

<https://doi.org/10.31891/2307-5732-2026-365-31>

УДК 374.5(252.4)

КАЛЬКО АНДРІЙ

Національний університет водного господарства та природокористування

<https://orcid.org/0000-0003-4526-5929>

e-mail: edissey@meta.ua

КОВАЛЬЧУК СЕРГІЙ

ВСП «Рівненський технічний фаховий коледж НУВГП»

<https://orcid.org/0000-0003-2546-8349>

e-mail: s.v.kovalchuk@nuwm.edu.ua

ЄФРЕМОВА ОЛЬГА

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0001-8153-1150>

e-mail: yefremovaoo@khmnu.edu.ua

РИБАК ВІКТОР

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0003-3430-2704>

e-mail: ribakvv@ukr.net

РЕГІОНАЛЬНІ ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ГІДРОХІМІЧНОГО РЕЖИМУ РІЧОК УКРАЇНИ В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ

Екологічний стан водного середовища визначається водністю, кліматичними особливостями регіону, навантаженням від забруднюючих речовин і самоочисною здатністю. Постійної належної уваги потребує природна складова формування сольового фону поверхневих вод. Мінералізація водних басейнів річок України зумовлена фізико-географічними та кліматичними умовами розміщення самих басейнів, водним режимом водотоків і рівнем допустимого антропогенного навантаження (скидом стічних вод з урбанізованих територій і поверхневим стоком). Мінералізація води детермінована фазами гідрологічного режиму, а розподіл головних чинників його формування відрізняється за складом, місцем розташування та впливом діяльності людини. Однак процеси формування відповідної системи залежить від гідрохімії, чисельності екотонів і процесів самоочищення. Зокрема високий індекс самоочищення відмічено в річках Горині, Стиру, Случі, Західному Бузі, Десні, Тетерева, Росі, Ворсклі, південних басейнах річок акваторії Чорного та Азовського морів, однак на окремих локаціях формувалися іхтіологічні кризові ситуації. На ці процеси впливає закислення водного середовища (рН Горині, Стиру, Случа, Десни, Тетерева), а також індекс токсичності за іонами (від Горині до Ворскли). В басейні Шацьких озер при мінімізації впливу атмосферних опадів (мінералізація 40-50 мг/дм³) основним джерелом сольового складу є підземні води із тріщинуватих порід (карстові явища). Про ефективне очищення можна судити за біопроникністю живого корму для іхтіофауни.

Ключові слова: мінералізація; річкові басейни; гідрохімічний режим; іхтіофауна; антропогенний вплив; клімат.

KALKO ANDRII

The National University of Water and Environmental Engineering

KOVALCHUK SERHII

SSU «Rivne Technical Professional College of NUWEE»

YEFREMOVA OLHA, RYBAK VICTOR

Khmelnytskyi National University

REGIONAL FEATURES OF THE FORMATION OF THE HYDROCHEMICAL REGIME OF RIVERS IN UKRAINE UNDER CLIMATE CHANGE CONDITIONS

The ecological condition of the aquatic environment is determined by water availability, climatic characteristics of the region, pollutant load, and self-purification capacity. The natural component of the formation of the salt background of surface waters requires constant due attention. The mineralization of water basins of rivers of Ukraine is determined by the physical and geographical conditions of the location of the basins themselves, the water regime of watercourses and the level of permissible anthropogenic load (wastewater discharge from urbanized areas and surface runoff). The mineralization of water is determined by the phases of the hydrological regime, and the distribution of the main factors of its formation differs in composition, location and impact of human activity. However, the processes of formation of the corresponding system depend on hydrochemistry, the number of ecotones and self-purification processes. In particular, a high self-purification index was observed in the rivers Horyn, Styr, Sluch, Western Bug, Desna, Teterev, Ros, Vorskla, southern river basins of the Black and Azov Seas, however, ichthyological crisis situations were formed in some locations. These processes are influenced by the acidification of the aquatic environment (pH of the Horyn, Styr, Sluch, Desna, Teterev), as well as the toxicity index by ions (from Horyn to Vorskla). In the Shatsk Lakes basin, with the minimization of the impact of atmospheric precipitation (mineralization 40-50 mg/dm³), the main source of salt composition is groundwater from fractured rocks (karst phenomena). Effective purification can be judged by the biopermeability of live food for ichthyofauna. A sharp increase in the high mineralization of rivers in southern Ukraine has been observed, caused by rising air and water temperatures, as well as a decrease in water volume in rivers and reservoirs.

Keywords: mineralization; river basins; hydrochemical regime; ichthyofauna; anthropogenic impact, climate.

