

УДК 504.45: 591.541

DOI: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2021-1-7>

Ігор СТАТНИК

кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства, Національний університет водного господарства та природокористування, вул. Соборна, 11, м. Рівне, Україна, 33028

ORCID: 0000-0001-7007-7319

Олена КУРИЛЮК

аспірант кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства, Національний університет водного господарства та природокористування, вул. Соборна, 11, м. Рівне, Україна, 33028

Бібліографічний опис статті: Статник, І., Курилюк, О. (2021). Поєднання методів гідрохімічної та гідробіологічної оцінки екологічного стану русла річки. *Проблеми хімії та сталого розвитку*, 1, 43–49, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2021-1-7>

ПОЄДНАННЯ МЕТОДІВ ГІДРОХІМІЧНОЇ ТА ГІДРОБІОЛОГІЧНОЇ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ РУСЛА РІЧКИ

Представлена порівняльна оцінка гідрохімічного складу р. Луг по створах спостережень зі встановленням класу якості води, виявлення пріоритетних забруднювачів та проведення біотестування для діагностики токсичності води річки. Комплексний екологічний індекс якості води по створах спостережень змінювався у межах 1,7 (на витоку) – I-II клас до 4,5 (м. Ходорів після випуску стічних вод) – IV клас і в середньому по річці становить 3,1, що відносить воду до третього класу. Оцінка якості води по дослідних створах р. Луг з індикаторним організмом личинки хірономід (*Chironomus dorsalis*) найбільш чисельними виявила проби, відібрані у створах № 1, 2, 5: середня чисельність *Chironomus dorsalis* більше 20 екз./м². У створі №3 середня чисельність індикаторних організмів була 5 екз./м², а у створі № 4 – 12 екз./м². Результати проведених визначень підтверджують IV клас якості води у створах № 3 та № 4, аналогічно проведеній оцінці із встановленням комплексного екологічного індексу.

Для діагностики токсичності води річки Луг використали метод визначення смертності дафній (*Daphnia magna*). Гострою токсичністю характеризувалася вода річки у дослідному створі № 3 (м. Ходорів – після випуску стічних вод), про що свідчить смертність *Daphnia magna* 50,7% у першій 96 годин. Вода річки, відібрана зі створу №4 (с. Добровляни) не мала гострої токсичності, хоча IV клас якості води був установлений в обох дослідних створах. У цілому, отримані значення класів якості води р. Луг по створах спостережень відображають його зміну від II до IV, що є цілком виправданим зважаючи на наявність випуску стічних вод та високу господарську освоєність басейну.

Отримані результати доводять необхідність поєднання методів оцінки якості поверхневих вод, а саме – традиційних оцінок гідрохімічних параметрів та біоіндикаційних методів. Такий підхід здатен відобразити реальну ситуацію на водному об'єкті та є цілком логічним при проведенні екологічних оцінок стану русла річки.

Ключові слова: якість води, екологічна оцінка, індикаторні організми

Ihor STATNYK

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Senior Lecturer at the Department of Ecology, Environmental Technology and Forestry, National University of Water and Environmental Engineering, 11 Soborna St., Rivne, Ukraine, 33028

ORCID: 0000-0001-7007-7319

Olena KURYLIUK

Postgraduate at the Department of Ecology, Environmental Technology and Forestry, National University of Water and Environmental Engineering, 11 Soborna St., Rivne, Ukraine, 33028

To cite this article: Statnyk, I. & Kuryliuk, O. (2021). Poiednannia metodiv hidrokhimichnoi ta hidrobiolohichnoi otsinky ekolohichnoho stanu rusla richky [Combination of methods of hydrochemical and hydrobiological assessment of the ecological condition of the riverbed]. *Problems of Chemistry and Sustainable Development*, 1, 43–49, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2021-1-7>

COMBINATION OF METHODS OF HYDROCHEMICAL AND HYDROBIOLOGICAL ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL CONDITION OF THE RIVERBED

