

торий и разработку стратегии развития общества на местном уровне для предупреждения реализации опасных гидроэнергетических проектов для окружающей среды.

**Ключевые слова:** планирование территорий, стратегия развития территорий, общины, экологическая информация, гидроэнергетика.

Отримано: 24.10.2017

УДК 506.064

**Р. С. Ямборак**, к.г.н., доцент,

**Л. Й. Роговик**, к.х.н., доцент

Подільський державний аграрно-технічний університет  
вул. Шевченка 13, м. Кам'янець-Подільський, 32300, Україна  
e-mail: raisa.yamborak@gmail.com

## **ГЕОЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ МАЛИХ РІЧОК ПОДІЛЬСЬКОГО ПРИДНІСТЕР'Я**

Застосовано системний принцип оцінювання гідрохімічної якості малих річок із використанням Державної статистичної звітності за формою №2-ТП (водосп) «Звіт про використання води». Досліджено поведінку гідрохімічних показників малих річок басейну Дністер в межах Подільського економічного району протягом 12-річного терміну спостереження. Відмічено тенденцію кількісного їх зростання в часі. Встановлено існування фактору депонування хімічних речовин в гідросистемі малих річок Подільського Придністер'я. Визначено кількісний депонуючий показник гідрохімічних забруднень по досліджуваних допливах. Визначено особливості депонування забруднень гідрологічної системи малих річок. Отримано узагальнену оцінку гідрохімічної якості, яка перетворена на єдиний параметр подальшої оптимізації екологічного стану поверхневої водної системи. Отримана оцінка стала єдиним комплексним інтегральним критерієм оцінки екосистеми і передбачає можливість комплексної оптимізації екологічної якості досліджуваної водної системи.

**Ключові слова:** системний принцип, гідрохімічна якість, малі річки, комплексний інтегральний критерій, екологічна ситуація, гідрохімічний моніторинг.

**Постановка проблеми, актуальність.** Людству для життя і діяльності потрібна не будь-яка вода, а тільки прісна і певної якості. Основним джерелом її в більшості країн є нині і залишаться в майбутньому річки і озера, запаси води в яких не безмежні. Складність водної проблеми, однак, полягає не тільки у забезпеченні необхідної кількості води для зростаючих потреб людства. Гострота її не меншою мірою пов'язана з прогресивним погіршенням якості води. Розвиток промислового і сільськогосподарського виробництва, урбанізація територій супроводжується дедалі інтенсивнішим забрудненням водних об'єктів стічними водами і різного роду відходами. Малі річки в Україні чи не найбільше відчули за останні десятиліття тиск людської діяльності, саме вони найбіль-

ше змінилися, а подекуди навіть повністю зникли. Безпосереднім фактором впливу на малі річки є наявність стоків (очищених і неочищених): комунальних, промислових, сільськогосподарських. Їхня дія особливо небезпечна, тому що в окремих випадках об'єм цих стоків може бути таким самим або й більшим, ніж об'єм стоку малої річки. Суть водної проблеми, таким чином, не в тому, що води на Землі мало, а в тому, що, по-перше, відновлювані ресурси прісних вод обмежені, а, по-друге, безпланове, нерідко хижацьке ставлення до водних ресурсів як безплатного дару природи призводить до вичерпання і різкого погіршення якості води, що в свою чергу порушує екологічну рівновагу у біосфері.

**Аналіз досліджень та публікацій за темою.** На перший погляд малі річки не здатні відігравати провідної ролі у водозабезпеченні народного господарства. Проте, складаючи лише 20% сумарного державного водозабору, вони забезпечують на 67% потреби сільгоспводопостачання, на 35% – зрошення, на 25% – господарсько-побутові потреби населення. Об'єм забору води на народногосподарські потреби в басейнах малих річок сягає 20% забору з водних об'єктів суші на Україні [9].