Стаття надійшла до редакції / Received 11.02.2026

Прийнята до друку / Accepted 11.03.2026

Опубліковано / Published 28.05.2026



This is an Open Access article distributed under the terms of the [Creative Commons CC-BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

© Калько Андрій, Ковальчук Сергій, Єфремова Ольга, Рибак Віктор

Постановка проблеми у загальному вигляді

та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Зміни клімату та зростання антропогенного навантаження істотно впливають на гідрологічний і гідрохімічний режим річок України. Підвищення температури повітря, трансформація режиму опадів, збільшення

частоти екстремальних гідрометеорологічних явищ та антропогенний вплив, зумовлюють коливання водності, мінералізації та іонного складу річкових вод, формуючи виразні регіональні відмінності їх хімічного режиму.

Погіршення якості поверхневих вод негативно позначається на функціонуванні водних екосистем, можливостях водокористування та екологічній безпеці. У зв'язку з цим актуальним є комплексний аналіз регіональних особливостей формування гідрохімічного режиму річок України в умовах кліматичних змін з метою вдосконалення системи контролю, моніторингу, прогнозування змін якості води та обґрунтування ефективних водоохоронних заходів.

Аналіз досліджень і публікацій

Дослідження особливостей екологічного стану поверхневих вод відображені у працях низки вітчизняних і зарубіжних вчених: Коненко Г. Д., Клименко М. О. [1, 2], Гриба Й. В. [1-5], Гродзинського Д. М., Хільчевського В. К., Гопчака І. В., Гроховської Ю. Р., Куньчик Т. М., Сондака В. В. [1-3], Ячика А. В. [5] та інших.

Формулювання цілей статті

Метою роботи є: дослідження екологічного значення регіональних особливостей формування гідрохімічного режиму річок України в умовах змін клімату

Виклад основного матеріалу

Згідно припущень Коненко-Гриба мінералізація води басейнів річок України зумовлена фізико-географічними умовами самих басейнів, водним режимом водотоків і рівнем граничного антропогенного навантаження - скидом стічних вод з урбанізованих територій і поверхневим стоком (рис. 1).

Мінералізація води детермінована фазами гідрологічного режиму згідно формул (1-4):

$$\text{Зимова межень} \quad \text{I } \Sigma_i = b + q \quad (1)$$

$$\text{Водопілля} \quad \text{II } \Sigma_i = b + q + Q \quad (2)$$

$$\text{Літня межень} \quad \text{III } \Sigma_i = b + q + h \quad (3)$$

$$\text{Осіньне повноводдя} \quad \text{IV } \Sigma_i = b + q + n \quad (4)$$

де b – природний фон, підземний стік; q – об'єм стічних вод після очищення; Q – повеневий стік; h – атмосферні опади; n – ґрунтовий стік.

Згідно досліджень Коненко Г. Д. співвідношення між іонами Ca^{2+} та мінералізацією складне:

$$\Sigma_n = 4,50 \cdot Ca^{2+} \quad (5)$$

Екологічний стан водного середовища визначається водністю, навантаженням за забруднюючою речовиною і самоочисною здатністю. Можна вважати, що стан водного середовища визначається наступною залежністю:

а) в період межени:

$$S_t = \frac{q}{\theta} = \frac{q}{P} \quad (6)$$

б) та в період водопілля:

$$S_t = \frac{q}{Q} \quad (7)$$

де q – навантаження за забруднюючою речовиною; θ – вміст розчинного кисню; Q – втрати води, м³/с; P – переробна здатність водного середовища.



Рис. 1. Схема формування сольового режиму поверхневих вод

За сумарним впливом на стан поверхневих вод провідну роль відіграє антропогенне навантаження: стічні води, поверхнево-схилловий стік з урбанізованих територій та агроландшафтів. Непорушені території надають лише 2,8% домішок. Тобто дані Г. Д. Коненко щодо сольового складу мінералізації води річок можна прийняти як реальні (табл. 1).

Таблиця 1

**Особливості районування території України за рівнем мінералізації
(за Г. Д. Коненко)**

Район	Сума іонів, мг/дм ³	Район	Динаміка на початок XXI ст.
Перший	100 - 200	Полісся, Карпати	Додаткове забруднення від розкладу торфів
Другий	200 - 500	Західний район, Правобережжя Дніпра	Вплив урботериторій, стоки
Третій	500 - 1000	Ліві притоки Дністра, Південний Буг	Вплив урботериторій
Четвертий	1000 - 2000	Півд. район, Південний Буг, нижня течія Дніпра	Вплив промислових стоків, промивки засолених ґрунтів атмосферними опадами та зрошенням
П'ятий	> 2000	Прибережжя Чорного і Азовського морів	Ґрунтовий стік із степових засолених ґрунтів

Необхідно звернути увагу на природну складову формування сольового фону поверхневих вод і фази гідрологічного режиму, а також вплив локальних забруднень від урботериторій (стічні та зливові води).