*A comparative assessment of the hydrochemical composition of Mr. Lug is presented on the basis of observation points with the establishment of a water quality class, the identification of priority pollutants and the conduct of biotesthetics for the diagnosis of river water toxicity. The Integrated Ecological Water Quality Index for the points of observation varied from 1.7 (at the source) to I-II class up to 4.5 (m. Hodorov after the discharge of the wastewater) to IV class and on the river average 3.1, which classifies the water in the third class. The assessment of water quality at control points p. The Hironomid indicator organism (*Chironomus dorsalis*) found the most abundant samples at points 1, 2, 5: *Chironomus dorsalis* average abundance over 20 ecs. / m². At point 3, the average number of indicator organisms was 5 ecs. / m² and at point 4 – 12 ecs. / m². The results of the definitions confirm the IV Water Quality Class in Sectors 3 and 4, similar to the assessment with the establishment of the Integrated Environmental Index.*

Daphnia magna (Daphnia magna) was used to diagnose the toxicity of the Lug River. Acute toxicity was characterized by the river's water at point 3 (Khodorov – after the release of wastewater), as evidenced by the mortality of Daphnia magna 50.7% in the first 96 hours. The river water selected from point 4 (c. Dobrovlani) was not acutely toxic, although the IV water quality class was established at both control points. In general, the values of the water-quality classes p. Meadow by reference points reflect a change from Class II to Class IV, which is justified in view of the availability of waste water and the high level of economic development of the basin.

The results demonstrate the need for a combination of surface water quality assessment methods, namely traditional hydrochemical assessments and bio-indicator methods. This approach is able to reflect the real situation of the water body and is logical when carrying out environmental assessments of the river bed.

Key words: water quality, environmental assessment, indicator organisms.

Відомо, що скидання стічних вод у водні об'єкти належить факторам антропогенної діяльності, які виявляють пряму дію на режим, якість і об'єм стоку річкових екосистем.

В Україні із 347 річкових басейнів 8% зазнали незначних екологічних змін, 9 мають задовільний, 40 – поганий, 26 – дуже поганий і 17% – катастрофічний стан [1]. У водах більшості річок виявлено сполуки азоту, нафтопродукти і феноли понад граничнодопустимі концентрації. Повсюди води малих річок забруднено аніонними поверхнево-активними речовинами (детергентами). Вміст їх становить 10,22-1,03 мг/дм³ і нерідко перевищує гігієнічний норматив (0,5 мг/дм³) у 1,5-2 рази. Проте, до програми моніторингових спостережень у басейнах малих річок досить часто не входить визначення вмісту саме цих речовин. У сучасних публікаціях зустрічаються все частіше зустрічаються повідомлення про те, що у багатьох водних об'єктах мають місце ознаки токсифікації гідробіонтів на фоні задовільного класу якості поверхневих вод. Слід зауважити, що останній встановлюється за певним «набором» гідрохімічних показників, що, як правило, обмежений можливостями офіційних лабораторних досліджень.

Аналіз літературних джерел свідчить про широке та успішне застосування методів визначення токсичних властивостей води з урахуванням сукупної дії присутніх у ній токсичних речовин на основі біотестування. Це поясню-

ється тим, що чутливість тест-об'єктів до змін, які відбуваються у ряді випадків значно вища ніж існуючих фізичних та хімічних методів.

Зазвичай, для біотестування застосовується стандартний набір біотестів на гостру токсичність з використанням бактерій з роду *Pseudomonas* (інгібування розмноження на 99% протягом 48 годин); водоростей з роду *Scenedesmus* (зниження чисельності на 50% за 5 діб); дафній та риб (загибель 50% осіб за 24 години) [2].

Так, річкова вода басейну р. Сів. Донець чинила токсичну дію лише на один (фотобактерії) із шести використаних тест-об'єктів; донні відкладення не чинили токсичної дії на хірономід, фотобактерій та інфузорій, водні витяжки з донних відкладень виявили гостру токсичність на церіодафній [3]. За результатами оцінки еколого-токсикологічного стану поверхневих вод Харківської області, яка була проведена на підставі методики біотестування було встановлено, що 36% від загальної кількості відібраних проб не відповідали встановленому нормативу за токсикологічним показником та чинили хронічну токсичну дію на тест-об'єкти ракоподібних *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg [4].

Метою нашої роботи була порівняльна оцінка гідрохімічного складу р. Луг по створах спостережень зі встановленням класу якості води, виявлення пріоритетних забруднювачів та проведення біотестування для діагностики токсичності води річки.

