

*А. Д. Кузык, Б. Я. Бойчук, К. А. Король, Р. О. Дирда*  
*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів, Україна*  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0118-9493> – А. Д. Кузык  
<https://orcid.org/0000-0003-2537-7077> – Б. Я. Бойчук  
<https://orcid.org/0000-0003-4363-6933> – К. А. Король  
✉ [andrij\\_k@yahoo.com](mailto:andrij_k@yahoo.com)

## ВПЛИВ ВОЄННИХ ДІЙ НА ЯКІСТЬ ВОДИ В РІЧКАХ УКРАЇНИ

**Проблема.** Воєнні дії негативно впливають на довкілля, зокрема на поверхневі води. Забруднення спричинені як потраплянням у воду техніки, озброєння, вибухових речовин та продуктів вибуху, так і потраплянням різних забруднювачів внаслідок руйнування об'єктів, очисних споруд та ін., а також змінами у процесах виробництва.

**Мета.** Метою досліджень є порівняння якості поверхневих вод у річках, поблизу яких ведуться бойові дії у річках в тиллових областях України за даними моніторингу.

**Методи дослідження.** У роботі застосовано статистичні, порівняльні та аналітичні методи досліджень.

**Основні результати досліджень.** Дослідження проведено за даними моніторингу вод річок Дніпро (м. Запоріжжя) та р. Західний Буг (м. Сокаль). Аналіз результатів моніторингу стану води за основними показниками якості дав можливість виявити наявність впливу між показниками якості води та періодом моніторингу – до початку війни та після її початку. Проаналізовано щомісячні дані моніторингу з 01.2021 по 10.2024 таких показників, як концентрація амоній-іонів, БСК<sub>5</sub>, розчиненого кисню, нітрат-іонів, нітрит-іонів, сульфат-іонів, фосфат-іонів та хлорид-іонів.

Побудовано графіки залежностей, обчислено основні статистичні характеристики. Показники порівняли з гранично допустимими концентраціями, які встановлені нормативними документами.

Наявність, характер та тісноту зв'язків визначили за коефіцієнтами кореляцій між відповідними показниками якості обох річок за весь період досліджень, період до початку війни і після її початку. Побудовано кореляційні матриці між показниками якості води кожної з річок у ці періоди. Виявлено відмінності поведінки показників, їх статистичних характеристик, а також кореляційних зв'язків.

**Висновки.** За результатами моніторингу якості поверхневих вод р. Дніпро (м. Запоріжжя) та р. Західний Буг (м. Сокаль) до початку повномасштабної війни та після її початку виявлено відмінності показників якості та їх динаміки, що зумовлено воєнними діями та руйнуванням об'єктів з потраплянням у воду забруднювачів, змінами в інтенсивності промислового та сільськогосподарського виробництва, що пов'язані з війною та внутрішньою міграцією населення. Оскільки на екологічний стан води впливають одночасно різні чинники, а також погоднокліматичні умови, не вдається знайти чітку залежність, яка описує ці процеси впливу, проте абсолютно очевидним є вплив воєнних дій.

**Ключові слова:** поверхневі води, екологічний стан, забруднення, гранично допустима концентрація, воєнні дії, статистичний аналіз

*А. Д. Кузык, В. Я. Боичук, К. А. Король, Р. О. Дирда*  
*Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine*

## THE IMPACT OF MILITARY ACTIONS ON WATER QUALITY IN RIVERS OF UKRAINE

**Introduction.** Military actions negatively affect the environment, in particular surface waters. Pollution is caused both by the ingress of equipment, weapons, explosives and explosion products into the water, and the ingress of various pollutants as a result of the destruction of facilities, treatment facilities, etc., as well as changes in production processes.

**Purpose.** The purpose of the research is to compare the quality of surface waters in rivers located near the places of hostilities and in the rear areas of Ukraine according to monitoring data.

**Methods.** The work uses statistical, comparative and analytical research methods.

**Results.** The study was conducted based on water monitoring data for the Dnieper (Zaporizhzhya) and Western Bug (Sokal) rivers. Analysis of the results of water monitoring by key quality indicators enables the identifying the influence between water quality indicators and the monitoring period - before the war and after its outbreak. Monthly monitoring data from 01.2021 to 10.2024 of the concentration of ammonium ions, BOD<sub>5</sub>, dissolved oxygen, nitrate ions, nitrite ions, sulfate ions, phosphate ions and chloride ions were analyzed.

Dependency graphs were constructed, the main statistical characteristics were calculated. The indicators were compared with the maximum permissible concentrations established by regulatory documents.

The presence, type and closeness of relationships were determined by the correlation coefficients between the corresponding quality indicators of both rivers for the entire research period, the period before the war and after its beginning. Correlation matrices were constructed between the water quality indicators of each river during these periods. Differences in the behavior of the indicators, their statistical characteristics, as well as correlation relationships were identified.

**Conclusion.** According to the results of monitoring the quality of surface waters of the Dnieper River (Zaporozhye city) and the Western Bug (Sokal) before the start of the full-scale war and after its start, differences in quality indicators and their dynamics were revealed, which is due to military operations and the destruction of facilities with the entry of pollutants into the water, changes in the intensity of industrial and agricultural production associated with the war and internal migration of the population. Since the state of water is affected by various factors, including weather and climate conditions, no clear relationship can be found that describes these effects, but the impact of military operations is quite obvious.

