

УДК 556.551.34

**Войтенко Л.В.<sup>1</sup>***к.хім.н., доцент**кафедра аналітичної та біонеорганічної хімії і якості води  
агробіологічний факультет***E-mail:** *larisa.nubip@gmail.com***Строкаль В.П.<sup>1</sup>***к.пед.н., доцент**кафедра екології агросфери та екологічного контролю  
факультет захисту рослин, біотехнологій та екології***E-mail:** *vita.strokal@gmail.com***Слободян А.О.<sup>1</sup>***студент**факультет захисту рослин, біотехнологій та екології***E-mail:** *vita.strokal@gmail.com*<sup>1</sup> *Національний університет біоресурсів і природокористування України  
Київ, Україна*

## **ОЦІНЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД КОМУНАЛЬНИМИ СТІЧНИМИ ВОДАМИ НА ПРИКЛАДІ РІЧКИ ІКВА**

### **Анотація**

*Оцінювання екологічного ризику забруднення поверхневих вод стоками є проблемою загальносвітового значення, оскільки значного розмаху в Україні набули нелегальні скиди неочищених стоків у водні об'єкти.*

*Для кількісної оцінки екологічних ризиків використано 4 різні методики (ІЗВ, екологічний індекс ІЕ, WQI NSF, узагальнена функція бажаності Харрінгтона до поверхневих вод для риборозведення).*

*Екологічне оцінювання якості води річки Іква в районі, прилеглому до точки скиду стічних вод із очисних споруд смт Млинів Рівненської області ghjdjlbkjt vtjlj, показало надзвичайно високий рівень забруднення. Встановлено, що ще до надходження стоків річкова вода дуже брудна. Одержані результати демонструють децю неузгоджені тенденції, проте у цілому спостерігається парадоксальне явище: недостатньо очищені стоки чистіші за воду, куди їх скидають. Три з чотирьох методик навіть показали позитивний ефект розбавлення стоками річкової води. Іква непридатна для риборозведення, в цілому її екологічний стан описується як екологічна катастрофа.*

**Ключові слова:** *забруднення ; індекси якості води ; функція бажаності Харрінгтона ; ефект розбавлення стоками.*

**Вступ.** Основним джерелом забруднення поверхневих вод в Україні є скид каналізаційних стоків [1]. Очисні споруди експлуатуються протягом півстоліття і більше без реконструкції чи модернізації. Технології очищення практично не змінилися ще з 60-х років ХХ ст., хоча склад та об'єми скидів стали принципово іншими. Так, в розвинутих країнах до традиційної схеми очищення каналізаційних стоків, яка включає механічне осадження та біологічне очищення, включили третинну стадію видалення сполук фосфору та азоту, які є «спусковим гачком» процесів евтрофікації поверхневих водоем, куди надходять очищені води [2, 3].

В Україні в 2017 р. прийнято новий нормативний документ, який регламентує правила приймання стічних вод підприємств у комунальні та відомчі системи каналізації населених пунктів [4]. Проте на практиці виявляється, що мінімальні державні контролюючі функції в даній сфері втрачено. Значного розмаху в Україні набули нелегальні скиди неочищених стоків. Проте Державна екологічна інспекція не проводить їх моніторинг протягом останніх 4 років і навіть виключили цю задачу з свого регламенту. Тому екологічна оцінка впливу скидів очисних споруд на якість води поверхневих вод є актуальною задачею не тільки наукового, а й перш за все соціального характеру.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Оцінка ризиків забруднення поверхневих вод стоками є проблемою загальносвітового значення. Активні дослідження проводяться як в європейських країнах [5, 6], так в США [7], Канаді [8], Китаї [9]. Слід відмітити, що актуальністю набули проблеми моніторингу полютантів нового типу, про присутність яких у природних водах ще 5-10 років навіть не згадували – залишки ліків, гормональних препаратів, мікропластику. Така увага зумовлена тим фактом, що 60-70 % питного водопостачання у світі здійснюється із поверхневих джерел [10].

Значний внесок у розвиток теоретичних та прикладних аспектів гідрохімії поверхневих вод України, оцінки та прогнозування їхнього стану, вивчення мікроелементного складу, ГІС-технологій в гідрохімії зробили Б.Й. Набиванець, В.К. Хільчевський, С.І.Сніжко, В. І. Осадчий, Н.М. Осадча, Н.М. Мостова, О.О.Ухань.

**Актуальність дослідження.** Екологічний стан річки Іква у межах Рівненської області вкрай незадовільний. Місцева громада неодноразово зверталася до відповідальних посадовців Рівненської області, Верховної Ради України, Міністерства екології із закликом врятувати Ікву [11]. Негативні тенденції деградації вододжерела, стали проявлятися 10 років назад. Протягом останніх 3 років спостерігаються всі ознаки екологічної кризи водного об'єкту: критичний рівень забруднення, замор риби, стрімка евтрофікація, різке зниження швидкості течії на окремих ділянках, де водотік зарегульовано ставками та водоймами. До річки Іква в межах Рівненської та Тернопільської областей скидають стоки очисні споруди міст Дубно, Кременець, розташованих вище за течією відносно території проведення дослідження.