Річка Луг бере початок із джерел Жидачівського (Ходорівського) району Львівської області, впадає в р. Дністер з лівого берега. Довжина річки 57 км, площа водозбору 616 км², залісненість 46 %, заболоченість 4,6 %, розораність 0,4 %. Відноситься до рік рівнинного типу з паводковим режимом. Живлення змішане, переважно дощове. Проведені гідрологічні розрахунки показали, що норма річного стоку для р. Луг становить 3,08 м³/с, об'єм стоку – 97,2·10⁶ м³, шар стоку – 157,8 мм.

Природні умови басейну сприяють концентрації тут значної кількості населення, активного ведення народного господарства, особливо таких галузей як сільськогосподарське виробництво (рибництво, тваринництво, землеробство) та промисловість. Воду використовують для технічного водопостачання та потреб сільського господарства.

Середня багаторічна гідрохімічна характеристика поверхневих вод р. Луг наведена у таблиці 1.

Нумерація створів спостережень відповідає їх розміщенню від витоків до гирла, а саме:

Створ № 1 с. Отиневичі – витік; Створ № 2 м. Ходорів – до випуску стічних вод; Створ № 3

м. Ходорів – після випуску стічних вод; Створ № 4 с. Добровляни; Створ № 5 Гирло.

Для визначення класу якості води, стану водного середовища і рівня антропогенного навантаження було використано методику встановлення комплексного екологічного індексу (Іе) [5]. При проведенні біотестування здійснювали відбір зразків води та донних відкладень за стандартними гідробіологічними методиками [6].

Комплексний екологічний індекс якості води по створах спостережень змінювався у межах 1,7 (на витокі) – I-II клас до 4,5 (м. Ходорів після випуску стічних вод) – IV клас і в середньому по річці становить 3,1, що відносить воду до третього класу. Результати екологічної оцінки наведені у вигляді колових діаграм на рис. 1.

З діаграм легко помітити, що визначальними у формуванні якості води виявились речовини блоку трофо-сапробіологічного блоку (БСК₅, азот амонійний, азот нітратний), надходження яких у річку обумовлюють, переважно, алохтонні фактори (промислово-побутові та стоки сільськогосподарських угідь).

У межах Водної Рамкової Директиви прийнято оцінювати екологічний стан поверхневих вод за шкалою для визначення біотичного індексу.

Таблиця 1

Середня багаторічна гідрохімічна характеристика поверхневих вод р. Луг

№ пп	Показники	Одиниці виміру	Середнє значення	Створи				
				1	2	3	4	5
Газовий режим і органічна речовина								
1	розчинний кисень	мг/л	8	8,4	7	7	7	7
2	БСК ₅	мгО ₂ /л	8	7,8	9	9	7	6
3	ХСК (за ПО)	мгО ₂ /л	17	21	22	25	20	20
Біогенні сполуки								
4	азот амонійний	мгN/л	1,2	1	1,2	1,5	1,2	1,2
5	азот нітратний	мгN/л	0,86	0,4	0,6	1,9	0,6	0,8
6	азот нітритний	мгN/л	0,04	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04
7	фосфати	мгP/л	0,154	0,12	0,15	0,2	0,15	0,154
8	сульфати	мг/л	73	67	72	87	70	70
9	хлориди	мг/л	35	36	35	41	32	30
Твердий стік								
10	завислі речовини	мг/л	8,7	7,7	9,2	10	8,4	8,2
Мінеральний склад								
11	мінералізація	мг/л	597	580	603	615	594	594
Сполуки токсичної дії								
12	мідь	мг/л	0,002	0,0012	0,0012	0,005	0,0012	0,0017
13	цинк	мг/л	0,006	0,015	0,02	0,04	0,015	0,017
14	залізо	мг/л	0,1	0,1	0,1	0,13	0,1	0,1
15	марганець	мг/л	0,17	0,16	0,16	0,2	0,16	0,16
16	фториди	мг/л	0,14	0,12	0,12	0,2	0,12	0,12
17	нафтопродукти	мг/л	0,06	0,05	0,05	0,1	0,05	0,05

Згідно даної методики ми провели оцінку якості води по дослідних створах р. Луг, використавши в якості індикаторного організму личинки хірономід (*Chironomus dorsalis*) [7].