Питанням якості поверхневих вод присвячено цілий ряд досліджень вітчизняних учених. Значний внесок у розвиток теоретичних і практичних засад системного підходу до вивчення хімічного складу природних вод зробив В. К. Хільчевський. Ним було розроблено й успішно застосовано геосистемно-гідрохімічний метод для дослідження хімічного складу і стоку різних типів природних вод (атмосферних опадів, схилових, річкових, ґрунтових, підземних вод) на елементарних водозборах (геосистемах) малих річок із урахуванням впливу фізико-географічних і антропогенних факторів [10]. Більшість вчених-дослідників при визначенні стану басейнів річок притримуються системного принципу оцінки. Так, структурно-функціональні перетворення геосфер за Вернадським [2] передбачають з'ясування взаємозв'язків всіх складових біосфери, де в основі лежить вчення Вернадського В. І. про єдність води у природі. М. Д. Гроздинський при визначенні «природної системи» характеризує її як «певну множину елементів природного походження, існуючі зв'язки між якими зумовлюють прояв природи в певних якостях реалізації нею таких функцій, які б при взаємодії елементів були б неможливими» [3]. Системний підхід передбачає визначення таких структурно-функціональних особливостей гідроекосистем, як збалансованість, функціонування, саморегулювання, стійкості природних систем тощо. Тобто, необхідність застосування системного підходу щодо визначення складу води, досліджень гідрохімічного складу природних вод диктується сьогодні. С. І. Сніжком [8] було запропоновано, введено та формалізовано поняття про специфічне природне утворення – гідрохімічну систему (ГХС). Створено методологію дослідження ГХС, основою якою стала розроблена концепція про багатофакторність процесу формування хімічного складу природних вод із поглядом на практичне застосування. Як правило, і наступні результати досліджень автора стосовно екологічного стану водних систем України отримані при використанні системного підходу.

**Методи досліджень.** Методика загального оцінювання результатів моніторингу екологічної якості поверхневих водних об'єктів передбачає порівняння нормативних показників конкретного водокористувача (питного або технічного водопостачання) із реальним станом та природно-ресурсним потенціалом водного об'єкту, згідно якого визначають ступінь відповідності природної води нормативам водокористувача [6].

**Одержані результати та їх аналіз.** Дані про обсяги, характер використання та рівні впливів антропогенної діяльності на водні ресурси отримано з Державної статистичної звітності за формою №2-ТП (водгосп) «Звіт про використання води». Однак, показники зазначеної форми статистичної звітності розрізнені, не дають загального уявлення про дійсний екологічний стан водної системи.

Систематичний контроль за якістю води, що подається споживачам здійснюється за 20...50 компонентами забруднюючих речовин [5], згідно чинних нормативів, які визначають гранично допустимі концентрації (ГДК) забруднюючих речовин у воді. При цьому за умови відповідності нормі ГДК окремо взятого забруднювача, сумарний токсикологічний ефект визначити неможливо. Отже, споживачі одержують воду невизначеної якості за біологічними, фізичними та хімічними її властивостями. Досліджуючи поведінку зазначених гідрохімічних показників малих річок басейну Дністра в межах Подільського економічного району протягом 12-річного терміну спостереження, відмічено тенденцію їх зростання в часі. При цьому встановлено існування фактору депонування (зміна в %) хімічних речовин в гідросистемі малих річок Подільського Придністер'я. За встановленим фактом депонування забруднюючих речовин, визначено кількісний депонуючий показник (в %) гідрохімічних забруднень по досліджуваних допливах водного басейну Подільського Придністер'я. (табл. 1).