Очисні споруди смт Млинів потужністю 1000 м<sup>3</sup>/добу, розраховану на обслуговування 5000 абонентів, введено в експлуатацію в 1983 р. За даними Млинівських очисних споруд, наразі їх потужність значно знизилася, кількість користувачів складає біля 1500. Стоки об'єктів громадсько-побутового та комунального призначення, житлового фонду подаються на очисні споруди з існуючої головної каналізаційної насосної станції. Оскільки на території смт Млинів об'єкти промисловості відсутні, то й промислові стоки не змішують з комунальними. За 30 років функціонування очисних споруд смт Млинів не проводилось модернізації чи зміни технологічного регламенту. На сьогодні через фізичну зношеність обладнання та трубопроводів не функціонує система попередньої аерації при прийманні та усередненні стоків, що знижує ефективність роботи аеротенків. Отже, оцінювання ризиків забруднення води р. Іква стоками очисних споруд смт Млинів є актуальною науковою та прикладною проблемою.

**Мета** роботи полягає в тому, щоб за допомогою різних методологічних підходів (методів класифікації якості води, інтегральних індексів) оцінити екологічні ризики негативного впливу скидів очищених стоків смт Млинів на якість води річки Іква.

**Методологія дослідження.** Територія розташування об'єктів дослідження – річки Іква, очисних споруд смт Млинів комунального підприємства Млинівської селищної ради «Комбінат комунальних підприємств» та точки відбору проб показано на рис. 1. На

заході та півдні очисні споруди оточено сільськогосподарськими угіддями, на сході – перелоги, які тривалий час не засіваються. На південному сході до території станції прилягає Млинівське сміттєзвалище. У південному напрямку протікає річка Іква, відстань до якої складає біля 250 м від станції.



**Рис. 1. Географічне розташування території досліджень**

(1 – очисні споруди смт Млинів; 2 – Млинівське сміттєзвалище; 3 – сільськогосподарські угіддя;  
4 – перелоги та сіножаті; 5 – річка Іква; 6 – межа смт Млинів; 7 – село Муравиця)  
та місцезнаходження точок відбору проб (А – вище за течією річки Іква відносно точки скиду;  
В – точка випуску стоків у річку Іква; С – нижче за течією річки Іква відносно точки скиду)

Відбір проб здійснено шляхом ручного відбору контрольних разових змішаних проб 10.08.2017 р. відповідно до вимог ДСТУ ISO 5667-6 та ДСТУ ISO 5667-10. Температура повітря в момент відбору +30 °С, вологість повітря 46 %, атмосферний тиск 746 мм рт. ст. Аналіз зразків проведено в Млинівському міжрайонному відділі Державної установи «Рівненський обласний лабораторний центр МОЗ України» (свідоцтво про атестацію № 259/15 від 15.12.2015 р., чинне до 15.12.2020 р.).

Місця відбору проб (рис. 1): **А** – 0,5 км вище за течією відносно місця скиду стічних вод (50,513260; 25,570731); **В** – контрольний колодязь на каналізаційному випуску в р. Іква (50,514304; 25,567181); **С** – 0,5 км нижче за течією відносно місця скиду стічних вод (50,511321; 25,564723). Точки відбору проб обрано, виходячи із тих міркувань, що розбавлення являється основним фактором зміни концентрацій дифузних

забруднень. Для визначення коефіцієнту розбавлення (КР) об'єм всіх стічних вод ділять на меженний стік річки. Проте кількісно оцінити КР не вдалося, так як при відомому об'ємі стоків немає інформації про річковий стік.

Для комплексного оцінювання екологічного стану природних вод існує багато методичних підходів. В даній роботі використано такі методики:

- Індекс забруднення води (ІЗВ) [12].
- Екологічний індекс  $I_E$  за методикою [13].
- Індекс якості води (WQI) за методикою Національного санітарного фонду США (NSF USA) [14].
- Узагальнений індекс якості  $D_{об}$  з використанням функції бажаності Харрінгтона [15, 16].

**Результати.** Вихідні дані аналітичних досліджень складу проб наведено в табл. 1.

*Індекс забруднення води (ІЗВ).* Екологічні класи якості води визначають за гідрохімічними показниками, які об'єднують у вигляді інтегральної характеристики. Агрегація шести основних показників здійснюється у вигляді середнього арифметичного:

$$ІЗВ = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 \frac{C_i}{ГДК_i}, \quad (1)$$

де  $C_i$  – середнє значення показника за період спостережень;

ГДК<sub>i</sub> – граничнодопустима концентрація для вказаного показника.