**Key words:** surface waters, ecological state, pollution, maximum permissible concentration, military operations, statistical analysis

**Вступ.** Війна в Україні негативно впливає на навколишнє природне середовище, завдаючи значної шкоди [1]. Цей вплив триває ще з 2014 року [2]. Від воєнних дій зазнають пошкоджень екосистеми, розташовані як в зоні бойових дій, так і на певній віддалі від них, через обстріли та поширення негативного впливу. Шкоди природному середовищу та біоті завдають пожежі, руйнування, механічні ушкодження, забруднення та ін.

Особливо значним є вплив воєн на водні екосистеми, внаслідок якого вода виступає як «жертва», «зброя» чи «тригер» [3]. Це стосується і водних екосистем України. Навіть відносно невелика тривалість воєнного впливу (Житомирська область) зумовила пошкодження очисних споруд, погіршення якості води через збільшення допустимого вмісту нітратів, нафтопродуктів та інших забруднювачів [4]. Поверхневі води річок забруднюються через потрапляння небезпечних хімічних компонентів внаслідок обстрілів, руйнування різноманітних об'єктів та потрапляння речовин, що використовуються у їх діяльності, в води річок, потрапляння різноманітних біологічних матеріалів, які спричиняють біологічне забруднення. Значні забруднення спостерігаються в річці Дніпро з водосховищами, Сіверський Донець, які протікають поблизу лінії бойового зіткнення. Проте через ракетні удари та ушкодження об'єктів в тилу забруднення потрапили в поверхневі води в Тернопільській області (р. Іква), Миколаївській області (Бузький лиман), Дніпропетровській області (Зеленодольське водосховище) [5].

Під час війни в Україні відбулося переміщення значної кількості населення у центр та на захід України, що теж може впливати на стан поверхневих вод, через підвищене антропогенне навантаження. Тому стан води у водоймах, які не зазнали впливу бойових дій чи обстрілів, також може погіршуватися порівняно з середніми багаторічними показниками.

Моніторинг поверхневих вод на тимчасово окупованих територіях України не ведеться, а на звільнених частинах частково відновлений у місцях, де дозволяє безпекова ситуація. У Харківській області на водозаборах спостерігаються підвищені концентрації азоту амонійного в 3,3-3,4 раза, нітритів – у 6,1-6,5 раза [6].

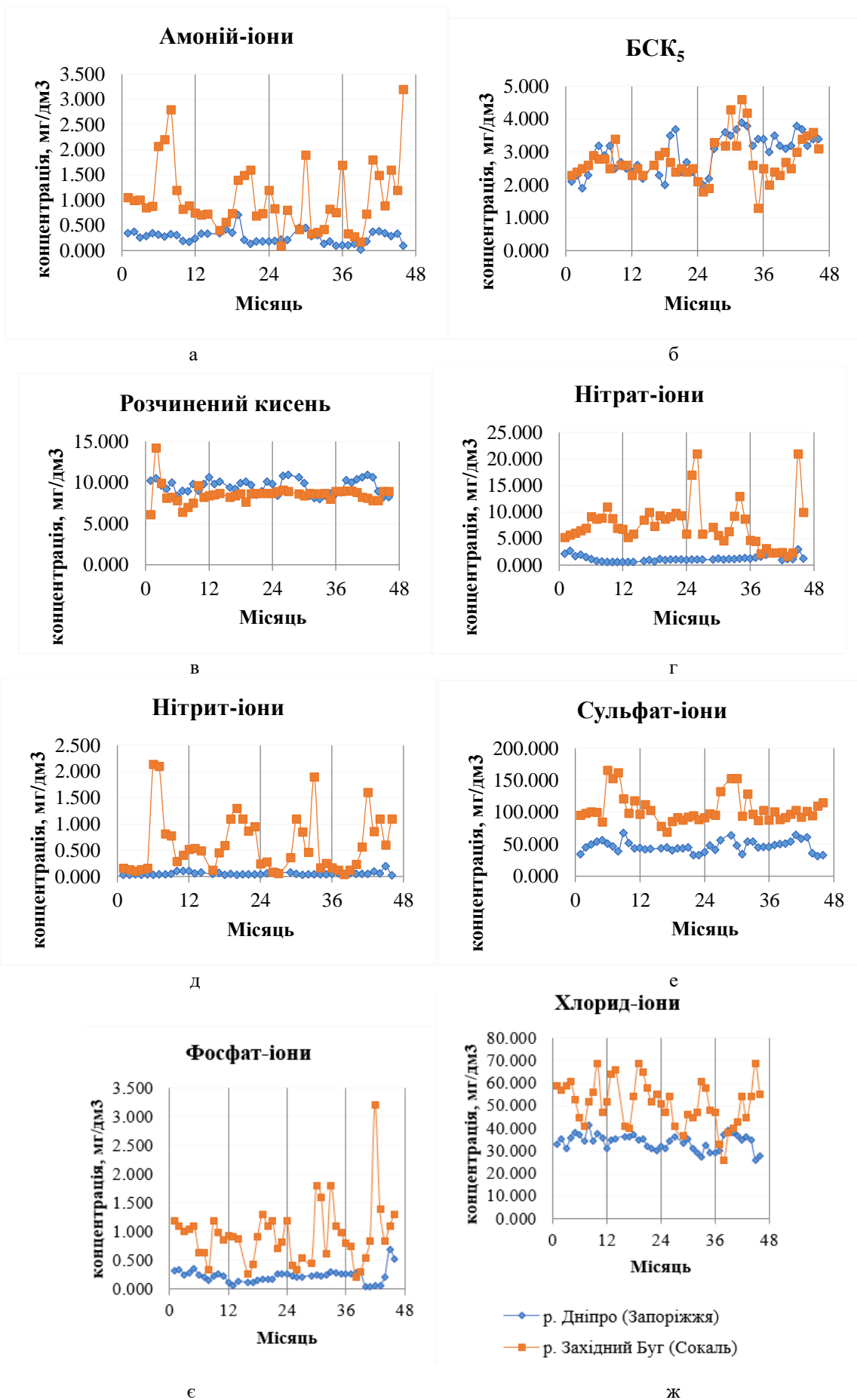
Національна система моніторингу поверхневих вод здійснюється з метою забезпечення збору, обробки, збереження, узагальнення та аналізу інформації про стан водних об'єктів, прогнозування його змін та розробки науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень у галузі використання, охорони вод та відтворення водних ресурсів. Інформацію про основні засади її організації, законодавчі та нормативні документи, а також програми державного моніторингу вод на 2021 - 2024 роки наведено на сайті Державного агентства водних ресурсів України [7]. Дані моніторингу наведені на електронному ресурсі відомства «Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України» [8].