В басейні Шацьких озер (оз. Світязь) при мінімізації впливу атмосферних опадів (мінералізація 40-50 мг/дм³) основним джерелом сольового складу є підземні води з тріщинуватих порід (карстові явища).

У створах урбанізованих територій (Київ, Полтава, Львів та ін.) показники гідрохімічних сполук в межах мають значні підвищення мінералізації при стабілізації характеристик в нижній течії за рахунок приток (рр. Удай, Ворскла, Устя, Іква та ін.). В степових районах (Пн.-Зх. Причорномор'я, рр. Когильник, Сарата) відмічається різке зростання мінералізації води за рахунок підвищення температури та кругообігу промивних засолених ґрунтових вод (до 2,0 – 3,0 г/дм³). Відмічений різкий приріст значної мінералізації річок Криму (табл. 2, 3), що спричинено підвищенням температури повітря і води, а також зниженням кількості води у річках та водосховищах. У таких умовах випаровування води зменшує обсяг водних мас, але солі та мінеральні компоненти залишаються, що призводить до концентрації мінералів у залишковій воді (зростання мінералізації) [6].

Таблиця 2

**Питома вага компонентів річкового стоку за внесенням домішок на території України [складено
автором]**

Складові елементи річкового стоку	Значення фактичних коефіцієнтів						Усереднені значення, α
	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	α_6	
Поверхнево-схиллові стічні води	0,810	0,540	0,470	0,50	0,070	0,335	0,466
Поверхнево-схилловий стік з непорушених територій	0,007	0,005	0,010	0,04	0,009	0,100	0,028
Поверхнево-схилловий стік з територій сільгоспугідь	0,118	0,435	0,480	0,22	0,169	0,380	0,300
Поверхнево-схилловий стік з урбанізованих територій	0,065	0,020	0,040	0,24	0,751	0,185	0,216
Всього	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Примітка: Всього з урбанізованих територій скидання становить 68,2% домішок; із сільгоспугідь у весняно-літній період - 30,0%; із непорушених територій - 2,8%.

α_1 – внесення азоту амонійного; α_2 – внесення азоту загального; α_3 – внесення фосфору мінерального; α_4 – внесення органічного вуглецю; α_5 – внесення завислих речовин; α_6 – внесення токсичних домішок;

При збереженні характеристик за дослідженнями Г. Д. Коненко у верхній течії мінералізація складає до 800,0 мг/дм³ при зростанні до 2,0 – 3,0 г/дм³ у нижній степовій частині за рахунок підвищення температури та промивних засолених ґрунтів (рр. Мокрий і Сухий Індол).

Все ж один із чинників формування гідрологічного режиму відрізняється за складом, місцем розташування та впливом діяльності людини. Однак процеси формування відповідної системи залежать від

гідрохімії, чисельності екотонів і процесів самоочищення. Зокрема високий індекс самоочищення помічено в рр. Горині, Стиру, Случі, Десні, Тетереві, Росі. Ворсклі, Західному Бузі та ін.

Таблиця 3

Вплив зональної антропогенної типізації на якість і склад річкових вод України [складено автором]

