Матеріали XXV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство»
пам'яті д-ра Дмитра СТЕФАНИШИНА
(12 червня 2025 р., м. Київ, Україна)

Proceedings of the XXV International Science Conference
«Ecology. Human. Society»
dedicated to the memory of Dr. Dmytro STEFANYSHYN
(June 12 2025, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315
https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2025.330760

МАКРОКОМПОНЕНТНИЙ СКЛАД РІЧКОВИХ ВОД ЗАПОВІДНИХ ЗОН ЯК ЕКОЛОГІЧНИЙ ІНДИКАТОР (НА ПРИКЛАДІ КАРПАТСЬКОГО БІОСФЕРНОГО ЗАПОВІДНИКА)

Наталія КРЮЧЕНКО[1], Едуард ЖОВИНСЬКИЙ[1], Петро ПАПАРИГА[2]
[1]*Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка*
Національної академії наук України
проспект Палладіна, 34, м. Київ-142, 03142, Україна
[2] *Карпатський біосферний заповідник*
Міністерства охорони навколишнього середовища та природних ресурсів України
вул. Красне Плесо, 77, м. Рахів, 90600, Україна
e-mail: nataliya.kryuchenko@gmail.com

Анотація

У роботі дана характеристика макрокомпонентного (сольового) складу основних річок Угольсько-Широколужанського масиву Карпатського біосферного заповідника – річки Велика Уголька, Мала Уголька, Лужанка та їхні притоки. В результаті моніторингових досліджень встановлено фоновий вміст SO_4^{2-}, Cl^-, Ca^{2+}, Mg^{2+}, HCO_3^-, Na^++K^+, мінералізації та pH. Розглянуто дві групи факторів: прямі фактори, що безпосередньо впливають на воду – склад гірських порід та атмосферних опадів (снігу) та непрямі – клімат, рельєф. Показано, що річки не схильні до антропогенного впливу і їх сольовий склад може бути використано в якості еталонних значень (екологічний індикатор), оцінюючи забруднення екосистем регіону.

Ключові слова: *макрокомпонентний (сольовий) склад, води річок, фоновий вміст, екологічний індикатор, Карпатський біосферний заповідник.*

Екологічні показники формуються на основі інформації про екосистему, що відображає її стан та вплив на неї господарської та іншої діяльності людини.

Ми розглядаємо показники стану, що ілюструють якість навколишнього середовища, у нашому випадку – макрокомпонентний (сольовий) склад вод річок Угольсько-Широколужанського масиву Карпатського біосферного заповідника (КБЗ).

Актуальність обраної теми дослідження є важливою в спектрі постійно зростаючого антропогенного навантаження на навколишнє середовище та необхідності визначення фонового вмісту хімічних елементів у природних водах для моніторингових досліджень у регіоні.

Наукова новизна полягає у визначенні не лише фонового макрокомпонентного складу вод річок Угольсько-Широколужанського масиву КБР, але й ключових параметрів, що визначають їх формування.

Метою дослідження було виявлення особливостей формування макрокомпонентного складу (SO_4^{2-}, Cl^-, Ca^{2+}, Mg^{2+}, HCO_3^-, Na^++K^+, мінералізація та pH) основних річок Угольсько-

Широколужанського заповідного масиву КБЗ (Велика Уголька, Мала Уголька, Лужанка та їх приток) та його впливу на здоров'я населення.

Методи дослідження. Макрокомпонентний склад води річок виконано за допомогою стандартих методик [1].

Суть дослідження. Сольовий склад є базовим показником для характеристики умов функціонування водних екосистем. Для виявлення формування хімічного складу вод нами виокремлено дві групи факторів: прямі, що безпосередньо впливають на хімічні властивості води – склад гірських порід та атмосферних опадів (снігу) та непрямі – клімат, рельєф. Вплив господарської діяльності людини не розглядався, тому що територія досліджень знаходиться у заповідній зоні, де сконцентрована найбільша за площею у Європі ділянка букових пралісів та заборонена будь яка діяльність, окрім науково-дослідної. Але територія може піддаватися деякому техногенному впливу шляхом транскордонних перенесень забруднюючих речовин повітряними течіями.