**Метою роботи** є порівняння якості поверхневих вод у річках, які протікають поблизу місць бойових дій та в тилкових областях України за даними моніторингу.

**Методи досліджень.** Статистичні, порівняльні та аналітичні методи досліджень.

#### **Результати досліджень**

Для реалізації нашої мети виберемо за об'єкт дослідження річку Дніпро в межах м. Запоріжжя та р. Західний Буг в районі м. Сокаль. Дослідження динаміки якості води проводили за період 01.2021 – 10.2024, тобто дещо більше року до початку повномасштабної війни та з її початку дотепер. Для порівняльного аналізу взяли основні показники якості: амоній-іони, біохімічне споживання кисню, розчинений кисень, нітрат-іони, нітрит-іони, сульфат-іони, фосфат-іони та хлорид-іони. Показники якості визначені щомісяця за винятком березня 2023 р. та квітня 2023 р. Графіки динаміки показників наведені на рис. 1.



**Рисунок 1** – Графіки динаміки показників якості води р. Дніпро (м. Запоріжжя) та Західний Буг (м. Сокаль): а – амоній-іони, б – БСК<sub>5</sub>, в – розчинений кисень, г – нітрат-іони, д – нітрит-іони, е – сульфат-іони, ж – фосфат-іони, з – хлорид-іони

Обчислено точкові статистичні характеристики показників якості води за весь період, період до початку війни та після її початку (табл. 1).

**Таблиця 1**

Статистичні показники якості води р. Західний Буг (м. Сокаль)/р. Дніпро (м. Запоріжжя)

Показник якості	Період	Середнє значення, мг/дм <sup>3</sup>	Середньоквадратичне відхилення, мг/дм <sup>3</sup>	Розмах, мг/дм <sup>3</sup>	Коефіцієнт варіації, %
Амоній-іони	01.2021-10.2024	1,05	0,67	3,10	64,04
		0,27	0,12	0,69	46,67
	01.2021-02.2022	1,21	0,65	2,09	53,78
		0,30	0,06	0,20	20,28
	04.2022-10-2024	0,97	0,54	3,10	55,31
0,26		0,14	0,69	56,65	
БСК <sub>5</sub>	01.2021-10.2024	2,75	0,64	3,30	23,28
		2,93	0,59	2,00	20,19
	01.2021-02.2022	2,61	0,30	1,10	11,40
		2,55	0,39	1,30	15,44
	04.2022-10-2024	2,82	0,76	3,30	26,82
3,10		0,60	1,90	19,28	
Кисень розчинений	01.2021-10.2024	8,54	1,13	8,10	13,19
		9,50	0,88	2,90	9,22
	01.2021-02.2022	8,47	1,96	8,10	23,15
		9,64	0,65	2,20	6,75
	04.2022-10-2024	8,57	0,39	1,50	4,60
9,44		0,96	2,90	10,12	
Нітрат-іони	01.2021-10.2024	7,60	4,27	19,30	56,14
		1,22	0,56	2,35	46,03
	01.2021-02.2022	7,28	1,75	5,80	24,02
		1,14	0,71	2,08	62,21
	04.2022-10-2024	7,76	5,13	19,30	66,11
1,26		0,50	2,27	39,49	
Нітрит-іони	01.2021-10.2024	0,62	0,55	2,10	88,61
		0,05	0,03	0,18	56,60
	01.2021-02.2022	0,63	0,67	2,04	107,83
		0,05	0,03	0,08	54,47
	04.2022-10-2024	0,62	0,50	1,86	80,24
0,05		0,03	0,18	58,14	
Сульфат-іони	01.2021-10.2024	105,05	22,47	97,00	21,39
		46,78	8,97	36,30	19,17
	01.2021-02.2022	115,14	26,27	81,00	22,81
		47,67	8,28	33,20	17,36
	04.2022-10-2024	100,33	19,29	84,00	19,23
46,37		9,17	33,50	19,77	
Фосфат-іони	01.2021-10.2024	0,95	0,52	2,99	54,46
		0,23	0,12	0,65	50,28
	01.2021-02.2022	0,92	0,24	0,85	25,83
		0,23	0,09	0,28	37,56
	04.2022-10-2024	0,96	0,62	2,99	63,90
0,23		0,12	0,65	51,38	
Хлорид-іони	01.2021-10.2024	51,23	9,94	43,00	19,40
		33,95	3,41	15,20	10,04
	01.2021-02.2022	55,79	8,06	28,00	14,45
		35,46	2,69	10,00	7,60
	04.2022-10-2024	49,10	10,25	43,00	20,87
33,25		3,42	12,90	10,29	

Щоб порівняти характер зміни показників якості води у р. Дніпро та р. Західний Буг, застосуємо кореляційний аналіз. Для встановлення наявності та характеру зв'язку між показниками обох річок обчислимо коефіцієнти кореляції між відповідними показниками (табл. 2). Значимі коефіцієнти кореляції з рівнем значущості  $\alpha=0,05$  виділені жирним шрифтом.