Тип	Характер Впливу	Річка (типові прояви)	I_E (комп. еколог. індекс якості води)	Характерні забруднюючі речовини	Характеристика локально катастрофічних сукцесій біогідроценозів	Джерело інформації
I	Поверхнево-схилловий стік в районі агроєкосистем	рр. Сквіра, Бобровиця (п.п.р. Дніпро)	$\frac{0,3 - 8,0}{1 - 10,0}$	Азот амонійний, нітрати, фосфати, сульфати, іони магнію, пестициди	Пригнічення розвитку кормової бази риби; загибель іхтіофауни від надходження ксенобіотиків	Власні спостереження
II	Поверхневий стік з території ферм і домогосподарств	р. Устя (верхів'я)	$\frac{0,5 - 8,0}{0,2 - 15,0}$	Нафтопродукти, аміак, нітрати, органічні та, завислі речовини	Періодичні літні замори риби від надходження аміаку і порушення газового режиму (після літніх злив)	Власні спостереження
III	Дренажний стік з осушувальних систем	Басейни річок Полісся і Лісостепу	$\frac{0,1 - 8,0}{0,1 - 11,0}$	Нітрати, фосфати, сульфати, розчинні пестициди	Інтенсивний розвиток вищих водних рослин, періодичні замори риби після надходження добрив і пестицидів	Власні спостереження
IV	Дренажний стік з території зрошувальних систем	рр. Сарата, Когильник (бас. Чорного моря)	$\frac{0,2 - 5,5}{0,5 - 8,0}$	Хлориди, сульфати, натрій, стійкі пестициди, сполуки азоту	Збіднення кормової бази, ріст мінералізації води, загибель аборигенної іхтіофауни	Власні спостереження
V	Стік шахтних і рудничних вод	рр. Вовча, Самара, Оріль, Інгулець (степова зона)	$\frac{0,9 - 5,0}{0,7 - 6,0}$	Хлориди, сульфати, магній, натрій, важкі метали	Збіднення кормової бази риби, при перевищенні рибогосподарських ГДК чи накопиченні металів у риби, замори	Власні спостереження
VI	Теплові забруднення	Річкова мережа нижче ДРЕС і АЕС	Не визначався	Теплові забруднення, радіонукліди стронцію-90, цезію-137	Заміна видового складу макро-, мікрофітів та іхтіофауни, кормової бази, зміни в м'язових тканинах риби на хромосом./ рівні	Протасов, 1992; Крюков, 1993; Євтушенко, 1993; Францевич, 1993
VII	Стік урбанізованих центрів	Вся річкова мережа	$\frac{0,3 - 8,0}{2,0 - 6,0}$	Хлориди, сульфати, магній, натрій	Бактеріальне забруднення, біогени	Власні спостереження
VIII	Схилловий стік з поверхні урбанізованих центрів	Вся річкова мережа	$\frac{2,0 - 5,0}{3,0 - 10,0}$	Хлориди, сульфати, натрій, калій	Органічні домішки, токсичні зависі	Власні спостереження

Примітка: В графі I_E (комплексний екологічний індекс якості води) в чисельнику – значення у зимову межень, у знаменнику – у літню межень.

На ці процеси впливає закислення водного середовища (pH Горині, Стиру, Случа, Десни, Тетерева), а також індекс токсичності за іонами. Про ефективне очищення можна судити за біопроникністю живого корму для іхтіофауни, адже головні русла річок бідні на корм, іхтіофауна живиться за рахунок екотопів приток. Тому при реабілітації річкових екосистем необхідно вживати заходи зі зниження твердого стоку, замулення русел, загалом зниження антропогенного тиску. Хоча й зараз через активні природні механізми спостерігається відтворення різноманіття аборигенної іхтіофауни (табл. 4, 5).

Таблиця 4

Парна кореляційна залежність заморних явищ від складових факторів [складено автором]

№ п/п	Фактори	Коефіцієнт кореляції	Вірогідність
1	Органічна речовина за BCK_5 , мг $O_2/дм^3$	0,860	0,896
2	Витрати води в руслі, Q , м ³ /с	0,540	0,811
3	Стічні води, q , м ³ /с	0,890	0,990
4	Атмосферні опади в зимову межень, мм	-0,870	0,998
5	Товщина льодового покриву, см	0,845	0,511
6	Температура повітря в період зимової межені, t , °C	0,590	0,999

Кластерний аналіз впливу чинників на формування існування європейського вугра у водоймах Західного Полісся [складено автором]

А. Біотична складова				Б. Косна складова			
1			5	9			13
2			6	10			14
3			7	11			15
4			8	12			16
Σ = 25				Σ = 18			
Умовні позначення:							
1 - прозорість, см				9 – водообмін, <i>n</i>			
2 – вміст азотних сполук, <i>N</i>				10 – замулення, см на рік			
3 – вміст мінерального фосфору, <i>P</i>				11 – колірність, град			
4 – органічна речовина, (<i>C</i>)				12 – стоки урбанізованих територій, %			
5 – якість води, <i>I_E</i>				13 – питома вага мілководь, %			
6 - чисельність видів риб, <i>n</i>				14 – заростання фітомасою, ВВР-%			
7 – розчинений кисень, мгО ₂ /дм ³				15 – площа зимувальних ям, <i>n</i>			
8 – сірководнева зона				16 – чисельність проміжних екотонів, <i>n</i>			
Стан еталонний, бал 1,0				Σ _{балів} = 43 III – клас екологічної класифікації			
Стан добрий, бал 2,0							
Стан погіршений, бал 3,0							
Стан поганий, бал 4,0							
Стан кризовий, бал 5,0							
Індексація балами кластерного аналізу, (класи/бали)							
I		II		III		IV	
15		25		35		50	
Екосистема басейну за екологічним кластерним аналізом відноситься до III класу							