Угольсько-Широколужанський масив розташований у межах Тячівського району Закарпатської області, на південних схилах гори Менчул (1501 м) та південних і південно-західних схилах полонини Красна (1568 м) на висоті 400–1600 м над рівнем моря, загальна площа масиву – 15580 га [2]. Свій початок основні ріки (Велика і Мала Угольки, Лужанка) беруть на горі Менчул та полонині Красна. Основними водотоками Угольсько-Широколужанського масиву є річки Велика та Мала Уголька та р. Лужанка.

Проби води відібрано на 6 ділянках: р. Мала Уголька – 70–80 м до злиття з потіком Вежанський; р. Велика Уголька – 50–60 м до злиття з потіком Кам'янський; р. Лужанка – 50–70 м до злиття з потіком Воняча Зворина. Необхідно зазначити, що з місця витоку річок до місць взяття проб немає населених пунктів, тобто прямий антропогенний вплив відсутній.

Річка Велика Уголька має довжину 27 км, ширину – 20–70 м [3], похил – 42 м/км; р. Мала Уголька є правою притокою р.Велика Уголька, довжина – 21,1 км, похил – 48 м/км; р.Лужанка довжиною 34 км, шириною – від 10 до 200–400 м, похил – 31 м/км. Живлення річок мішане, з переважанням дощового. Гірські річки течуть з великою швидкістю, їх алювій представлений валунами та галькою з карпатського флішу.

Нами визначено максимальні, мінімальні та медіанні (фонові) значення макрокомпонентного складу вод (табл. 1).

Іон HCO_3^- – основний компонент сольового складу вод, його джерелом є вапняки і доломіти. Кальцій переважає серед катіонів, його іони утворюють важкорозчинні сполуки – карбонати, які випадають в осад. У воді кальцій діє як відновник, утворюючи гідроксид кальцію $Ca(OH)_2$. Основним джерелом надходження кальцію – вимивання з вапняків і доломіту [2]. При надходженні снігових і дощових вод з низьким вмістом кальцію його концентрація у воді падає і складає 16–19 мг/дм^3, тоді як при відсутності опадів становить 40–50 мг/дм^3.

Магній надходить у воду при вивітрюванні доломіту; сульфати – при вивітрюванні гірських порід і окисленні сульфідів, вони утворюють малорозчинні сульфати кальцію ($CaSO_4$), які осідають на дно річок. Основним джерелом натрію в природних водах є поклади солі NaCl, що утворилися на місці древніх морів. Калій зустрічається у водах рідше, так як він краще поглинається грунтом і витягується рослинами.

Іонний склад досліджуваних вод знаходиться у межах, мг/дм^3: HCO_3^- 50,8–177, Ca^{2+} 16,4–42,1, Mg^{2+} 0,5–11, SO_4^{2-} 6,8–23, Na^++K^+ 0,3–11,8, Cl^- 1,6–10,1, мінералізація 77,5–265; pH – 6,2–9,12. Аналізуючи макрокомпонентний склад річок можна виявити особливості – схожість (по сольовому складу, pH, мінералізації) р.р. Велика і Мала Уголька і відмінність р.Лужанка. Головною різницею хімічного складу р. Лужанка є малий вміст хлоридів, магнію, кальцію,

гідрокарбонатів та мала мінералізація, при підвищеному вмісті натрію і калію; значення pH становить 7,04, тоді як у інших ріках – 7,1–7,5.