Таблиця 2

Коефіцієнти кореляцій між показниками якості води р. Дніпро та Західний Буг

Період	Амоній-іони	БСК <sub>5</sub>	Кисень розчинений	Нітрат-іони	Нітрит-іони	Сульфат-іони	Фосфат-іони	Хлорид-іони
01.2021-10.2024	0,13	<b>0,49</b>	0,10	-0,05	-0,17	0,21	0,02	-0,20
01.2021-02.2022	0,17	0,39	0,36	-0,49	-0,16	-0,07	0,48	-0,05
04.2022-10-2024	0,10	<b>0,50</b>	-0,16	0,03	-0,18	0,35	-0,03	-0,40

Кореляційний аналіз також застосуємо для показників якості води кожної з річок. Для визначення характеру та тісноти зв'язку між різними показниками побудуємо кореляційні матриці. За весь період досліджень коефіцієнти кореляції наведені в табл. 3. Значимі коефіцієнти кореляції з рівнем значущості  $\alpha=0,05$  виділені жирним шрифтом.

Таблиця 3

Кореляційна матриця зв'язків між показниками якості води р. Дніпро (м. Запоріжжя) (чисельник) і р. Західний Буг (м. Сокаль) (знаменник) за період 01.2021-10.2024

	Амоній-іони	БСК <sub>5</sub>	Кисень розчинений	Нітрат-іони	Нітрит-іони	Сульфат-іони	Фосфат-іони	Хлорид-іони
Амоній-іони	1	<u>0,05</u> 0,11	<b>0,32</b> -0,25	<u>0,00</u> 0,00	<u>0,05</u> <b>0,52</b>	<u>0,13</u> <b>0,46</b>	<u>-0,23</u> 0,23	<u>0,28</u> 0,19
БСК <sub>5</sub>		1	<u>-0,18</u> -0,10	<u>0,09</u> -0,10	<u>0,03</u> <b>0,39</b>	<u>0,25</u> <b>0,33</b>	<u>0,08</u> <b>0,32</b>	<u>-0,12</u> 0,03
Кисень розчинений			1	<u>0,05</u> 0,02	<u>0,08</u> <b>-0,35</b>	<b>0,33</b> -0,24	<b>-0,43</b> -0,03	<b>0,52</b> 0,07
Нітрат-іони				1	<u>0,12</u> 0,03	<u>0,02</u> 0,03	<b>0,47</b> -0,18	<u>-0,11</u> <b>0,37</b>
Нітрит-іони					1	<u>-0,01</u> <b>0,38</b>	<u>0,27</u> <b>0,43</b>	<u>-0,13</u> 0,17
Сульфат-іони						1	<b>-0,36</b> -0,10	<b>0,32</b> -0,17
Фосфат-іони							1	<b>-0,51</b> <b>0,40</b>
Хлорид-іони								1

Для встановлення впливу воєнних дій обчислено коефіцієнти кореляції між показниками до початку повномасштабних воєнних дій (таблиця 4) та після їх початку (таблиця 5). Як і в таблиці 3, жирним шрифтом виділені значимі коефіцієнти кореляції з рівнем значущості  $\alpha=0,05$ .

Таблиця 4

Кореляційна матриця зв'язків між показниками якості води р. Дніпро (м. Запоріжжя) (чисельник) і р. Західний Буг (м. Сокаль) (знаменник) за період 01.2021-02.2022 (до початку повномасштабної війни)

	Амоній-іони	БСК <sub>5</sub>	Кисень розчинений	Нітрат-іони	Нітрит-іони	Сульфат-іони	Фосфат-іони	Хлорид-іони
Амоній-іони	1	0,05 0,22	0,19 -0,38	0,46 <b>0,55</b>	<b>-0,76</b> <b>0,70</b>	-0,09 <b>0,90</b>	0,15 <b>-0,81</b>	0,13 <b>-0,61</b>
БСК <sub>5</sub>		1	<b>-0,64</b> -0,25	-0,41 <b>0,77</b>	-0,09 0,36	0,11 0,28	-0,14 0,11	<b>0,73</b> -0,31
Кисень розчинений			1	0,25 -0,33	0,23 -0,41	-0,18 -0,39	0,05 0,31	-0,51 0,32
Нітрат-іони				1	-0,62 <b>0,56</b>	-0,10 <b>0,60</b>	<b>0,76</b> -0,33	-0,16 -0,37
Нітрит-іони					1	-0,04 <b>0,85</b>	-0,40 <b>-0,63</b>	-0,13 <b>-0,68</b>

Продовження таблиці 4

	Амоній-іони	БСК <sub>5</sub>	Кисень розчинений	Нітрат-іони	Нітрит-іони	Сульфат-іони	Фосфат-іони	Хлорид-іони
Сульфат-іони						1	0,25 <b>-0,83</b>	0,02 <b>-0,63</b>
Фосфат-іони							1	0,09 0,47
Хлорид-іони								1