**Таблиця 1. Результати аналізу води річки Іква та стічних вод**

№ з/п	Параметр, одиниці вимірювання	Точка відбору проби		
		А	В	С
1	БСК <sub>5</sub> , мг О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	300,0	16,0	51,2
2	Водневий показник (рН), одиниці рН	8,0	7,9	8,9
3	Завислі речовини, мг/дм <sup>3</sup>	410,0	6,8	240,0
4	Каламутність, NTU	285	35	115
5	Вміст розчиненого кисню, мг/дм <sup>3</sup>	12,11	7,36	6,23
6	Ступінь насиченості киснем, %	112	93	98
7	Температура, °С	24,9	24,0	24,2
8	Окиснюваність перманганатна, мг О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	320	302	312
9	Азот нітратний N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	12,2	8,2	10,2
10	Азот нітритний N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	1,3	0,6	0,8
11	Азот амонійний N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	32	12	16
12	Фосфати, P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	5,4	2,5	2,6
13	Сульфати, мг/дм <sup>3</sup>	83,0	71,0	80,2
14	Хлориди, мг/дм <sup>3</sup>	95,8	17,0	95,7
15	Сухий залишок, мг/дм <sup>3</sup>	305	683	512
16	Залізо загальне, мг/дм <sup>3</sup>	0,112	0,100	0,142
17	Марганець, мг/дм <sup>3</sup>	0,012	0,016	0,023
18	Мідь, мг/дм <sup>3</sup>	0,007	0,007	0,011
19	Цинк, мг/дм <sup>3</sup>	0,014	0,021	0,019

До переліку «лімітуючих» показників обов'язково включають концентрацію розчиненого кисню, БСК<sub>5</sub>. Решту четверо показників обирають за тією ознакою, які з досліджених параметрів якості є найбільш критичними для даного об'єкту, тобто які характеризуються найбільшим значенням відношення  $C_i/ГДК_i$ . Як правило, такими критичними показниками бувають форми азоту (особливо аміачна), фосфати, важкі метали тощо. Слід відмітити, що для розрахунку ІЗВ вибір параметрів не залежить від лімітуючого показника шкідливості, при однакових значеннях перевага віддається санітарно-токсикологічним показникам шкідливості. В табл. 2 наведено дані для розрахунку ІЗВ в точках відбору проб та розраховані значення індексу.

**Таблиця 2. Обґрунтування параметрів для розрахунку ІЗВ та його розрахована величина**

№ з/п	Параметр, одиниці вимірювання	ГДК <sup>1</sup>	Лімітуюча ознака шкідливості	Клас небезпеки	Відношення С/ГДК, в пробах		
					А	В	С
1	БСК <sub>5</sub> , мг О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	3,0	-	-	<b>100,0</b>	<b>5,3</b>	<b>17,1</b>
2	Водневий показник (рН), одиниці рН	6,5 – 9,0	-	-	0,96	1,00	1,10
3	Завислі речовини, мг/дм <sup>3</sup>	100	-	-	<b>4,10</b>	<b>0,07</b>	<b>2,40</b>
4	Вміст розчиненого кисню, мг/дм <sup>3</sup>	Не менше 4,0 <sup>2</sup>	-	-	<b>0,33</b>	<b>0,54</b>	<b>0,64</b>
5	Азот нітратний N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	10,2	токсикологічна	3	1,20	0,83	1,00
6	Азот нітритний N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	0,83	токсикологічна	3	1,57	0,72	0,96
7	Азот амонійний N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	0,5	токсикологічна	3	<b>64</b>	<b>24</b>	<b>32</b>
8	Фосфати, P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	3,5	загальносанітарна	4	<b>1,51</b>	<b>0,70</b>	<b>0,71</b>
9	Сульфати, мг/дм <sup>3</sup>	100	санітарно-токс.	4	0,83	0,71	0,80
10	Хлориди, мг/дм <sup>3</sup>	300	санітарно-токс.	4	0,32	0,06	0,32
11	Сухий залишок, мг/дм <sup>3</sup>	1000	-	-	0,305	0,683	0,512
12	Залізо загальне, мг/дм <sup>3</sup>	0,05 <sup>2</sup>	токсикологічна	3	<b>2,24</b>	<b>2,00</b>	<b>2,84</b>
13	Марганець, мг/дм <sup>3</sup>	0,01 <sup>2</sup>	токсикологічна	3	1,2	1,6	2,3
14	Мідь, мг/дм <sup>3</sup>	0,005 <sup>2</sup>	токсикологічна	3	1,4	1,4	2,2
15	Цинк, мг/дм <sup>3</sup>	0,01 <sup>2</sup>	токсикологічна	3	1,4	2,1	1,9
	<b>ІЗВ</b>				<b>28,7</b>	<b>5,4</b>	<b>9,3</b>
	<b>Клас якості</b>				VII Надзвичайно брудні	V Брудні	VI Дуже брудні

Примітки: <sup>1</sup> – нормативи для водойм побутово-господарчого використання;

<sup>2</sup> – нормативи для водойм рибогосподарчого призначення.

Композитний екологічний індекс  $I_E$  розраховується на основі 3 блокових індексів: забруднення сольовими компонентами  $I_1$ ; показників трофо-сапробіологічного (еколого-санітарного) стану  $I_2$  та специфічних показників токсичної та радіаційної дії  $I_3$  [13]. Визначення величин блокових індексів показано в табл. 3.