Табл. 1. Статистичний аналіз розподілу показників макрокомпонентного складу вод основних річок Угольсько-Широколужанського масиву КБЗ

Показники	р.Велика Уголька			р. Мала Уголька			р. Лужанка		
	med	**max**	**min**	**med**	**max**	**min**	**med**	**max**	**min**
pH	7,14	8,06	6,42	7,5	9,12	6,5	7,02	7,7	6,2
Ca^{2+}, мг/дм^3	30,3	42,0	17,0	33,6	51,1	16,4	25,8	42,1	18,6
Mg^{2+}, мг/дм^3	4,1	11,0	1,2	4,2	10,0	0,5	3,5	9,7	2,1
Na^{+}+K, мг/дм^3	5,1	10,0	1,0	5,0	13,0	0,3	6,7	11,8	4,0
HCO_3^{-}, мг/дм^3	107,3	177,0	50,8	113,6	179,6	57,1	90,1	164,9	63,4
Cl,$^{-}$, мг/дм^3	3,1	10,1	1,6	2,7	7,9	1,6	2,2	7,9	1,8
SO_4^{2-}, мг/дм^3	10,5	23,0	6,8	12,6	20,1	4,1	12,7	21,5	8,6
Загальна мінералізація, мг/дм^3	160,5	265,0	77,5	179,4	264,0	87,9	142,0	258,0	100,0

За результатами багаторічних досліджень виявлено, що мінералізація вод залежить від сезону року. У пік весняної повені (березень-квітень) мінералізація води знижується внаслідок надходження снігових вод і становить 91–126 мг/дм^3 (р.Лужанка) і 141–170 мг/дм^3 (р.р. Велика і Мала Уголька). У травні-червні вміст солей підвищується і становить 170–220 мг/дм^3 (р.р. Велика і Мала Уголька) і 130–175 мг/дм^3 (р.Лужанка). Найменші значення мінералізації спостерігаються також в теплий період року під час дощів, коли відбувається розведення річкової води [3]. Для визначення джерел постачання макрокомпонентів, проаналізовано природні фактори формування хімічного складу вод, одним з яких є склад гірських порід.

Для території річок басейну Велика та Мала Уголька характерна наявність великих блоків вапняку з добре розвинутими карстовими утвореннями. Русла гірських річок переважно складені валунами, галькою. Тобто, алювій річищ має різну основу: р.Лужанка – це фліш з переважанням пісковику; р.р. Велика і Мала Уголька – це фліш з переважанням вапняку. Для порівняння вмісту Ca, Mg, K, Na, S у осадових породах (глинисті, карбонатних, пісковиках) побудовано діаграму (рис. 1).

З діаграми можна помітити, що K, Na переважають у глинистих породах і пісковиках, тоді як Ca, Mg – у карбонатних породах. Щодо Cl – його вміст у пісковиках становить 0,001 мг/кг, тоді як у карбонатних та глинистих породах 0,015-0,018 мг/кг. Глинисті мінерали, переважно, гідрослюдистого типу з домішкою частинок кварцу, слюди, польового шпату. Породоутворюючими мінералами пісковиків є кварц, польові шпати, слюда, карбонатних порід – кальцит, доломіт (переважно).

Відомо, що мінімальна швидкість розчинення вапняку становить 1,8–5 мм/рік. У природних умовах гідрокарбонат кальцію утворюється при взаємодії розчиненого в природній воді вуглекислого газу з вапняками: $CaCO_3+H_2O+CO_2=Ca(HCO_3)_2$. Завдяки цій реакції і розчинності гідрокарбонату у воді відбувається постійне переміщення карбонатів у природі. Просочуючись крізь ґрунт і шари вапняку, природні води, які завжди містять у собі розчинний вуглекислий газ, розчиняють карбонати кальцію і виносять його у вигляді гідрокарбонату в річки. Незважаючи на невелику швидкість процесу, хімічна абразія призводить до насичення вод карбонатами. Крім того, розчинність карбонатів активно відбувається при pH більше 8,3

[2]. З огляду на те, шо у водах р.Мала Уголька показник pH знаходиться в межах 7,5–9,17 відбувається насичення вод іонами HCO_3^-.