Таблиця 5

Кореляційна матриця зв'язків між показниками якості води р. Дніпро (м. Запоріжжя) (чисельник) і р. Західний Буг (м. Сокаль) (знаменник) за період 04.2022-10.2024 (після початку повномасштабної війни)

	Амоній-іони	БСК <sub>5</sub>	Кисень розчинений	Нітрат-іони	Нітрит-іони	Сульфат-іони	Фосфат-іони	Хлорид-іони
Амоній-іони	1	0,14 0,13	0,33 -0,22	-0,10 -0,07	0,20 <b>0,44</b>	0,16 0,16	-0,28 <b>0,43</b>	0,27 <b>0,40</b>
БСК <sub>5</sub>		1	-0,06 0,16	0,26 -0,16	0,07 <b>0,46</b>	<b>0,37</b> <b>0,49</b>	0,13 0,33	-0,14 0,15
Кисень розчинений			1	-0,02 0,32	0,04 0,40	<b>0,47</b> 0,06	<b>-0,53</b> <b>-0,37</b>	<b>0,75</b> -0,22
Нітрат-іони				1	<b>0,58</b> -0,08	0,11 -0,05	<b>0,38</b> -0,17	-0,06 <b>0,52</b>
Нітрит-іони					1	0,00 0,02	<b>0,46</b> <b>0,75</b>	-0,15 <b>0,60</b>
Сульфат-іони						1	<b>-0,53</b> 0,07	<b>0,40</b> -0,14
Фосфат-іони							1	<b>-0,68</b> <b>0,45</b>
Хлорид-іони								1

### Обговорення результатів досліджень

Значення показників якості води у ріках Дніпро (м. Запоріжжя) та Західний Буг (м. Сокаль) різняться між собою як до початку повномасштабної війни, так і після початку. Це може бути зумовлене природними відмінностями річок та різним антропогенним впливом. Як видно з рис. 1 та табл. 1, загалом вміст забруднювачів та його коливання є вищими у р. Західний Буг, порівняно з р. Дніпро. Це можна пояснити більшою витратою води у р. Дніпро, що сприяє самоочищенню та міграції забруднювачів вниз за течією. Єдиними показниками, що переважно є більшими у р. Дніпро, є БСК<sub>5</sub> та вміст розчиненого кисню, причому високі концентрації розчиненого кисню характерні як загалом для всього періоду, так і окремо до початку та з початком повномасштабної війни.

Показник БСК<sub>5</sub>, перевищення якого понад норматив 3,0 мг/дм<sup>3</sup> [9] свідчить про наявність органічних забруднювачів, у р. Дніпро перевищує відповідний показник у р. Західний Буг для всього періоду та з початком воєнних дій і зумовлений біологічним забрудненням річки, яке виникло після початку бойових дій. У довоєнний 2021 рік та у 2022 році перевищення БСК<sub>5</sub> для р. Дніпро у м. Запоріжжя спостерігалось лише в літній період, а з весни 2023 року постійно є вищим за

нормативне значення. У річці Західний Буг поблизу Сокаля цей показник перевищувався у довоєнний період лише у вересні 2021 року, у 2022 році був у межах норми, а з весни до осені 2023 року та з липня 2024 року і дотепер також перевищує норму. Коефіцієнти кореляції між значеннями БСК<sub>5</sub> у відповідні періоди для обох річок за весь період та з початком воєнних дій є значимими та становлять, відповідно, 0,49 і 0,50.

Амоній-іони у р. Дніпро не перевищують нормативне значення 0,5-1,0 мг/дм<sup>3</sup> [9], а у р. Західний Буг цей показник зазнав значних коливань (розмах 3,10 мг/дм<sup>3</sup> за весь період та після початку війни, у довоєнний період 2,09 мг/дм<sup>3</sup>, коефіцієнти варіації за весь період досліджень, до війни та після її початку 64,04%, 55,81% і 53,78%) і перевищував нормативні значення у літні місяці, що ймовірно зумовлене стоками з агропідприємств. Особливо великим (трикратне перевищення нормативного значення) цей показник спостерігався у жовтні 2024 року та у серпні 2021 року.

Вміст розчиненого кисню, який має важливе значення для водної біоти, повинен бути не меншим ніж 4,0 мг/дм<sup>3</sup> у будь-яку пору року [10]. У р. Дніпро цей показник мав середні значення за весь період, до війни та після її початку - близько 9,5 мг/дм<sup>3</sup>, а 2023 року і у весняно-літній період перевищував 10,0 мг/дм<sup>3</sup>. У р. Західний Буг у всі періоди, крім лютого

2021 р., цей показник загалом був нижчим, ніж у р. Дніпро, та зазнавав менших коливань. Незначне перевищення також фіксувалося в окремі місяці осені та зими. Проте цей показник був вищим від нормативного значення, що свідчить про сприятливий кисневий режим в обох річках.

Санітарно-токсикологічна норма ГДК нітрат-іонів становить  $45,0 \text{ мг/дм}^3$  [10] і не перевищувалася у місцях моніторингу обох водойм. Значно більшим був вміст нітратів у р. Західний Буг, причому найбільші середні та абсолютні значення фіксувалися після початку війни. Найбільших значень (понад  $20 \text{ мг/дм}^3$ ) цей показник досягав у січні-лютому та вересні 2024 року, що ймовірно спричинене поверхневим стоком з сільськогосподарських угідь, на яких інтенсифікувалося рослинництво та відповідно використання азотовмісних мінеральних добрив у зв'язку з війною. У р. Дніпро біля м. Запоріжжя різких коливань вмісту цього забруднювача не зафіксовано, Незначне підвищення порівняно з середнім значенням фіксувалося взимку-навесні 2021 року та в травні-червні й жовтні 2024 року.