**Таблиця 3. Визначення блокових індексів**

Сольовий блок $I_1$ (для гіпо- та олігогаліних вод)						
Параметр, одиниця вимірювання	Виміряна величина в зразках			Клас якості вод (категорія якості вод)		
	А	В	С	А	В	С
Сухий залишок, мг/дм <sup>3</sup>	305	683	512	I (1)	II (2)	II (2)
Хлориди, мг/дм <sup>3</sup>	95,8	17,0	95,7	III (4)	I (1)	III (4)
Сульфати, мг/дм <sup>3</sup>	83,0	71,0	80,2	II (3)	II (2)	II (3)
Сума категорій $\Sigma$				8	5	9
Середнє значення категорій $\bar{X}$				2,67	1,67	3,00
Категорія якості $I_1$				2,7	1,7	3,0
Субкатегорія $I_1$				3 (2)	2 (1)	3
Трофо-сапробіологічні критерії $I_2$						
Гідрофізичні						
Завислі речовини, мг/дм <sup>3</sup>	410,0	6,8	240,0	V (7)	II (2)	V (7)
Гідрохімічні						
Водневий показник (рН), одиниці рН	8,0	7,9	8,9	II (3)	II (2)	V (7)

## Продовження табл. 3

Азот амонійний N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	32	12	16	V (7)	V (7)	V (7)
Азот нітратний N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	12,2	8,2	10,2	V (7)	V (7)	V (7)
Азот нітритний N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	1,3	0,6	0,8	V (7)	V (7)	V (7)
Фосфати, P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	5,4	2,5	2,6	V (7)	V (7)	V (7)
Вміст розчиненого кисню, мг/дм <sup>3</sup>	12,11	7,36	6,23	I (1)	I (1)	I (1)
Окиснюваність перманганатна, мг O <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	320	302	312	V (7)	V (7)	V (7)
БСК <sub>5</sub> , мг O <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	300,0	16,0	51,2	V (7)	V (7)	V (7)
Сума категорій Σ				46	40	50
Середнє значення категорій $\bar{x}$				5,11	4,44	5,56
Категорія якості I <sub>2</sub>				5,1	4,4	5,6
Субкатегорія I <sub>2</sub>				5	5(4)	6(5)
<b>Критерії вмісту токсичних речовин I<sub>3</sub></b>						
Залізо загальне, мг/дм <sup>3</sup>	0,112	0,100	0,142	III (4)	II (3)	III (4)
Марганець, мг/дм <sup>3</sup>	0,012	0,016	0,023	II (2)	II (2)	II (2)
Мідь, мг/дм <sup>3</sup>	0,007	0,007	0,011	I (1)	I (1)	III (4)
Цинк, мг/дм <sup>3</sup>	0,014	0,021	0,019	II (2)	III (4)	II (3)
Сума категорій Σ				9	10	13
Середнє значення категорій $\bar{x}$				2,25	2,50	3,25
Категорія якості I <sub>3</sub>				2,3	2,5	3,3
Субкатегорія I <sub>3</sub>				2 (3)	2-3	3-4

Сумарну екологічну оцінку розраховують у вигляді усередненого значення екологічного індексу I<sub>E</sub>:

$$I_E = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3}, \quad (2)$$

де I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>, I<sub>3</sub> – блокові індекси (сольового складу, трофо-сапробіологічних показників, токсичних речовин відповідно).

Для проб води екологічна оцінка у вигляді композитного екологічного індексу I<sub>E</sub> наступна: **A** – Клас III, категорія 4 – задовільні, помірно забруднені; **B** – Клас III, категорія 3 – задовільні, слабо забруднені; **C** – Клас IV, категорія 6 – брудні, погані.

Індекс якості води (WQI NSF), розрахований за допомогою он-лайн калькулятору [14], представлено в табл. 4.

Таблиця 4. Результати розрахунку WQI NSF

№ з/п	Параметр якості	Ваговий коефіцієнт параметру	Часткові значення індексу для проб води		
			<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
1	Розчинений кисень	0,17	95	97	99
2	Колі-індекс	0,16	17	32	20
3	pH	0,11	84	88	84
4	БСК <sub>5</sub>	0,11	5	5	5
5	Температура	0,10	17	17	17
6	Фосфор фосфатів	0,10	13	27	27
7	Нітратний азот	0,10	48	56	51
8	Каламутність	0,08	5	49	5
9	Сухий залишок	0,07	59	20	20
	WQI NSF, %		<b>41</b>	<b>47</b>	<b>41</b>
			Погана якість	Погана якість	Погана якість

Узагальнений індекс якості  $D_{об}$  з використанням функції бажаності Харрінгтона являється інтегральною оцінкою придатності води для конкретного виду водоспоживання, який розраховується у вигляді:

$$D_{об} = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n d_i}, \quad (3)$$

де  $d_i$  – величини часткових функцій бажаності для параметрів якості.

Величини  $d_i$  розробляються на базі нормативних документів, які визначають якість води для певної області водокористування. Виходячи з того, що питного водозбору з річки Іква не здійснюється, є сенс оцінити якість її води з точки зору риборозведення. Для розробки шкали часткових бажаностей для тих параметрів, які характеризують антропогенне забруднення поверхневих вод, використано нормативи України та ЄС [17-19] (табл. 5).

