблиця 6. Концентрації біогенних елементів у воді р. Сірет у різні фази гідрологічного режиму

Гідрологічна фаза	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	PO ₄ ³⁻
Літньо-осіння межень	<u>0 -1,32</u> 0,41	<u>0,003-0,29</u> 0,029	<u>0,04-0,3</u> 0,08	<u>0 -0,17</u> 0,06
Зимова межень	<u>0,1 -1,1</u> 0,28	<u>0,003-0,11</u> 0,022	<u>0,04-0,07</u> 0,05	<u>0 -0,48</u> 0,047
Літньо-осінній паводок	<u>0,03-0,45</u> 0,16	<u>0,06-0,14</u> 0,062	<u>0,07-0,5</u> 0,12	<u>0 -0,29</u> 0,073
Весняне водопілля	<u>0,75 -1,8</u> 1,19	<u>0,01 -0,29</u> 0,16	<u>0,075-0,65</u> 0,22	<u>0 -0,11</u> 0,073

Нітрати характеризувались максимумом концентрацій під час водопілля, мінімумом – під час паводків. Максимум концентрацій нітратів у воді річки під час водопілля може бути пов'язаний зі збільшенням площі змиву з берегів, привнесенням додаткових забруднюючих речовин, акумульованих у сніговому

покриві, з талими водами.

Для нітритів максимум концентрацій також спостерігався під час водопілля, проте мінімум – під час межень.

Концентрації іонів амонію характеризувались найбільшими значеннями у водопілля та паводок, а найменшими – у межень. Концентрації фосфатів підпорядковувались тій самій закономірності розподілу протягом гідрологічного року, що й іони амонію.

Найбільш поширеним і важливим розчиненим у річкових водах газом є кисень та є основою окисно-відновних процесів, основою існування біологічної складової водних екосистем. Одним з найбільш важливих параметрів є співвідношення кількості кисню та температури води водного об'єкту. Виявлення такої залежності дає змогу зрозуміти характер хімічних та біологічних процесів, які відбуваються у водотоці. На рис. 2 представлено графік залежності концентрації розчиненого кисню від температури води для р. Сірет за досліджений період (рис. 2):

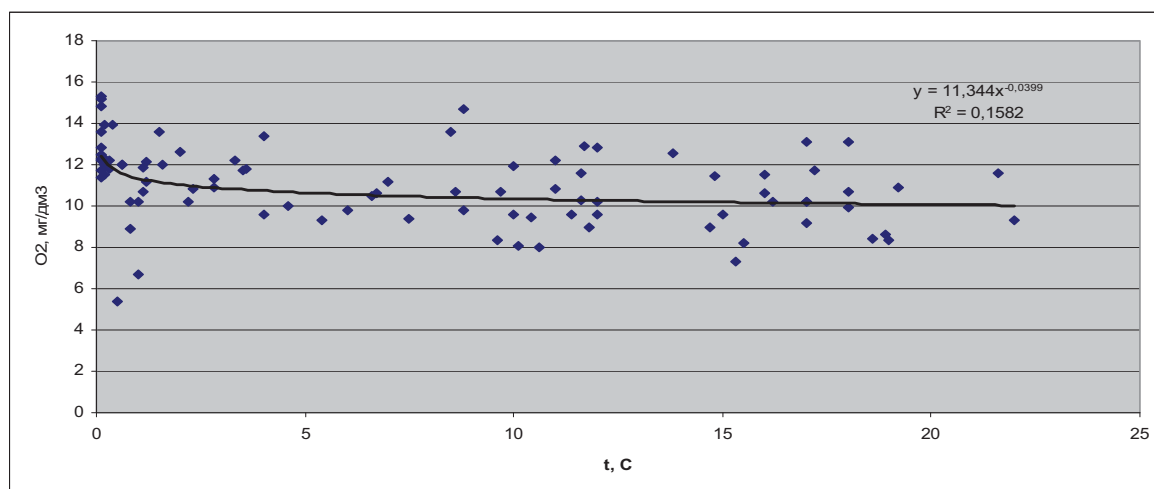


Рис. 2. Залежність концентрації розчиненого кисню від температури води

Прослідковується обернено пропорційна залежність (кореляційне відношення -0,63) між цими двома параметрами: підвищення температури води призводить до зниження концентрації кисню у водній товщі. В цьому також полягає відмінність кисневого режиму водотоків та непротічних водойм, де в зимовий період концентрація кисню знижується за рахунок льодового покриву, що зменшує його сорбцію з атмосферного повітря.