Не зафіксовано в обох річках перевищення ГДК нітрит-іонів (санітарно-токсикологічна норма  $3,3 \text{ мг/дм}^3$  [10]), які спричинені мікробіологічно забрудненими стічними водами, а також стоками тваринницьких ферм. При цьому цей показник був практично завжди вищим для води р. Західний Буг, збільшуючись у літні та осінні місяці всього періоду досліджень. У літні місяці перед початком війни він був найбільшим і становив понад  $2 \text{ мг/дм}^3$ , а взимку 2021-2022 років також був порівняно високим і становив близько  $0,5 \text{ мг/дм}^3$ . Води р. Дніпро біля м. Запоріжжя містять в середньому  $0,05 \text{ мг/дм}^3$  нітритів у всі періоди, а незначне підвищення до  $0,2 \text{ мг/дм}^3$  зафіксоване у вересні 2024 року та може свідчити про потрапляння неочищених стоків, спричинене можливими аваріями на очисних спорудах вище за течією.

ГДК сульфат іонів, які мають здебільшого природне походження або можуть міститися у стічних водах, становить  $500 \text{ мг/дм}^3$  [10]. Цей показник якості води також є вищим та зазнає більших коливань для р. Західний Буг у порівнянні з р. Дніпро. Середнє значення у цих водоймах за весь період становить, відповідно,  $105,05$  і  $46,78 \text{ мг/дм}^3$ , до початку війни -  $115,14$  і  $47,67 \text{ мг/дм}^3$ , а після початку -  $100,33$  і  $46,37 \text{ мг/дм}^3$ .

Аналогічна ситуація і з вмістом хлорид-іонів, які також відносять до природних. Їх ГДК становить  $350 \text{ мг/дм}^3$  [10]. Перевищень нормативних значень не спостерігається, хоча теж їх вміст та коливання є вищими у р. Західний Буг порівняно з р. Дніпро.

І щодо фосфат іонів, які мають здебільшого антропогенне походження внаслідок використання

мийних засобів. Їх ГДК становить  $3,5 \text{ мг/дм}^3$ . Перевищень цього показника не зафіксовано, хоча спостерігається підвищення середньої концентрації цього забруднювача у р. Західний Буг під час війни -  $0,96 \text{ мг/дм}^3$  порівняно з  $0,92 \text{ мг/дм}^3$  до початку війни, а також у червні 2024 р. цей показник значно зріс і становив  $3,2 \text{ мг/дм}^3$ . Це може бути спричинене збільшенням чисельності населення у басейні річки на заході України, спричинене внутрішнім переміщенням. В цей же час вміст фосфат-іонів у р. Дніпро значно зменшився і становив  $0,073 \text{ мг/дм}^3$ . Відносне збільшення зафіксоване у водах цієї річки у вересні-жовтні 2024 року, що може бути наслідком аварій на очисних спорудах.

За результатами кореляційного аналізу встановимо наявність залежностей та відмінності між показниками якості води річок. Найбільш залежними із значущими позитивними коефіцієнтами кореляції за весь період і після початку війни є показники БСК<sub>5</sub>. Концентрації нітрат-іонів за весь період та після початку воєнних дій в обох річках практично некорельовані між собою. Проте до початку війни коефіцієнт кореляції є значимими і становить  $-0,49$ , що свідчить про наявність оберненого зв'язку, який може бути результатом відмінностей сільськогосподарської діяльності на територіях басейнів обох річок. Загалом до початку війни спостерігалась корельованість показників вмісту розчиненого кисню та фосфат-іонів, проте після початку війни та за весь період зв'язки між цими показниками в обох річках практично були відсутні. Коефіцієнти кореляції між значеннями концентрацій амоній-іонів, нітрит-іонів були низькими, проте для амоній іонів - позитивними, а для нітрит-іонів - негативними. Для сульфат-іонів і хлорид-іонів коефіцієнти кореляції були дещо вищими для періоду після початку війни, проте різних знаків, а до війни - близькими до 0.

Порівняємо кореляційні матриці між показниками якості кожної з річок. За весь період спостережень (табл. 5) коефіцієнти кореляції між показниками річок відрізняються між собою величиною та знаком. Найбільш близько пов'язані між собою такі показники як кисень розчинений і хлорид-іони (коефіцієнт кореляції  $0,52$ ), фосфат-іони та хлорид-іони ( $-0,51$ ) для р. Дніпро, амоній-іони і нітрит іони ( $0,52$ ) для р. Західний Буг.

Аналогічна корельованість для довоєнного періоду (табл. 6) є значно вищою для обох річок. Найтісніші зв'язки є між нітрит-іонами та амоній іонами ( $-0,76$ ), БСК<sub>5</sub> і киснем розчиненим ( $-0,64$ ), БСК<sub>5</sub> і хлорид-іонами ( $0,73$ ), нітрат-іонами і фосфат-іонами ( $0,76$ ) для р. Дніпро, сульфат-іонами і амоній-іонами ( $0,90$ ), нітрит-іонами і сульфат-іонами ( $0,85$ ), сульфат-іонами і фосфат-іонами ( $-0,83$ ), Фосфат-іонами і амоній-іонами ( $-0,81$ ) для р. Західний Буг. Проте є низка слабо корельованих

і практично некорельованих показників, наприклад кисень розчинений та інші показники.