Найбільш чисельними виявились проби, відібрані у створах № 1, 2, 5: тут середня чисельність *Chironomus dorsalis* становила більше 20 екз./м². У створі № 3 середня чисельність індикаторних організмів була 5 екз./м², а у створі № 4 – 12 екз./м².

Результати проведених визначень чисельності *Chironomus dorsalis*, встановлення біотич-

ного індексу та класу якості води у дослідних створах представлені у таблиці 2. За даними таблиці підтверджується IV клас якості води у створах № 3 та № 4, аналогічно проведений оцінці із встановленням комплексного екологічного індексу.

Слід зазначити, що властивості та характер донних відкладень дослідної річки зберігають відносну одноманітність за течією.

Це в основному піщані мули та замулені піски. Отже, вплив фізичних характеристик

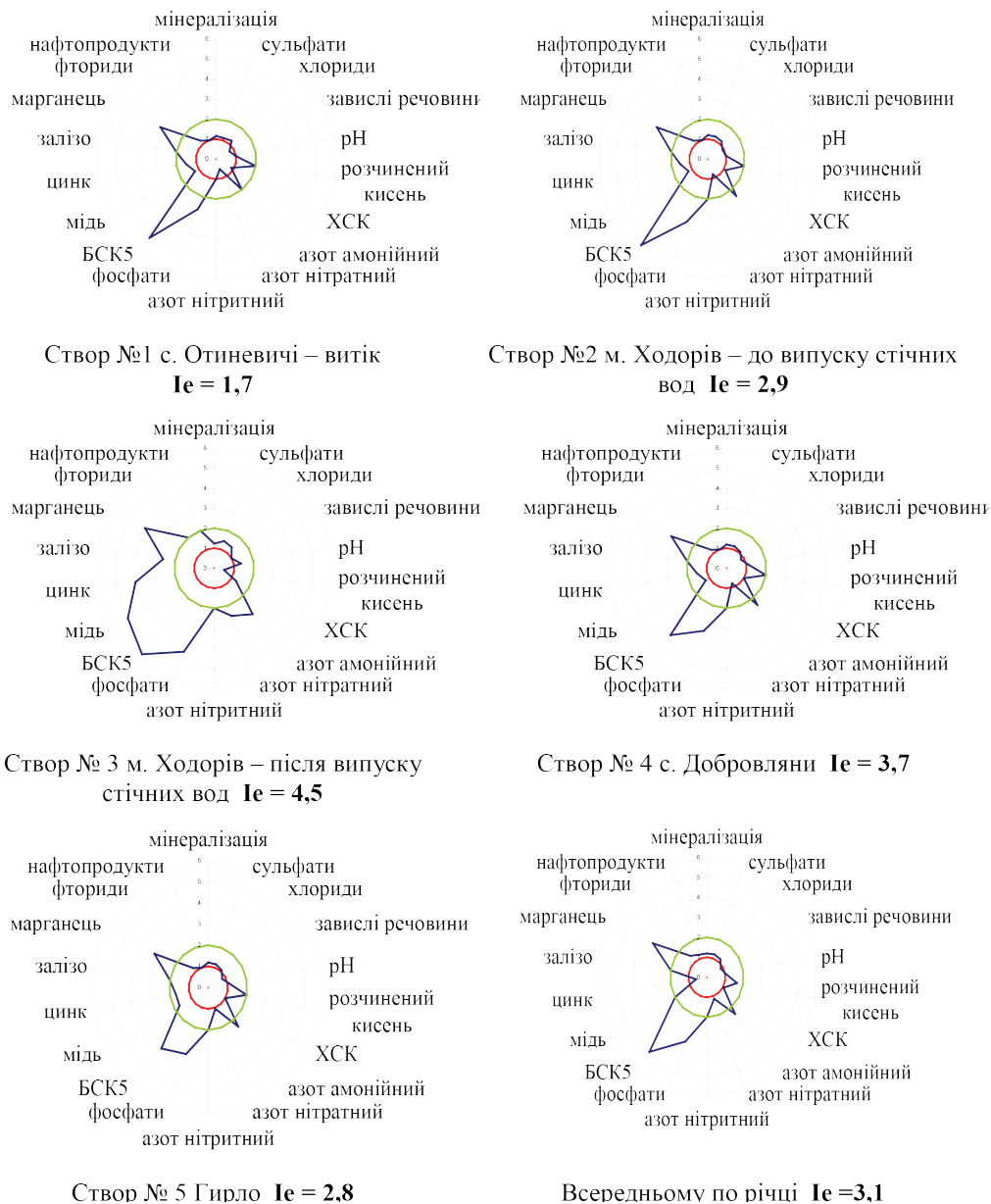


Рис. 1 Колова діаграма екологічної класифікації якості поверхневих вод р. Луг:
 — Еталонні значення характеристик екологічної оцінки поверхневих вод [5];
 — Фактичні значення характеристик екологічної оцінки поверхневих вод;
 — Рибоводно-біологічні вимоги до якості води [5];
 1 ... 7 Категорії якості води.

Таблиця 2

Результати досліджень

Ділянка річки	Чисельність <i>Chironomus dorsalis</i> , екз./м ²	Біотичний індекс якості води	Клас якості води
Створ № 1 с. Отиневичі – витік			
Створ № 2 м. Ходорів – до випуску стічних вод	’ 20	-	-
Створ № 3 м. Ходорів – після випуску стічних вод	’ 20	-	-
Створ № 4 с. Добровляни	5	3	IV – брудна
Створ № 5 Гирло	12	4	IV – брудна
	’ 20	-	-

дна, яке є середовищем існування бентосу, не здійснює вплив на розподіл чисельності організмів. В такому випадку можна стверджувати, що основним фактором тут виступає хімічний склад придонного шару води.

Для діагностики токсичності води річки Луг ми скористались методом визначення смертності дафній (*Daphnia magna*) [8]. Критерієм токсичності є загибель $\geq 50\%$ дафній за 96 год. у дослідному середовищі.