Користуючись даними середніх значень відхилень вказаних гідрохімічних забруднювачів, визначено особливості депонування забруднень гідрологічної системи малих річок в межах Подільського Придністер'я, зокрема:

- 1) лужність допливів басейну Подільського Придністер'я є мірою загальної кількості слабких кислих аніонів у розчині, які здатні нейтралізувати протони водню ( $H^+$ ):  $HCO_3^- + H^+ \rightarrow H_2O_{(p)} + CO_{2(g)}$ ;
- 2) жорсткість води зумовлена наявністю в ній гідрокарбонатних йонів кальцію та магнію –  $Ca(HCO_3)_2$ ,  $Mg(HCO_3)_2$ . Зростання жорсткості пояснюється збільшенням вмісту вуглекислого газу у воді. Таке збільшення, згідно основного закону хімічної кінетики, сприяє протіканню прямої реакції, тобто збільшенню вмісту  $Mg(HCO_3)_2$ :  $MgCO_3 + H_2O + CO_2 \rightarrow Mg(HCO_3)_2$ . В свою чергу збільшення вмісту вуглекислого газу у водному середовищі басейну річки Дністер призводить до зростання швидкості процесу фотосинтезу в цілому;
- 3) за даними табл. 1 зростання по сульфатній групі – 37,86 %;
- 4) вміст  $Mg^{2+}$  йонів в середньому зріс на 33,44 % в порівнянні до 2004 року;

5) напрям течії малих річок в межах Подільського Придністер'я – ліві допливи гідросистеми Подільського Придністер'я мають напрям течії з півночі на південь [4]. Такий напрям підвищує температуру від витoku до гирла. Дністровське, буферне та Дубосарське водосховища акумулюють значну кількість тепла, тим самим впливають на температурний режим русла нижче греблі. Температура вод від ТЕС у зимову межінь досягає 17 °С. Про це свідчить нестійкий льодовий режим лівих допливів гідросистеми Подільського Придністер'я. У зимовий період самоочищення води басейну річки Дністер максимально відбувається при температурі близькій до 0°С. Підвищення температури води на 1°С викликає збільшення споживання кисню на 14,5 %. Користуючись таким твердженням та використавши дані (ХСК, БСК<sub>5</sub>) (табл. 1), можна охарактеризувати вплив температурного фактору на водну біоту за 12-річний період дослідження (наприклад – 41,38%: 14,5%/градус=2,85 °С; 18,05%:14,5%/градус=1,24°С). Звідси зростання вмісту ХСК в лівих допливах гідросистеми Подільського Придністер'я приводить до зростання температури в середньому на 2,85 °С, БСК – 1,24 °С.

Відповідно до структури гідрохімічного моніторингу, для картографування та обґрунтування оцінювання забруднення водойм, використовують індикатори, що відображають екологічну ситуацію досліджуваного водного об'єкту в цілому. Одним із таких індикаторів є середній індекс забрудненості води [7].

Індекс розраховується згідно формули:

$$K_c = (C_i / \text{ГДК}_i) / n \quad (1)$$

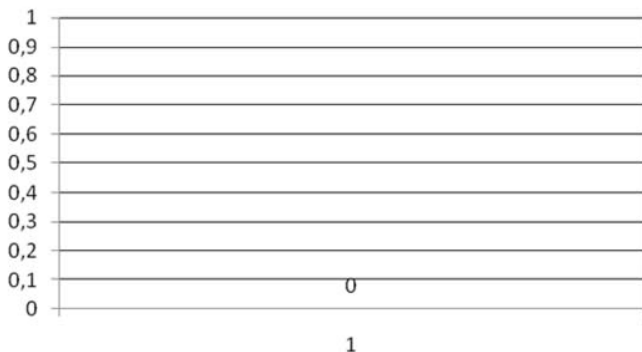
де  $K_c$  – середній індекс забрудненості водоймищ;  $C_i$  – концентрація забруднюючих речовин у річковій воді, мг/дм<sup>3</sup>;  $\text{ГДК}_i$  – відповідна граничноприпустима концентрація забруднюючої речовини, мг/дм<sup>3</sup>;  $n$  – кількість аналізованих забруднюючих речовин.