Після початку воєнних дій залежності між показниками обох річок характеризуються меншими коефіцієнтами кореляцій, ніж для довоєнного періоду. Найбільші коефіцієнти кореляцій є між киснем розчиненим і хлорид-іонами (0,75), фосфат-іонами і хлорид-іонами (-0,68), киснем розчиненим і фосфат-іонами (-0,53), нітрат-іонами і нітрит-іонами (0,58), сульфат-іонами і фосфат-іонами (-0,53) для р. Дніпро, нітрит-іонами і фосфат-іонами (0,75), нітрит-іонами і хлорид-іонами (0,60), Нітрат-іонами і хлорид-іонами (0,52) для р. Західний Буг. Є також низка некорельованих або слабо корельованих показників.

#### **Висновки**

За результатами моніторингу якості поверхневих вод р. Дніпро (м. Запоріжжя) та р. Західний Буг (м. Сокаль) до початку повномасштабної війни та після її початку виявлено відмінності показників якості та їх динаміки, що зумовлене воєнними діями та руйнуванням об'єктів з потраплянням у воду забруднювачів, змінами в інтенсивності промислового та сільськогосподарського виробництва, що пов'язані з війною та внутрішньою міграцією населення.

Відмінності виявляються у зміні кореляційних зв'язків між показниками до війни та після її початку для обох річок проте з різних причин: у р. Дніпро зростає показник БСК<sub>5</sub> та знижується вміст розчиненого кисню через органічне забруднення, спричинене воєнними діями, а у р. Західний Буг зростає вміст амоній-іонів та фосфат-іонів, зумовлений антропогенним впливом внаслідок внутрішньої міграції населення у західні області. Також спостерігається зростання вмісту нітрат-іонів у р. Західний Буг порівняно з довоєнним періодом, що може пояснюватися інтенсифікацією аграрного виробництва з початком воєнних дій на заході України.

Оскільки на екологічний стан води впливають одночасно різні чинники, а також погодно-кліматичні умови, не вдається знайти чітку залежність, яка описує ці процеси впливу, проте абсолютно очевидним є вплив воєнних дій.

#### **Список літератури:**

1. Барна І. Оцінка впливу на довкілля: аналіз викликів воєнного стану. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: географія. 2023. 54(1). 233-240. <https://doi.org/10.25128/2519-4577.23.1.25>

2. Кравченко О., Василюк О., Войціховська А., Норенко К. Дослідження впливу військових дій на довкілля на Сході України. Схід. 2015. (2):118-123.

3. Строкаль В. П., Ковпак А. В. Воєнні конфлікти та вода: наслідки й ризики. Науково-практичний журнал "Екологічні науки". 2022. 5(44). 94-102. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.5-44.14>

4. Федоров О. В., Андрійчук Т. В. Вплив воєнних дій на стан гідромережі (на прикладі Житомирської області). Наука та освіта в умовах воєнного часу: матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції (18 жовтня 2024 р., Дніпро). Research Europe. 2024. 132-135. URL: <https://researcheurope.org/wp-content/uploads/2024/10/re-18.10.2024.pdf>

5. Дочинець В. В., Шуплат Т. І. Наслідки військових дій для водних ресурсів України. Відновлення довкілля України внаслідок збройної агресії росії: збірник тез доповідей Круглого столу (17 березня 2023 р., Львів). Львів: ЛДУ БЖД, 2023. 22-28. URL: <https://sci.ldubgd.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/12525/1/%D0%97%D0%B1%D1%96%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA%20%D0%BA%D1%80%D1%83%D0%B3%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%B%D1%83.pdf#page=22>

6. Міщенко А. Р. Аналіз якісного стану поверхневих водних об'єктів району басейну річки Сіверський Донець. Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту: матеріали міжнародної науково-практичної конференції молодих учених (20-21 квітня 2024 р., Харків). Харків: НУЦЗУ. 2023. 422. URL: [http://repositc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/17740/1/ZVD2023\\_%D0%9C%D1%96%D1%89%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%BE.pdf](http://repositc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/17740/1/ZVD2023_%D0%9C%D1%96%D1%89%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%BE.pdf)

7. Моніторинг поверхневих вод. Державне агентство водних ресурсів України. URL: <https://davr.gov.ua/monitoring-poverhnevih-vod1>

8. Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України. URL: <https://davr.gov.ua/EcoWaterMon/GDKMap/Index>

9. Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України Про затвердження Нормативів екологічної безпеки водних об'єктів, що використовуються для потреб рибного господарства, щодо гранично допустимих концентрацій органічних та мінеральних речовин у морських та прісних водах (біохімічного споживання кисню (БСК<sub>5</sub>), хімічного споживання кисню (ХСК), завислих речовин та амонійного азоту): 30.07.2012. № 471.

10. Про затвердження Гігієнічних нормативів якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення: наказ Міністерства охорони здоров'я України від 02.05.2022 № 721.