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

Проведені нами дослідження показали, що гідрохімічний режим річок України формується під поєднаним впливом кліматичних змін і антропогенного навантаження. Визначено чітку залежність мінералізації та іонного складу води від фаз гідрологічного режиму, фізико-географічних умов і рівня урбанізації та сільськогосподарського освоєння територій. Основними джерелами забруднення є стоки з урбанізованих зон і агроландшафтів, тоді як внесок природних територій є незначним. Виявлено суттєві регіональні відмінності якості води та підтверджено важливу роль природних механізмів самоочищення у стабілізації стану водних екосистем. Отримані результати обґрунтовують необхідність удосконалення системи моніторингу та впровадження ефективних водоохоронних заходів в умовах кліматичних змін.

Перспективними напрямками подальших досліджень є поглиблене вивчення впливу кліматичних змін на сезонну та багаторічну динаміку гідрохімічних показників, розроблення прогностичних геоінформаційних (ГІС) моделей змін якості поверхневих вод, оцінювання ефективності природних і штучних механізмів самоочищення річкових екосистем, обґрунтування регіонально диференційованих заходів зі зниження антропогенного навантаження та адаптації систем водокористування до сучасних кліматичних викликів.

Література

1. Гриб Й. В., Клименко М. О., Сондак В. В. Відновна гідроекологія порушених річкових та озерних систем. – Рівне : Волинські береги, 1999. – 348 с.
2. Гриб Й. В., Клименко М. О., Сондак В. В. Реабілітація порушених річкових та озерних систем. – Рівне ; Вінниця, 2015. – 424 с.
3. Гриб Й. В., Сондак В. В., Куньчик Т. М. Компенсаційні заходи з відтворення аборигенної іхтіофауни у річково-озерній мережі Західного Полісся // Таврійський науковий вісник. – Херсон, 2005. – Вип. 38. – С. 161–164.
4. Ковальчук С. В., Гриб В. Й., Калько А. Д. Роль заплави річково-озерної мережі як осередку життя водної екосистеми і відтворення аборигенної іхтіофауни // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Серія «Сільськогосподарські науки». – 2024. – Вип. 3 (107). – С. 120–133.
5. Денисова О. І., Серебрякова Т. М., Чернявська А. П., Яцик А. В., Гриб Й. В., Сіренко Л. Я., Верніченко Г. А., Руденко Л. О., Разов В. П. Сучасний стан поверхневих вод України: методичні підходи та екологічна оцінка // Водне господарство України. – 1996. – № 6. – С. 24–28.
6. Вишневський В. І. Вплив зміни клімату на випаровування з поверхні води в Україні // Журнал геології, географії та геокології. – 2022. – Т. 31, № 1. – С. 163–170. – Режим доступу: <https://doi.org/10.15421/112216>

References

1. Hryb Y. V., Klymenko M. O., Sondak V. V. Vidnovna hidroekolohiia porushenykh richkovykh ta ozernykh system. Rivne : Volynski oberehy. 1999. 348 s.
2. Hryb Y. V., Klymenko M. O., Sondak V. V. Reabilitatsiia porushenykh richkovykh ta ozernykh system. Rivne-Vinnytsia. 2015. 424 s.
3. Hryb Y. V., Sondak V. V., Kunchyk T. M. Kompensatsiini zakhody z vidtvorennia aboryhennoi ikhtiofauny u richkovo-ozernii merezhi Zakhidnoho Polissia. Tavriiskyi naukovi visnyk. Kherson, 2005. Vyp. 38. S. 161-164.
4. Kovalchuk S. V., Hryb V. Y., Kalko A. D. Rol zaplavy richkovo-ozernoi merezhi yak oseredku zhyttia vodnoi ekosystemy i vidtvorennia aboryhennoi ikhtiofauny. Visnyk NUVHP. Seriia «Silskohospodarski nauky». Vypusk 3(107). 2024. S. 120-133.
5. Denysova O. I., Serebriakova T. M., Cherniavska A. P., Yatsyk A. V., Hryb Y. V., Sirenko L. Ya., Vernichenko H. A., Rudenko L. O., Razov V. P. Suchasnyi stan poverkhnivykh vod Ukrainy: metodychni pidkhody ta ekolohichna otsinka. Vodne gospodarstvo Ukrainy. 1996. №6. S. 24–28.
6. Vyshnevskiy, V.I. (2022). Vplyv zminy klimatu na vyparovuvannia z poverkhni vody v Ukraini. Zhurnal heolohii, heohrafii ta heoekolohii , 31 (1), 163-170. <https://doi.org/10.15421/112216>