**Таблиця 5. Шкали діапазонів показників якості води для риборозведення**

Показники складу	Одиниці вимірювання	Значення функції d				
		1,00 – 0,80 – дуже добре	0,80 – 0,63 – добре	0,63 – 0,37 – задовільно	0,37 – 0,30 – погано	0,20 – 0,00 – дуже погано
Завислі речовини	мг/дм <sup>3</sup>	0-10	11-25	26-50	51-100	101-2000
Амонійний азот, N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	мг N/дм <sup>3</sup>	0-0,005	0,006-0,025	0,026-0,390	0,391-0,500	0,501-50,000
Нітритний азот, N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	мг N/дм <sup>3</sup>	0-0,003	0,004-0,009	0,010-0,100	0,101-0,500	0,501-5,000
Нітратний азот, N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	мг N/дм <sup>3</sup>	0-1,0	1,1-2,0	2,1-9,0	9,0-15,0	15,0-200,0
Фосфати, P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	мг P/дм <sup>3</sup>	0-0,2	0,2-0,5	0,6-1,5	1,6-4,0	4,0-15,0
Залізо загальне	мг/дм <sup>3</sup>	0-0,005	0,006-0,050	0,050-0,500	0,501-1,000	1,001-10,000
Окиснюваність перманганатна	мг O /дм <sup>3</sup>	0-5,0	5,1-10,0	10,0-15,0	15,0-50,0	50,0-1000,0
БСК <sub>5</sub>	мг O <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	0-2,0	2,0-3,0	3,1-6,0	6,1-10,0	10,1-500,0

Трансформацію фізичних величин параметрів якості, що описуються монотонно зростаючою функцією і мають так зване одностороннє обмеження (за принципом «чим менше – тим краще»), у безрозмірні величини часткових бажаностей  $d_i$  проводять таким чином:

$$d = \exp[-\exp(-y)], \quad (4)$$

де  $y$  – величина за шкалою так званих часткових показників [16].

Величини  $D_{об}$  оцінюються за наступною шкалою: 1,00–0,80 – дуже добре; 0,80–0,62 – добре; 0,63–0,37 – задовільно; 0,37–0,20 – погано; 0,20–0,00 – дуже погано.

Результати розрахунку часткових бажаностей за 8 параметрами якості, які є визначальними з точки зору якості води для риборозведення, представлено в табл. 6.

**Таблиця 6. Екологічна оцінка якості води з використанням функції бажаності Харрінгтона**

Показник якості води	Часткові бажаності $d_i$ для проб води		
	A	B	C
Завислі речовини	0,1015	0,9362	0,1385
Амонійний азот, N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,0065	0,0286	0,0120
Нітритний азот, N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,0983	0,1419	0,1275

## Продовження табл. 5

Нітратний азот, N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,2650	0,4116	0,3590
Фосфати, P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,1895	0,2753	0,2681
Залізо загальне	0,6188	0,6205	0,6074
Окиснюваність перманганатна	0,0862	0,0985	0,0902
БСК <sub>5</sub>	0,0043	0,1952	0,1870
D <sub>об.</sub>	0,07 (7 %)	0,22 (22 %)	0,15 (15 %)
	Дуже погано	Погано	Дуже погано

Екологічна оцінка води річки Іква в трьох точках, проведена з використанням чотирьох різних методик, свідчить про наступне. Характеристики оцінки мають попарно «перевернутий» характер залежно від концепції методології (рис. 2).

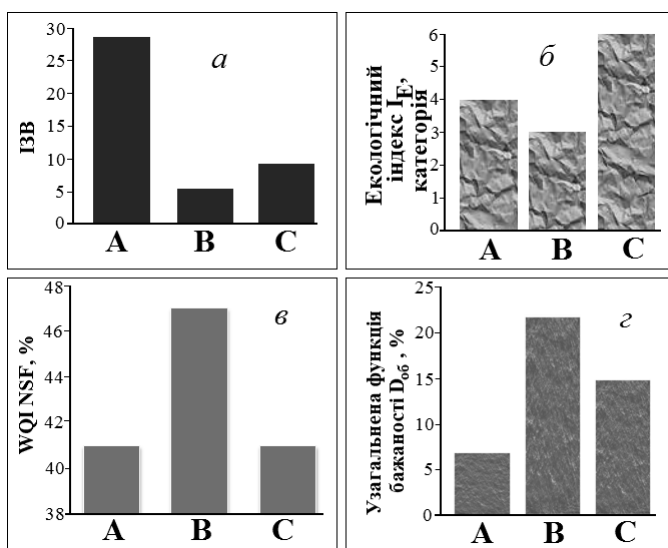


Рис. 2. Екологічна оцінка проб А, В, С за різними методиками:

- а) I3B; б) екологічний індекс I<sub>Е</sub>; в) індекс якості води WQI NSF;  
г) узагальненої функції бажаності Харрінгтона для риборозведення

I3B та I<sub>Е</sub> показують неузгоджені результати. Так, I3B дає найгіршу оцінку воді річки вище скиду стоків, тобто в точці А вода найбрудніша, стоки (В) – найчистіші. За показником I<sub>Е</sub>, найгірша якість – у пробі С, після скиду, хоча знову ж таки стоки – чистіші, ніж вода до і після їх скиду.