## References:

1. Barna, I. (2023). Otsinka vplyvu na dovkillia: analiz vyklykiv voiennoho stanu. [Assessment of environmental impact: analysis of wartime challenges]. *Naukovi zapysky Ternopil'skoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka. Serii: heohrafiia – Scientific Notes of Ternopil National Pedagogical University named after Volodymyr Hnatiuk. Series: Geography*, 54(1), 233-240. doi.org/10.25128/2519-4577.23.1.25 [in Ukrainian].
2. Kravchenko, O., Vasyliuk, O., Voitsikhovska, A., & Norenko, K. (2015). Doslidzhennia vplyvu viiskovykh dii na dovkillia na Skhodi Ukrainy [Research on the impact of hostilities on the environment in Eastern Ukraine]. *Skhid - East* (2), 118-123. [in Ukrainian].
3. Stokal, V.P., & Kovpak, A.V. (2022). Voienni konflikty ta voda: naslidky y ryzyky [Military conflicts and water: consequences and risks]. *Naukovo-praktychnyi zhurnal "Ekolohichni nauky" - Scientific and Practical Journal "Environmental Sciences"*, 5(44), 94-102. doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.5-44.14 [in Ukrainian].
4. Fedorov, O.V., & Andriichuk, T.V. (2024). Vplyv voiennykh dii na stan hidromerezhi (na prykladi Zhytomyr'skoi oblasti) [Impact of hostilities on the state of the hydrological network (on the example of Zhytomyr region)]. *Nauka ta osvita v umovakh voiennoho chasu: materialy II Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii - Science and education in wartime: materials of the II International Scientific and Practical Conference* (Dnipro, October 18, 2024). Research Europe, 132-135. researcheurope.org/wp-content/uploads/2024/10/re-18.10.2024.pdf [in Ukrainian].
5. Dochynets, V.V., & Shuplat, T.I. (2023). Naslidky viiskovykh dii dlia vodnykh resursiv Ukrainy [Consequences of military actions for Ukraine's water resources]. *Vidnovlennia dovkillia Ukrainy vnaslidok zbroinoi ahresii rosii: zbirnyk tez dopovidei Kruhloho stolu - Restoration of Ukraine's environment as a result of Russian armed aggression: a collection of abstracts of the Round Table* (Lviv, March 17, 2023). Lviv: LSULS, 22-28. URL: <https://sci.ldubgd.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/12525/1/%D0%97%D0%B1%D1%96%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA%20%D0%BA%D1%80%D1%83%D0%B3%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%B%D1%83.pdf#page=22> [in Ukrainian].
6. Mishchenko, A.R. (2023). Analiz yakisnoho stanu poverkhnevyykh vodnykh ob'ektiv raionu baseinu richky Siverskyi Donets [Analysis of the qualitative state of surface water bodies in the basin of the Siverskyi Donets River]. *Problemy ta perspektyvy zabezpechennia tsyvilnoho zakhystu: materialy mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii molodykh uchenykh - Problems and prospects of civil protection: Materials of the International Scientific and Practical Conference of Young Scientists* (Kharkiv, April 20-21, 2024). Kharkiv: NUCDU, 422. [http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/17740/1/ZVD2023\\_%D0%9C%D1%96%D1%89%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%BE.pdf](http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/17740/1/ZVD2023_%D0%9C%D1%96%D1%89%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%BE.pdf). [in Ukrainian].
7. Monitorynh poverkhnevyykh vod. Derzhavne ahentstvo vodnykh resursiv Ukrainy. [Surface Water Monitoring. State Water Resources Agency of Ukraine]. (2024). Retrieved from: <https://davr.gov.ua/monitoring-poverhnevih-vod1>. [in Ukrainian].
8. Monitorynh ta ekolohichna otsinka vodnykh resursiv Ukrainy [Monitoring and Environmental Assessment of Ukraine's Water Resources]. (2024). Retrieved from: [monitoring.davr.gov.ua/EcoWaterMon/GDKMap/Index](http://monitoring.davr.gov.ua/EcoWaterMon/GDKMap/Index). [in Ukrainian].
9. Nakaz Ministerstva ahraryoi polityky ta prodovolstva Ukrainy Pro zatverdzhennia Normatyviv ekolohichnoi bezpeky vodnykh ob'ektiv, shcho vykorystovuiutsia dlia potreb rybnoho hospodarstva, shchodo hranychno dopustymykh kontsentratsii orhanichnykh ta mineralnykh rehovyn u morskykh ta prisnykh vodakh (biokhimichnoho spozhyvannia kysniu (BSK-5), khimichnoho spozhyvannia kysniu (KhSK), zavyslykh rehovyn ta amoniinoho azotu): vid 30.07.2012 № 471. [Order of the Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine On approval of Environmental Safety Standards for water bodies used for fisheries needs, regarding the maximum permissible concentrations of organic and mineral substances in marine and fresh waters (biochemical oxygen consumption (BOD-5), chemical oxygen consumption (COD), suspended substances and ammonium nitrogen)]: 30.07.2012, No. 471. [in Ukrainian].
10. Nakaz Ministerstva okhorony zdorov'ia Ukrainy Pro zatverdzhennia Hihienichnykh normatyviv yakosti vody vodnykh ob'ektiv dlia zadovlennia pytnykh, hospodarsko-pobutovykh ta inshykh potreb naselennia: 02.05.2022 № 721 [Order of the Ministry of Health of Ukraine. On approval of Hygienic standards for the quality of water bodies for drinking, domestic and other needs of the population. 02.05.2022, No. 721]. [in Ukrainian].

© А. Д. Кузик, Б. Я. Бойчук, К. А. Король,  
Р. О. Дирда, 2024.

**Науково-методична стаття.**

Надійшла до редакції 05.12.2024.

Прийнято до публікації 18.12.2024.