Таблиця 1

*Середні значення концентрацій забруднюючих речовин у контрольованих малих річках гідросистеми Подільського Придністер'я за період спостереження (2004-2016)*

Об'єкт спостереження	Результати спостереження										
	Жорсткість		SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		NO <sub>3</sub>		ХСК		БСК <sub>5</sub>		K <sub>c</sub>
	C <sub>i</sub> /ГДК	K <sub>c1</sub>	C <sub>i</sub> /ГДК	K <sub>c1</sub>	C <sub>i</sub> /ГДК	K <sub>c1</sub>	C <sub>i</sub> /ГДК	K <sub>c1</sub>	C <sub>i</sub> /ГДК	K <sub>c1</sub>	
Збруч	0,636	0,128	0,067	0,015	0,035	0,007	1,52	0,302	1,992	0,396	0,168
Жванчик	0,575	0,119	0,084	0,0016	0,037	0,007	1,857	0,372	2,162	0,433	0,187
Смотрич	0,63	0,126	0,082	0,017	0,028	0,006	1,828	0,366	2,316	0,464	0,196
Мукша	0,64	0,127	0,123	0,023	0,07	0,016	2,78	0,558	3,16	0,631	0,271
Тернава	0,67	0,133	0,073	0,013	0,027	0,005	1,49	0,297	1,952	0,393	0,169
Студениця	0,59	0,119	0,068	0,013	0,032	0,006	1,19	0,237	1,668	0,334	0,142
Ущиця	0,63	0,124	0,083	0,018	0,029	0,006	1,248	0,251	1,724	0,344	0,149
Калюс	0,676	0,137	0,098	0,022	0,028	0,005	1,446	0,288	2,032	0,413	0,173

Числові значення середнього індексу забрудненості води досліджуваної гідросистеми Подільського Придністер'я встановлено за період 2004-2016 рр., із врахуванням фактору депонування [11], за виокремленими показниками забрудненості води, такими як: жорсткість,  $Mg^{2+}$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $NO_3^-$ , ХСК, БСК<sub>5</sub> (рис. 1). Пропонований перелік гідрохімічних показників відображає загальний рівень забруднення прісноводних систем і, незважаючи на обмеженість має достатньо високу інформативність.



**Рис. 1.** Середні значення індексу забрудненості у контрольованих малих річках гідросистеми Подільського Придністер'я за період спостереження (2004-2016 рр.)

З метою оптимізації структури показників екологічного стану прісноводних систем запропоновано використання мінімально доцільної кількості показників для конкретно визначених умов оцінки з подальшим їх перетворенням в інтенсивну форму оцінки у вигляді інтенсивного показника  $d$  за допомогою, так званої, «функції бажаності» [1].

$$d_i = \exp [- \exp (- y_i)] \quad (2)$$

де  $d_i$  – значення оцінки параметру в інтенсивному вигляді;  $y_i$  – умовна величина оцінюваного показника;  $\exp$  – прийняте позначення експоненти.

Доцільність використання «функції бажаності» полягає в тому, що значення кожного оцінюваного параметру перетворюються у відповідну бажаність  $d$ , після чого визначається узагальнена оцінка  $D$ , всього масиву екологічних показників як середнє геометричне «бажаностей» окремих параметрів [1]:

$$D = \sqrt[q]{d_1 \times d_2 \times \dots \times d_i} = \sqrt[q]{\prod_{i=1}^{i=q} d_i} \quad (3)$$

де  $q$  – загальна кількість параметрів визначеної структури числового масиву.

Таким чином, отримана узагальнена оцінка  $D$  перетворюється на єдиний параметр подальшої оптимізації екологічного стану

поверхневої водної системи замість багатьох  $d_i$ . Тобто,  $D$  є єдиним комплексним інтегральним критерієм оцінки екосистеми і передбачає можливість комплексної оптимізації екологічної якості водної системи.

Пропонована методика комплексної оцінки екологічного стану прісноводних систем дає можливість:

- узагальнення окремих оцінюваних параметрів водної системи;
- безперервного нарощування банку даних по кожному об'єкту системи;
- порівняння рівнів екологічної якості водних систем незалежно від конкретно визначених умов оцінки.

**Висновок.** Пропонована методика аналітичної оцінки якості екологічного стану водної системи дозволяє визначати динаміку рівнів екологічної безпеки досліджуваних об'єктів, за оптимальною структурою показників, визначається дієвістю та повнотою, дає можливість використання результатів такої оцінки для розробки заходів оптимізації екологічного стану як окремого водного об'єкту, так і системи в цілому.