Оцінка за індексом якості води WQI NSF та узагальненої функції Харрінгтона описують аналогічну тенденцію – відносно найкращу якість мають стічні води. Однак за величиною WQI нижче точки викиду стоків вода стає такою ж брудною, як і вище за течією, тоді як, за даними D<sub>об.</sub>, після скиду якість води покращується.

**Висновки і перспективи.** Екологічне оцінювання якості води річки Іква, в яку надходять стоки очисних споруд смт Млинів Рівненської області, показало дуже високий рівень забруднення води. Використання чотирьох різних методик (I3B, екологічний індекс I<sub>Е</sub>, WQI NSF, узагальнена функція бажаності Харрінгтона) показало парадоксальне явище – незважаючи на недостатнє очищення, стоки більш чисті, ніж вода річки, куди їх скидають. Три з чотирьох методик встановили позитивний ефект розбавлення стоками річкової води. В цілому вода річки Іква дуже брудна, її екологічний стан можна



охарактеризувати як екологічну катастрофу.

#### Список використаних джерел

1. Моїсеєва О.Ю. Аналіз водовідведення у поверхневі водні об'єкти підприємств-забруднювачів та їхніх абонентів. *Меліорація і водне господарство*. 2011. Вип. 11. С. 239-249.
2. Kim M., Han D.W., Kim D.J. Selective release of phosphorus and nitrogen from waste activated sludge with combined thermal and alkali treatment. *Bioresour Technol.* 2015. Vol. 190. P. 522-528.
3. Siegrist R.L. *Decentralized Water Reclamation Engineering. A Curriculum Workbook*. Charm: Springer International Publishing AG. 2017. 623 p.
4. Правила приймання стічних вод до систем централізованого водовідведення. – Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 01.12.2017, № 316. URL : <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0056-18/page>. (дата звернення : 16.01.2018)
5. European Environment Agency Report No 8/2011. Hazardous substances in Europe's fresh and marine waters: An overview. URL: <https://www.eea.europa.eu/publications/hazardous-substances-in-europes-fresh/file>. (дата звернення : 16.01.2018)
6. Casadio A., Maglionico M., Bolognesi A. [et al]. Toxicity and pollutant impact analysis in ab urban river due to combined sewer overflows loads. *Water Science & Technology*. 2010. Vol. 61, Issue 1. P. 207-215.
7. Gooré Bi E., Monette F., Gasperi J. et al. Assessment of the exopoxicological risk of combined sewer overflows for an aquatic system using a coupled “substance and bioassay” approach *Environmental Science and Pollution Research*. 2015. Vol. 22, Issue 6. P. 4460-4474.
8. Mason A., Garneau D., Sutton R. [et al] Microplastic pollution is widely detected in US municipal wastewater treatment plant effluent. *Environmental Pollution*. 2016. Vol. 218. P. 1045-1054.
9. Yan C.-A., Zhang W., Zhang Z. et al. Assessment of water quality and identification of polluted risky regions based on field observations & GIS in the honghe river watershed, China. *LoS ONE*. 2015. Vol. 10, Issue 3: e0119130.
10. UNISEF and WHO Report. Progress on Sanitation and Drinking Water: 2015 Update and MDG (Millenium Development Goals) Assessment. Geneva: UNISEF and WHO Press. 2015. 90 p. URL: [https://data.unicef.org/wp-content/uploads/2015/12/Progress-on-Sanitation-and-Drinking-Water\\_234.pdf](https://data.unicef.org/wp-content/uploads/2015/12/Progress-on-Sanitation-and-Drinking-Water_234.pdf). (дата звернення : 18.01.2018)
11. Інформаційний портал м. Дубно 03656.com.ua. У Млинові – масовий мор риби та трагедія ріки Іква (11.07.2017) URL: <http://03656.com.ua/u/mlinovi-masoviy-mor-ribi-ta-tragediya-riki-ikva/>. (дата звернення : 22.01.2018)
12. Екологічна оцінка якості поверхневих вод суші та естуаріїв України: Методика. КНД 211.1.4.010-94. Київ : 1994. 37 с.
13. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями (проект) / А.В. Гриценко, О.Г. Васенко, Г.А. Верніченко та ін. Харків : УкрНДІЕП. 2012. 37 с. URL: [http://www.niiep.kharkov.ua/sites/default/files/metodika\\_2012\\_14.doc](http://www.niiep.kharkov.ua/sites/default/files/metodika_2012_14.doc). (дата звернення : 21.01.2018)
14. Water Research Center. Calculating NSF Water Quality Index (WQI) (on-line calculator) URL: <https://www.water-research.net/index.php/water-treatment/water-monitoring/monitoring-the-quality-of-surfacewaters>.
15. Гелашвили Д.Б., Лисовенко А.В., Безруков М.Е. Применение интегральных показателей на основе функции желательности для комплексной оценки качества сточных вод. *Поволжский экологический журнал*. 2010. № 4. С. 343-350.
16. Войтенко Л.В., Копілевич В.А., Строкаль М.П. Концепція інтегральної оцінки якості води для різних видів водоспоживання з використанням функції бажаності Харрінгтона. *Біоресурси і природокористування*. 2015. Т. 7, № 1-2. С. 25-36.
17. Вода рибогосподарських підприємств. Загальні вимоги та норми. СОУ-05.01.-37-385:2006. Стандарт Мінагрополітики України. Київ : Міністерство аграрної політики України, 2006. 7 с.
18. Directive 2006/44/EC of The European Parliament and of the Council of 6 September 2006 on the quality of fresh waters needing protection or improvement in order to support fish life (codified version) (Text with EEA relevance) URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:264:0020:0031:EN:PDF>. (дата звернення :