З цією метою нами було проведено серію модельних дослідів зі зразками води, що були відібрані у створах № 3 та № 4. При постановці модельних дослідів дотримувався принцип єдиної відмінності: варіанти відрізнялись лише за концентрацією хімічної речовини, в той час, як всі інші фактори лишались незмінними. Отримані дані порівнювали з контрольним дослідом – акваріумною водою. Всі досліди повторювались тричі для збільшення ступені достовірності результатів. Дафнії утримувались у хімічних стаканах ємністю 1л. Вихідна щільність культури становила 10 особин на літр води, в якості корму використовували хлібопекарські дріжджі. У хімічні стакани ємністю 250 мл, що містили 200 мл досліджуваної води,

розміщували по 10 дафній. Спостереження проводили протягом 4-х діб для визначення гострої токсичності. Підрахунок кількості дафній проводили в наступних часових інтервалах: 1, 6, 24, 48, 72 та 96 годин (табл. 3). На основі отриманих даних була розрахована смертність дафній (у %) по відношенню до контролю. Розрахунки здійснювали за формулою:

$$A = \frac{T_d - T_k}{T_d} \cdot 100 \quad (1)$$

де A – смертність по відношенню до контролю, %; N – середнє число дафній у хімічному стакані з пробами води; C – середнє число дафній у хімічному стакані з контрольною водою.

Результати встановлення смертності *Daphnia magna* у воді р. Луг порівняно з контролем в різні часові інтервали зображено у вигляді графіку на рис. 2.

Графік відображує залежність смертності дафній від гідрохімічної характеристики дослідних створів та часового інтервалу, а також спрощує візуальне сприйняття отриманих значень. Як можна помітити, гострою токсичністю характеризувалась вода річки Луг у дослідному створі № 3 (м. Ходорів – після випуску стічних вод), про що свідчить смертність *Daphnia magna*

Таблиця 3

Встановлення числа дафній у пробах води, в різні часові інтервали

Часові інтервали	Контроль				Створ № 3				Створ № 4			
	1	2	3	N	1	2	3	N	1	2	3	N
1	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
6	10	10	10	10	10	9	10	9,7	10	10	10	10
24	10	10	10	10	9	8	8	8,3	9	9	10	9,3
48	10	10	10	10	9	6	7	7,3	7	8	9	8
72	10	10	10	10	6	5	6	5,7	7	6	7	6,6
96	10	9	10	9,67	4	5	5	4,6	5	6	6	5,7