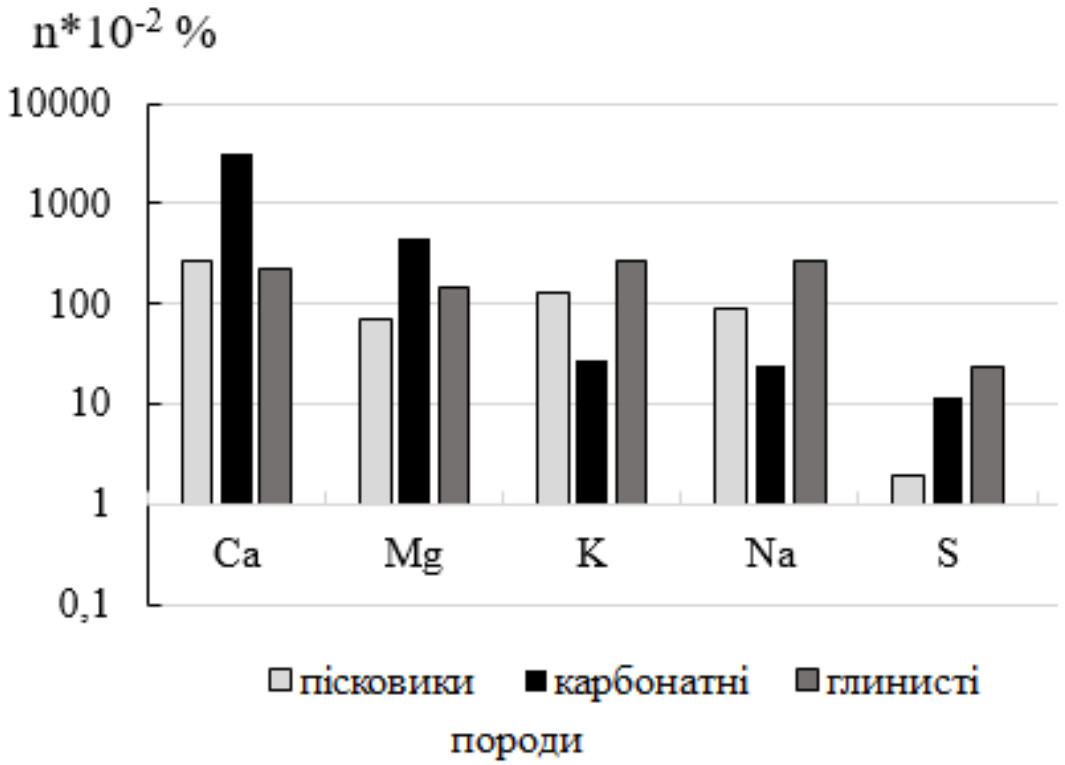

Рис. 1. *Діаграма вмісту Ca, Mg, K, Na, S у осадових породах*

Склад атмосферних опадів теж є прямим фактором формування хімічного складу річкових вод. Найактивніше це відчутно період танення снігового покриву гірських вершин.

Нами відібрано проби снігу та проаналізовано їхній хімічний склад [4]. Снігові води є гідрокарбонатно-натрієвими. Домінуюча роль належить гідрокарбонатам, значення pH 5,2–5,4. Статистична обробка проб дозволила встановити подібність макрокомпонентного складу проб снігу гірських вершин досліджуваного регіону (мг/дм^3): $\mathbf{HCO_3^-}$ 10–15; $\mathbf{Ca^{2+}}$ 0,8–1,5; $\mathbf{Na^+}$**+**$\mathbf{K^+}$ 3–5,7; $\mathbf{SO_4^{2-}}$ 0,6–1,3; $\mathbf{Cl^-}$ 1,5–2,5. Фоновий вміст макрокомпонентів в пробах снігу представлений на рисунку (рис. 2).

Мінералізація снігових вод – 20–25 мг/дм^3, нижче від показника мінералізації річкових вод – 77–265 мг/дм^3. Мінеральні солі, що містяться в атмосферних опадах, в тій чи іншій мірі впливають на формування хімічного складу поверхневих вод. Іони хлору, що надходять з атмосфери, значно збагачують річкові води (вміст у снігу – 1,8–2,5 мг/дм^3, при середньому в річках – 2,2–3,2 мг/дм^3).