#### **Список використаних джерел:**

1. Бирман Ю. А. Инженерная защита окружающей среды / Ю. А. Бирман, Н. Г. Вурдовой. – М. : Изд-во АСВ, 2002. – 296 с.
2. Вернадский В. И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружение / В. И. Вернадский. – М., 2001. – 374 с.
3. Гроздинський А. Н. Методи оптимізації в системах прийняття рішень : навчальний посібник / А. Н. Гроздинський. – Харків : ХНУРЕ, 2006. – С. 325.
4. Географічна енциклопедія України : в 3-х т. / редкол. : О. М. Маринич (відпов. ред.) та ін. – К. : «Українська Радянська Енциклопедія» ім. Бажана М. П., 1990. – Т. 1: А-Ж. – 480 с.
5. Державна статистична звітність (форма №2-ТП (водгосп) «Звіт про використання води» за 1990-2000 рр. затверджена наказом держкомстату України від 30.09.97р. № 230.
6. Методика розрахунку антропогенного навантаження і класифікації екологічного стану басейнів малих річок України / УНДІВЕП ; [розроб. : А. В. Яцик, А. Б. Бишовець, О. М. Петрук та ін.]. – 2-ге вид., перероб. і доп. – К. : ДМП «Полімед», 2007. – 71 с.
7. Романенко В. Д. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / В. Д. Романенко, В. М. Жукинський, О. П. Оксіюк. – Символ-Т, 1998. – 28 с.
8. Сніжко С. І. Дослідження структури гідрохімічних систем шляхом аналізу їх часових інформаційних матриць / С. І. Сніжко // Географія і сучасність. – 2001. – Вип. 5. – С. 16-25.
9. Статистичний щорічник України за 2011 рік / за ред. О. Г. Осауленка. – К. : ТОВ «Август-Трейд», 2012. – 559 с.
10. Хільчевський В. К. Гідрохімічний режим та якість поверхневих вод басейну Дністра на території України / В. К. Хільчевський, О. М. Гончар, М. Р. Забокрицький та ін. ; за ред. В. К. Хільчевського, В. А. Сташука. – К. : Ніка-Центр, 2013. – 256 с.
11. Ямборак Р. С. Автоматизоване оцінювання та прогнозування гідрохімічного стану водних ресурсів Подільського Придністер'я : дис. ... канд. географ. наук / Р. С. Ямборак. – 2007. – С. 69-74.

## References:

1. Birman Y. A. Engineering protection of the environment / Y. A. Birman, N. G. Vurdova. – Moscow : Publishing House of the ACB, 2002. – 296 p.
2. Vernadskyi V. I. The chemical structure of the Earth's biosphere and its environment / V. I. Vernadskyi. – Moscow, 2001. – 374 p.
3. Grozdynskiy A. N. Methods of optimization in decision-making systems: Textbook / A. N. Grozdynskiy. – Kharkiv : KNURE, 2006. – 325 p.
4. Geographical encyclopedia of Ukraine : in 3 volumes / Redcount: O. M. Marynych (answered) and others. – K. : «Ukrainian Soviet Encyclopedia» by Bazhan M. P. 1990. – Vol. 1: A-Z. – 480 p.
5. State statistical reporting (form №2-TP (water management) «Report on the use of water» for 1990-2000 approved by the order of the State Statistics Committee of Ukraine dated September 30. – 1997. – № 230.
6. Method of calculation of anthropogenic loading and classification of the ecological state of the basins of small rivers of Ukraine. / UNIDIWE ; [developed by A. V. Iatsyk, L. B. Bishovets, O. M. Petruk and ot.]. – 2nd edition, processed and complemented – K. : DMP «Polimed», 2007. – 71 p.
7. Romanenko V. D. The method of ecology of the anchor of surface water for the category of theories / V. D. Romanenko, V. M. Zhukinskyi, O. P. Oksiiuk. – Symbol-T, 1998. – 28 p.
8. Snizhko S. I. Investigation of the structure of hydrochemical systems by analyzing their time information matrices / S. I. Snizhko // Geography and modernity, 2001. – P.16-25.
9. Statistical Yearbook of Ukraine for 2011 / ed. O. G. Osaulenko – K. : LLC «August-Trade», 2012. – 559 p.
10. Khilchevskiy V. K. Hydrochemical regime and quality of surface waters of the Dniester basin in Ukraine / V. K. Khilchevskiy, O. M. Gonchar, M. R. Zaboritskiy and ot. ; for ed. V. K. Khilchevskiy, V. A. Stashuk – K. : Nika-Center, 2013. – 256 p.
11. Yamborak R. S. Automated estimation and forecast of the hydrochemical water resources state of Podil Prydnisteria : thesis for obtaining a scientific degree of the geographic sciences associate professor / R. S. Yamborak. – 2007. – P. 69-74.