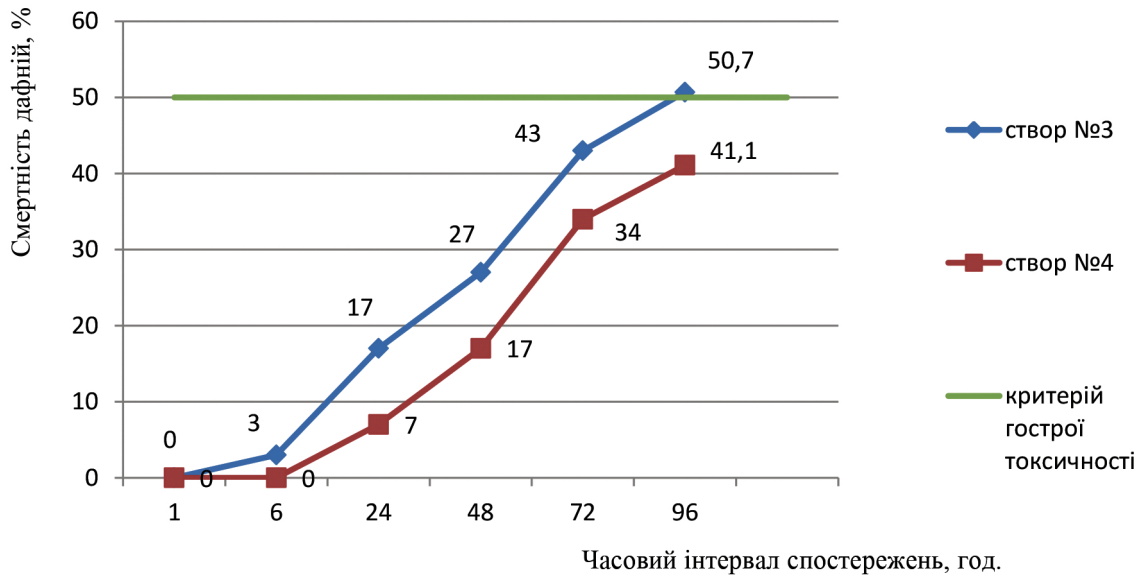


Рис. 2 Смертність *Daphnia magna* у різні часові інтервали в зразках води р. Луг порівняно з контролем

50,7% у перші 96 годин. Вода річки, відібрана зі створу № 4 (с. Добровляни) не характеризувалась гострою токсичністю, хоча IV клас якості води був установлений в обох дослідних створах.

Вочевидь, токсичність води створу № 3 пояснюється присутністю у воді певних токсичних речовин, які надходять зі стічними водами та обумовлюють просту суму токсичного ефекту (адитивність) чи взаємне посилення токсичної дії (синергізм) між собою та фоновим вмістом решти гідрохімічних показників води річки.

Отже, отримані значення класів якості води р. Луг по створах спостережень відображують його зміну від II до IV, що є цілком виправда-

ним зважаючи на наявність випуску стічних вод та високу господарську освоєність басейну.

Встановлення біотичного індексу якості води підтверджує IV клас у створах № 3 (м. Ходорів – після випуску стічних вод) та № 4 (с. Добровляни). Проте, гостра токсичність води була характерною лише для створу №3, що доводить необхідність поєднання методів оцінки якості поверхневих вод, а саме – традиційних оцінок гідрохімічних параметрів та біоіндикаційних методів виявлення токсичності води.

На нашу думку, такий підхід здатен відобразити реальну ситуацію на водному об'єкті та є цілком логічним при проведенні саме екологічних оцінок стану русла річки.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Гриб Й.В., Клименко М.О., Сондак В.В., Гринюк В.І., Войтишина В.Й. Відродження екосистем трансформованих басейнів річок та озер (рекомендації до розробки ОВНС: Монографія./ за ред. д.б.н., професора Й.В. Гриба. Рівне : НУВГП, 2012. 246 с.
2. Мальцев В.І., Карпова Г.О., Зуб Л.М. Визначення якості води методами біоіндикації: науково-методичний посібник. Київ : Науковий центр екомоніторингу та біорізноманіття мегаполісу АН України, Інститут екології (ІНЕКО) Національного екологічного центру України, 2011. 112 с.
3. Крайнюкова А.М., Чистякова О.О., Крайнюков О.М. Комплексна оцінка екологічного стану водних об'єктів (на прикладі басейну р. Сів. Донець). *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна*. 2011. № 944, Вип. 6. С. 61–71
4. Крайнюков О.М., Крайнюкова А.М. Оцінка еколого-токсикологічного стану поверхневих вод Харківської області. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. № 2(15), 2010. С. 74–82.
5. Відновна гідроекологія порушених річкових та озерних систем (гідрохімія, гідробіологія, гідрологія, управління). Том І. Гриб Й.В., Клименко М.О., Сондак В.В. Рівне : Волинські обереги. 1999. 348 с.
6. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. Санкт-Петербург : Гидрометеиздат, 1992. 143 с.

7. Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС. Основні терміни та визначення. Київ: Твій формат, 2006. 240 с.
8. Біотестування у природоохоронній практиці. / Технічний комітет з стандартизації ТК 82 «Охорона навколишнього природного середовища та раціональне використання ресурсів України». Київ 1997. 240 с.

REFERENCES:

1. Hryb, Y.V., Klymenko, M.O., Sondak, V.V., Hryniuk, V.I., Voityshyna, V.I. (2012). *Vidrodzhennia ekosystem transformovanykh basiniv richok ta ozer (rekomentatsii do rozrobky OVNS. [Revival of ecosystems of transformed river and lake basins (recommendations for the development of EIA)]* Y.V. Hryb (Ed.). Rivne: NUVHP [in Ukrainian].
2. Maltsev, V.I., Karpova, H.O., Zub, L.M. (2011). *Vyznachennia yakosti vody metodamy bioindykatsii: naukovo-metodychnyi posibnyk. [Determination of water quality by bioindication methods: scientific and methodical manual]*. Kyiv: Naukovi tsestry ekonomicheskoho ta bioriznomanittia megalopolisu AN Ukrainy, Instytut ekolohii (INEKO) Natsionalnoho ekolohichnoho tsentru Ukrainy [in Ukrainian].
3. Krainiukova A. M., Chystiakova O. O., Krainiukov O. M. (2011). Kompleksna otsinka ekolohichnoho stanu vodnykh ob'ektiv (na prykladi basynu r. Siv. Donets) [Comprehensive assessment of the ecological status of water bodies (on the example of the basin of the North Donets River)] *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu imeni V.N. Karazina – Bulletin of VN Kharkiv National University Karazina*, 944, 6, 61-71/ [in Ukrainian]
4. Krainiukov, O.M., Krainiukova, A.M. (2010). Otsinka ekoloho-toksykologichnoho stanu poverkhnelykh vod Kharkivskoi oblasti. [Assessment of ecological and toxicological condition of surface waters of Kharkiv region]. *Liudyna ta dokillia. Problemy neoekolohii – Man and the environment. Problems of neoecology*, 2(15), 74-82 [in Ukrainian].
5. Hryb, Y.V., Klymenko, M.O., Sondak, V.V. (Eds.) (1999) *Vidnovna hidroekolohiia porushenykh richkovykh ta ozernykh system (hidrokhimiia, hidrobiolohiia, hidrolohiia, upravlinnia). [Restorative hydroecology of disturbed river and lake systems (hydrochemistry, hydrobiology, hydrology, management)]*. Vol. I. Rivne: Volynski oberehy [in Ukrainian].
6. *Rukovodstvo po gidrobiologicheskomu monitoringu presnovodnykh ekosistem [Guide to hydrobiological monitoring of freshwater ecosystems]*. (1992). S-P-burg: Gidrometeoizdat [in Russian].
7. *Vodna Ramkova Dyrektyva YeS 2000/60/EC. Osnovni terminy ta vyznachennia. [EU Water Framework Directive 2000/60 / EC. Basic terms and definitions]* (2006). Kyiv: Tvii format, [in Ukrainian]
8. *Biotestuvannia u pryrodookhoronni praktytsi. / Tekhnichniy komitet z standartyzatsii TK 82 "Okhorona navkolyshnoho pryrodnogo seredovyscha ta ratsionalne vykorystannia resursiv Ukrainy". [Biotesting in environmental practice. / Technical Committee for Standardization TC 82 "Environmental Protection and Rational Use of Resources of Ukraine"]* (1997). Kyiv [in Ukrainian]