22.01.2018)

19. Council Directive 76/464/EEC of 4 May 1976 on pollution caused by certain dangerous substances discharged into the aquatic environment of the Community URL: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A31976L0464>. (дата звернення : 23.01.2018)

20. Бикбулатов Э.С., Степанова И.Э. Функции желательности Харрингтона для оценки качества природных вод. *Экологическая химия*. 2011. Т. 20, № 2.С. 94-104.

Дата надходження статті до редакції : 11.01.2018  
Рецензування 10.02.2018 Прийняття в друк: 15.05.2018

**Voitenko L.V.**<sup>1</sup>

*PhD (Chemistry science), Associate Professor*  
*Department of analytical, bioinorganic chemistry and quality*  
**E-mail:** [larisa.nubip@gmail.com](mailto:larisa.nubip@gmail.com)

**Strokal V.P.**<sup>1</sup>

*PhD (Pedagogical science), Associate Professor*  
*Department of ecology of agrosphere and environmental control*  
**E-mail:** [vita.strokal@gmail.com](mailto:vita.strokal@gmail.com)

**Slobodian A.O.**<sup>1</sup>

*Student*  
*Department of Plant Protection, Biotechnology and Ecology*  
**E-mail:** [vita.strokal@gmail.com](mailto:vita.strokal@gmail.com)

<sup>1</sup> *National University of life and Environmental Science of Ukraine*  
*Kyiv, Ukraine*

## **RISK ASSESSMENT OF SURFACE WATER POLLUTION BY MUNICIPAL WASTEWATER EFFLUENT (THE CASE OF IKVA RIVER)**

### **Abstract**

*The ecological assessment of Ikva River in the context of municipal wastewater effluent was done. The research area is surrounded by wastewater from sewage treatment plant in Mlyniv, Rivne oblast. BOD<sub>5</sub>, pH, turbidity, DO, temperature, COD, nitrates, nitrites, ammonia nitrogen, phosphates, sulphates, chlorides, TDS, total iron, manganese, copper, and zinc were measured in research. The water samples were collected from 3 points along Ikva River: (A) 0,5 km upstream and (C) 0,5 km downstream of the effluent discharge point, and (B) – effluent discharge point. Even at the point of sewage discharge, river water is strongly polluted. Four different assessment methods were used: (i) Water pollution index of Ukraine, (II) composite ecological index I<sub>E</sub> of Ukraine, (iii) WQI NSF USA, and (iv) author's methodology based on the Harrington's desirability function applied for the fish farming.*

*The results of the study showed several uncoordinated trends. However, on the whole, a paradoxical phenomenon: insufficiently purified sewage, according to all series of assessment was cleaner than river water. In WQI terms, upstream (A) was evaluated in 41 % (badly), waste effluent (B) – 47 % (badly), and downstream 41 % (badly); in terms of Harrington's desirability function – 7 % (very badly), 22 % (badly), and 15 % (very badly) correspondently. Three of the four applied methods showed this positive dilution effect of wastewater effluent. In general, Ikva River is unfit for fish farming; its ecological state is described as an ecological disaster.*

**Keywords :** *contamination, water quality indices, Harrington's desirability function, drainage effect.*

### **References**

1. Moiseieva, O.Iu. (2011). Analiz vodovidvedennia u poverkhnevi vodni objekty pidpriemstv-zabrudniuvachiv ta yikhnikh abonentiv [Analysis of drainage in surface water objects of enterprises polluting and their subscribers]. *Melioratsiia i vodne hospodarstvo* [Melioration and water management],

11, 239-249. [in Ukr.]

2. Kim, M., Han, D.W., & Kim, D.J. (2015). Selective release of phosphorus and nitrogen from waste activated sludge with combined thermal and alkali treatment. *Bioresour Technol.*, 190, 522-528.

3. Siegrist, R.L. (2017). *Decentralized Water Reclamation Engineering. A Curriculum Workbook*. Charm : Springer International Publishing AG.

4. Pravyla pryimannia stichnykh vod do system tsentralizovanoho vodovidvedennia. – Ministerstvo rehionalnoho rozvytku, budivnytstva ta zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Ukrainy, 01.12.2017, № 316 [Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Services of Ukraine Act. Rules for sewage acceptance to centralized drainage systems, № 316] (01.12.2017). Retrieved from <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0056-18/page>. [in Ukr.]