**R. S. Yamborak**, Ph.D., Associate Professor

**L. Y. Rogovyk**, Ph.D., Associate Professor

State Agrarian and Engineering University in Podillya  
13, Shevchenko str., Kamianets-Podilskiyi, 32300 Ukraine  
e-mail: raisa.yamborak@gmail.com

### **GEOECOLOGICAL MONITORING OF SMALL RIVERS OF PODILLYA PRYDNISTERIA**

*The systematic principle of the hydrochemical quality assessment of small rivers with the use of the State statistics report on the form 2-TP (vodgosp) «Water use report» was used. The behavior of hydrochemical indicators of small rivers in the Dniester basin within the limits of Podilskiyi economic region during the 12-year observation period is researched. A tendency of their quantitative growth in time is noted. The existence of a factor for the chemical substances depositing in the hydrosystem of the small rivers of Podil Prydnisteria was established. The quantitative deposition indicator of hydrochemical contaminations on investigated impurities is determined. The peculiarities of contamination deposition of the hydrological system of small rivers are determined. A generalized assessment of hydrochemical quality has been*



obtained, which has been transformed into a single parameter for further optimization of the ecological state of the surface water system. The obtained assessment has become the only integrated criterion for assessing the ecosystem and it provides the possibility for comprehensive optimization of the ecological quality of the investigated water system.

**Keywords:** system principle, hydrochemical quality, small rivers, comprehensive integrated criterion, ecological situation, hydrochemical monitoring.

**Р. С. Ямборак**, к.г.н., доцент,

**А. Й. Роговик**, к.х.н., доцент

Подольский государственный аграрно-технический университет  
ул. Шевченко 13, г.Каменец-Подольский, 32300, Украина

e-mail: raisa.yamborak@gmail.com

### **ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ МАЛЫХ РЕК ПОДОЛЬСКОГО ПРИДНЕСТЕРОВЬЯ**

Применено системный принцип оценки гидрохимического качества малых рек, используя Государственный статистический отчет формы №2-ТП (водхоз) «Отчет об использовании воды». Исследовано поведение гидрохимических показателей малых рек бассейна Днестра в пределах Подольского экономического региона за двенадцать лет наблюдения. Отмечено направление количественного их возрастания во времени. Определено наличие фактора депонирования химических веществ гидросистемы малых рек Подольского Приднестровья. Определено количественный показатель депонирования химических загрязнений исследуемых водоемов. Определено особенности депонирования загрязнений гидрологической системы малых рек. Получено обобщенную оценку гидрохимического качества, которую преобразовано в единый параметр дальнейшей оптимизации экологического состояния поверхностной водной системы. Полученная оценка стала единственным комплексным интегральным критерием оценки экосистемы и дает возможность комплексной оптимизации экологического качества исследуемой водной системы.

**Ключевые слова:** системный принцип, гидрохимическое качество, малые реки, комплексный интегральный критерий, экологическая ситуация, гидрохимический мониторинг.

Отримано: 16.10.2017