Також нами було розглянуто непрямі фактори формування складу вод, такі як клімат та рельєф. Спостереження за хімічним складом води в залежності від температури проводилося у лютому та травні. Було обрано потік Воняча Зворина, на який практично немає антропогенного тиску. В лютому температура повітря становить – 6^{0}С, температура води – +1^{0}С, тоді як у травні температура повітря – +15^{0}С, а води –+10^{0}С. При жаркому кліматі випаровування збільшує концентрацію солей у воді, а в холодному – вода може містити менше розчинених речовин.

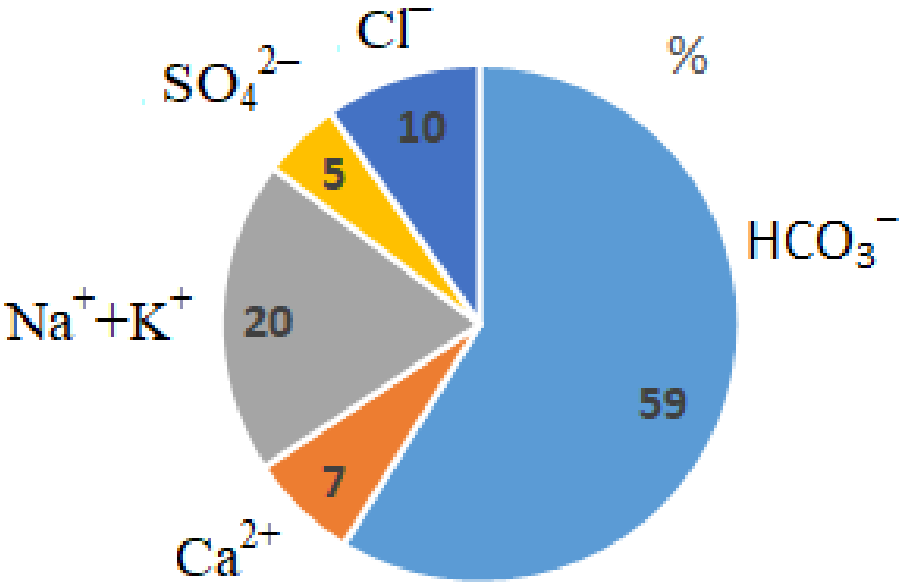

Рис. 2. *Діаграма середнього вмісту макрокомпонентів у сніговому покриві гірських вершин – г. Менчул та полонина Красна (березень–квітень 2012–2021 рр.)*

Аналізуя значення pH вод помічено, що у лютому воно становило 7,34, тоді як у травні – 6,72. Підвищення кислотності pH вод у травні відбувається за рахунок розчинення фульвокислот. У лютому між льодом і промерзаючим розчином відбувається перерозподіл солей. Одночасно з кристалізацією льоду виділяються важкорозчинні сполуки, а в розчинах зберігаються найбільш легкорозчинні. Мінералізація у лютому становить 45,7 мг/дм^3, тоді як у травні – 90,2 мг/дм^3. Вміст хлору у водах однаковий – 2,7 мг/дм^3. У травні (порівняно з лютим) у водах у два рази збільшується вміст магнію, кальцію і гідрокарбонатів, шо пов'язано з хімічним та фізичним вивітрюванням.

Щодо рельєфу, то він впливає на умови водообміну, а від останніх залежить мінералізація і хімічний склад вод [5]. Наприклад, похил річки Мала Уголька – 48м/км, Велика Уголька – 42 м/км, тоді як р.Лужанка – 31 м/км. Мінералізація перших двох річок становить 160–180 мг/дм^3, тоді як р.Лужанка – 142 мг/дм^3. Високі гори та круті схили посилюють ерозію гірських порід, що призводить до збільшення кількості розчинених речовин у річках.