5. European Environment Agency Report No 8/2011. Hazardous substances in Europe's fresh and marine waters: An overview. Retrieved from <https://www.eea.europa.eu/publications/hazardous-substances-in-europes-fresh/file>.

6. Casadio, A., Maglionico, M., ...Bolognesi, A. (2010). Toxicity and pollutant impact analysis in an urban river due to combined sewer overflows loads. *Water Science & Technology*, 61, Issue 1, 207-215.

7. Gooré, Bi E., Monette, F., ... Gasperi, J. (2015). Assessment of the ecotoxicological risk of combined sewer overflows for an aquatic system using a coupled “substance and bioassay” approach. *Environmental Science and Pollution Research*, Vol. 22, Issue 6, 4460-4474.

8. Mason, A., Garneau, D., ...Sutton, R. (2016). Microplastic pollution is widely detected in US municipal wastewater treatment plant effluent. *Environmental Pollution*, 218, 1045-1054.

9. Yan, C.-A., Zhang, W., ... Zhang, Z. (2015). Assessment of water quality and identification of polluted risky regions based on field observations & GIS in the honghe river watershed, China. *LoS ONE*, Vol. 10, Issue 3: e0119130.

10. UNISEF and WHO Report (2015). Progress on Sanitation and Drinking Water: 2015 Update and MDG (Millennium Development Goals) Assessment. Geneva: UNISEF and WHO Press. – 90 p. Retrieved from [https://data.unicef.org/wp-content/uploads/2015/12/Progress-on-Sanitation-and-Drinking-Water\\_234.pdf](https://data.unicef.org/wp-content/uploads/2015/12/Progress-on-Sanitation-and-Drinking-Water_234.pdf).

11. *U Mlynovi – masovyi mor ryby ta trahediia riky Ikva* [In Mlynov there is a massive fish and the tragedy of the river Ikva] (11.07.2017). Retrieved from <http://03656.com.ua/u-mlynovi-masoviy-mor-rybi-ta-tragediya-ryki-ikva/>. [in Ukr.]

12. Ekologichna otsinka yakosti poverkhnevnykh vod sushi ta estuariiv Ukrainy: Metodyka [Environmental assessment of surface water quality and estuaries in Ukraine: Methodology] (1994). CED 211.1.4.010-94, Kyiv. [in Ukr.]

13. Gritsenko, A.V., Vasenko, O.G., Vernichenko, G.A. (2012). Methodology of ecological assessment of surface water quality according to the relevant categories (project) [Electronic resource]. Kharkiv : UkrNIEP. Retrieved from [http://www.nieep.kharkov.ua/sites/default/files/metodika\\_2012\\_14.doc](http://www.nieep.kharkov.ua/sites/default/files/metodika_2012_14.doc). [in Ukr.]

14. Water Research Center. Calculating NSF Water Quality Index (WQI) (on-line calculator) URL: <https://www.water-research.net/index.php/water-treatment/water-monitoring/monitoring-the-quality-of-surfacewaters>.

15. Gelashvili, D.B., Lisovenko, A.V., & Bezrukov, M.E. (2010). Application of integral indicators on the basis of the desirability function for the integrated assessment of wastewater quality [Application of integrated indicators on the basis of the desirability function for the integrated assessment of wastewater quality]. *Povolzhsky ecological journal*, 4, 343-350. [in Russ.]

16. Voitenko L.V., Kopilevych, V.A., & Strokal, M.P. (2015). Kontseptsiiia intehralnoi otsinky yakosti vody dlia riznykh vydiv vodospozhyvannia z vykorystanniam funktsii bazhanosti Kharringtona [The concept of integrated water quality assessment for different types of water consumption using Harrington's desirable function]. *Biodiversity and nature management*, V. 1-2, is. 7, 25-36. [in Ukr.]

17. Voda rybohospodarskykh pidpriemstv. Zahalni vymohy ta normy. SOU-05.01.-37-385:2006. Standart Minahropolityky Ukrainy [Ministry of Agrarian Policy of Ukraine Standard. Water of Fisheries Enterprises. General requirements and norms. SOU-05.01.-37-385: 2006]. (2006). [in Ukr.]

18. Directive 2006/44/EC of The European Parliament and of the Council of 6 September 2006 on the quality of fresh waters needing protection or improvement in order to support fish life (codified version) (Text with EEA relevance). URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:264:0020:0031:EN:PDF>.

19. Council Directive 76/464/EEC of 4 May 1976 on pollution caused by certain dangerous substances discharged into the aquatic environment of the Community URL: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A31976L0464>.

20. Bikbulatov, Je.S., & Stepanova, I.Je. (2011). Funkcii zhelatel'nosti Harringtona dlja ocenki kachestva prirodnyh vod [Harrington desirability functions for assessing the quality of natural waters]. *Ecological Chemistry*, 2011, 2, T. 20, 94-104.

*Received: January 11, 2018*

*Revision: February 10, 2018 Accepted: May 15, 2018*