Прослідковано також розподіл концентрації розчиненого кисню у воді р. Сірет у різні фази гідрологічного режиму (табл.7)

Таблиця 7. Температура та вміст кисню у різні фази гідрологічного режиму

Гідрологічний фаза	Вміст кисню, мг/дм ³	Температура води, °С
Літньо-осіння межень	<u>8,32 – 14,7</u> 10,9	<u>3,5 – 22,8</u> 12,68
Зимова межень	<u>5,4 – 13,9</u> 11,2	<u>0 – 3,3</u> 0,66
Літньо-осінній паводок	<u>9,28 – 12,9</u> 10,9	<u>1,2 – 22,0</u> 11,9
Весняне водопілля	<u>12,65 – 13,5</u> 13,0	<u>0,2 – 3,6</u> 1,24

Дані, наведені у табл. 7, підтверджують залежність концентрації розчиненого кисню від температури води (див. рис. 2). Встановлено, що зміна гідрологічних фаз

практично не впливає на вміст розчиненого кисню у воді р. Сирет. Виключення складає лише водопілля, коли концентрація кисню у воді дещо зростає, що може бути пов'язане зі зростанням швидкості річкового потоку в цей період за рахунок сніготанення.

Висновки. Води Верхнього Сирету відносяться до гідрокарбонатно кальцієвих II типу, хоча зі зміною гідрологічних фаз співвідношення головних іонів може змінюватись.

Концентрації головних катіонів та аніонів у водах річки корелюють з її водністю. Між ними також існують позитивні кореляційні зв'язки один з одним. Це свідчить про їх генетичний зв'язок між собою та є відображенням фізико-хімічних процесів у водотоці.

Серед біогенних компонентів у річковій воді переважають нітрат-іони, що є характерним для мало забруднених вод.

Максимуми концентрацій біогенних речовин у воді Верхнього Сирету зафіксовані під час водопілля.

Найбільш тісні кореляційні зв'язки виявлені між нітратами та нітритами, нітритами та іонами амонію, що зокрема вказує на надходження біогенних компонентів до річкової води внаслідок життєдіяльності гідробіонтів та процесів розкладу розчинених речовин різного походження.

Список літератури

1. *Унифицированные методы* исследования качества вод. Часть 1 - Методы химического анализа вод. Том 1. 2. *Обобщенный перечень* предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. – М., 1990 г. 3. *Методика* екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. / В.Д. Романенко, В.М. Жукинський та ін. – К.: Символ-1, 1998. – 28 с. 4. *Новиков Ю. В.* Методы исследования качества воды водоемов / Новиков Ю. В., Ласточкина К. О., Болдина З. Н. – М. : Медицина, 1990. – 390 с. 5. *Загальна гідрологія* : посібник / В. К. Хільчевський, О. Г.Ободовський, В. В. Гребінь та ін. – К. : ВПЦ «Київський університет», 2008. – 399 с.

Особливості гідрохімічного режиму р. Сирет (українська-частина)

Караван Ю.В.

Представлена публікація розкриває особливості гідрохімічного режиму р. Сирет. Розраховано концентрації основних катіонів та аніонів, проаналізовано залежності між основними показниками хімічного складу води р. Сирет, виявлено кореляційні зв'язки між компонентами сольового складу, водністю річки та біогенними елементами.

Ключові слова: гідрохімічний режим, головні іони, біогенні елементи, моніторинг.

Особенности гидрохимического режима р. Сирет (украинская часть)

Караван Ю.В.

Публикация раскрывает особенности гидрохимического режима р. Сирет. Были рассчитаны концентрации основных катионов и анионов, проанализированы зависимости между компонентами химического состава воды р.Сирет, выявлены корреляционные связи между компонентами солевого состава, водностью реки и биогенными элементами.

Ключевые слова: гидрохимический режим, главные ионы, биогенные элементы, мониторинг.

The main features of the hydrochemical regime of the Siret river (its Ukrainian part)

Karavan J.

The article reveals the main features of the hydrochemical regime of the Siret river. The concentrations of the main cations and anions were calculated at this part of the work. Except this the correlations between the saline compounds, biogenic elements and aquaticity of the river water were analyze.

Keywords: hydrochemical regime, main cations and anions, biogenic elements, monitoring.

Надійшла до редколегії 11.01.2013

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.2(29)