Висновки. Оцінка екологічного стану річок Угольсько-Широколужанського масиву р. Велика Уголька, р. Мала Уголька, р. Лужанка) Карпатського біосферного заповідника показала, що річки не зазнають антропогенного впливу. На хімічний склад річок впливають прямі та непрямі фактори. Прямими факторами, що безпосередньо впливають на воду, є склад гірських порід та опадів (сніг), а непрямими – клімат, рельєф. При розчиненні карбонатів (річки Велика та Мала Уголька) вода насичується іонами HCO_3^-, за наявності флішу з переважанням пісковика (річка Лужанка) вода насичується Na^+.

Одним з показників сталого розвитку є Міжнародний індекс щастя (Happy Planet Index). Цей показник розроблено Фондом нової економіки (NEF), і одним з параметрів є «екологічний слід» – який визначає ступінь впливу людини на навколишнє середовище. Завдяки моніторинговим дослідженням складу річкових вод на природоохоронних територіях можна встановити фонові значення та використовувати їх як референтні значення при оцінці забруднення екосистем регіону.

Література

1. Хільчевський В. К.,Забокрицька М. Р. Хімічний аналіз та оцінка якості природних вод: навч. посібник. Луцьк: Вежа-Друк, **2021**, 76 с.
2. Крюченко, Н.; Жовинський, Е.; Папарига, П. Геохімія об'єктів навколишнього середовища територій пралісів Українських Карпат (Всесвітня природна спадщина ЮНЕСКО) - Київ: Інтерсервіс, **2023**, 131. (ISBN 978-617-8067-19-9)
3. Карпатський біосферний заповідник [Електронний ресурс]. URL: http://cbr.nature.org.ua/ukrainian.htm (дата подання заявки: 10.05.**2025**).
4. Крюченко, Н.; Жовинський, Е.; Папарига, П. Оцінка мікрокомпонентного забруднення снігового покриву гірських вершин Українських Карпат. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія».* **2021**, 54, 278—288. https://doi.org/10.26565/2410-7360-2021-54-21
5. Крюченко, Н.; Жовинський, Е.; Папарига, П. Еколого-геохімічні особливості вод основних річок Угольсько-Широколужанського масиву Карпатського біосферного заповідника. *Мінералогічний журнал*. **2022,** 44, 1, 56—70. https://doi.org/10.15407/mineraljournal.44.01.056

MACROCOMPONENT COMPOSITION OF RIVER WATERS OF PROTECTED AREAS AS AN ENVIRONMENTAL INDICATOR (ON THE EXAMPLE OF THE CARPATHIAN BIOSPHERE RESERVE)

Nataliya KRYUCHENKO
M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the National Academy of Sciences of Ukraine
Acad. Palladina Ave. 34, 03142, Kyiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0001-8774-9089

Eduard ZHOVYNSKY
M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the National Academy of Sciences of Ukraine
Acad. Palladina Ave. 34, 03142, Kyiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0003-1601-5998

Petro PAPARYGA
Carpathian Biosphere Reserve
Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine
st. Krasne Pleso, 77, 90600, Rakhiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-4021-0809

Abstract

The paper characterizes the macrocomponent (salt) composition of the main rivers of the Uholsko-Shyrokoluzhansky massif of the Carpathian Biosphere Reserve - the Velyka Uholka, Mala Uholka, Luzhanka rivers and their tributaries. As a result of the monitoring studies, the background content of SO_4^{2-}, Cl^-, Ca^{2+}, Mg^{2+}, HCO_3^-, Na^++K^+, mineralization, and pH was determined. Two groups of factors are considered: direct factors that directly affect water, such as the composition of rocks and precipitation (snow), and indirect factors, such as climate and relief. It is shown that rivers are not subject to anthropogenic influence and their salt composition can be used as a reference value (environmental indicator) to assess the pollution of ecosystems in the region.

Key words: macrocomponent (salt) composition, river waters, background content, environmental indicator, Carpathian Biosphere Reserve.