

## ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ м. ХЕРСОНА МЕТОДОМ БІОТЕСТУВАННЯ

С.В. Скок

*Херсонський державний аграрний університет*

*Розглянуто проблему якості питної води в урбанізованому середовищі. Для проведення об'єктивного оцінювання за санітарно-токсикологічними показниками запропоновано метод комплексного біотестування з використанням двох тест-об'єктів – дафнії (*Daphnia magna straus*) та цибулі звичайної (*Allium cepa L.*). Встановлено неоднозначність реакцій тест-об'єктів, що залежно від рівня організації по-різному реагують на вміст забруднювальних речовин у питній воді. Зважаючи на специфічність біореакцій щодо наявності у зразках питної води токсичних речовин, розраховано інтегральний індекс токсичності для кожного району дослідження, згідно з яким здійснено територіальне зонування м. Херсона.*

**Ключові слова:** *тест-полігон, якість питної води, біотестування, дафнія, цибуля, індекс токсичності, зонування.*

Природна нерівномірність розподілу водних ресурсів на фоні зростаючого антропогенного навантаження зумовлює незадовільний екологічний стан джерел водопостачання. Внаслідок цього забезпечення населення якісною питною водою є найважливішою проблемою сучасності.

Особливо гостро постала проблема якісного водозабезпечення для міських систем, оскільки на їх територіях зосереджується найбільша кількість підприємств, які спричиняють зростання водоспоживання та збільшення обсягів стічних вод. З огляду на це, контроль за якістю питної води в умовах посиленої урбанізації повинен здійснюватися на основі екологічного моніторингу за її хімічним складом, впровадження систем раціонального використання, залучення ефективних фінансових та технічних заходів у водогосподарську сферу [1–2].

Оцінювання якості питної води ґрунтується на порівнянні у пункті контролю середніх концентрацій показників з гранично допустимими значеннями для кожного хімічного елемента. До того ж доволі обмежено досі використовуються методи визначення якості питної води за допомогою біотестування, незважаючи на те, що ці методи є найдієвішими та найшвидшими

способами визначення сукупної дії токсичних речовин, що містяться у воді.

Проблема якісного водозабезпечення є доволі актуальною й для м. Херсона, що зумовило доцільність проведення оцінювання питної води за санітарно-токсикологічними показниками у межах цієї урбоєкосистеми.

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження стану токсичності питної води у м. Херсоні проводили методом біотестування з використанням тест-об'єктів: дафнії (*Daphnia magna straus*) [3–4] та цибулі звичайної (*Allium cepa L.*) [5]. Зразки питної води відбирали згідно із ГОСТ Р 51592-2000 [6] у межах визначених тест-полігонів, які повністю охоплюють досліджувану урбоєкосистему:

- I тест-полігон – селітебна зона багатопверхової забудови;
- II тест-полігон – промислова зона;
- III тест-полігон – селітебна зона змішаної забудови;
- IV тест-полігон – зона транспортного навантаження;
- V тест-полігон – зона історичного центру;
- VI тест-полігон – селітебна зона багатопверхової забудови з локальною системою водопостачання;
- VII тест-полігон – селітебна зона одноосібної забудови.

Оцінювання питної води за санітарно-токсикологічними показниками здійснювали у триразовій повторності. У кожену ємність з водою поміщали 10 дафній з подальшою фіксацією кількості живих особин через 24, 36, 48, 72 та 96 год. Критерієм токсичності питної води була кількість живих особин дафній порівняно з контролем [3], за який було взято мінеральну воду «Моршинська».

Визначення рівня токсичності питної води у визначених тест-полігонах з використанням цибулі звичайної проводили через 96 год. шляхом вимірювання середньої довжини та кількості корінчиків у пучках цибулі для кожного варіанта досліду. Критерієм рівня токсичності питної води був рівень пригнічення росту корінців цибулі порівняно з контролем.

Для кожного місця відбору проб питної води, тобто досліджуваного полігона, за наведеною формулою розраховували індекс токсичності:

$$I_m = 100 (I_0 - I) / I_0,$$

де:  $I_m$  – індекс токсичності;  $I_0$  – кількість живих дафній на контролі (середня довжина корінців цибулі на контролі);  $I$  – кількість живих дафній у досліді (середня довжина корінців цибулі у досліді).

До уваги брали такі рівні токсичності питної води [7]:

- $I_m < 20$  – допустимий рівень токсичності;
- $I_m = 21-50$  – токсична;
- $I_m > 51$  – сильно токсична.

Комплексну санітарно-токсикологічну оцінку питної води розраховували як середнє арифметичне індексу токсичності, визначеного за обома тест-об'єктами. Під час проведення дослідів щодо визначення токсичності відібраних зразків питної води всі чинники можливого впливу були незмінними.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Результати оцінювання токсичності питної води м. Херсона у визначених полігонах з використанням дафнії як тест-об'єкта наведено у таблиці 1.

Проведені дослідження засвідчили, що найбільш токсичною є питна вода у зоні історичного центру (V тест-полігон), де величина виживання дафній на початок (1 год.) експерименту становила 80%, на 36-ту год. – менше 50, на 96-ту – лише 10%. Мертві дафнії нагромаджувалися переважно на дні ємності з водою, мали блідуватий відтінок, що є ознакою кисневого голодування та вмісту органічних речовин у питній воді. Такі зразки води були оцінені як сильно токсичні.

Надмірну смертність дафній зафіксовано у зразках питної води, відібраних на

Таблиця 1

### Результати біотестування питної води м. Херсона (за тест-об'єктом *Daphnia magna straus*)

№ тест-полігона	Середні арифметичні показники виживання дафній, шт.							$I_m$	Рівень токсичності води
	Через встановлений час фіксації, год.								
	1	6	24	36	48	72	96		
I	10	10	10	10	9	9	9	10	Допустимий
II	9	9	6	5	4	4	3	70	Сильно токсична
III	10	9	9	9	8	8	7	30	Токсична
IV	10	10	10	9	9	7	6	40	Токсична
V	9	8	8	3	3	3	1	90	Сильно токсична
VI	10	10	9	9	9	9	9	10	Допустимий
VII	10	10	9	8	8	8	8	20	Допустимий
Контрольний зразок	10	10	10	10	10	10	10	0	Нетоксична

II тест-полігоні, тобто у промисловій зоні. Вживаність дафній через добу становила 60%, а наприкінці досліду – 30% порівняно з контрольним зразком. Смертність дафній зумовлено кисневим голодуванням та можливою комбінованою дією забруднювальних речовин. Питна вода за таких умов визначається як сильно токсична.

Незначну токсичність продемонстрували зразки води, відібрані у зоні транспортного навантаження (IV тест-полігон), де вживаність дафній наприкінці досліду становила 60%. Мертві дафнії зосереджувалися у товщі питної води, мали рожевуватий відтінок.

Оптимальні якісні показники за біотестуванням мала питна вода, яку споживають мешканці селітебних зон багатоповерхової (I та VI тест-полігони) та односібної забудов (VII тест-полігон). Поведінкові реакції дафній у пробах води, взятої у цих районах, майже не відрізнялися від контрольного зразка. Активність дафній спостерігалась впродовж всього терміну тестування, помітних морфологічних змін у тестових зразках не проявлялося. Слід відзначити особливу реакцію тест-об'єкта дафній у зразках питної води, відібраних у селітебній зоні змішаної забудови (III тест-полігон), де їх вживаність наприкінці досліду становила 70%, а на момент завершення, тобто після 96 год. експерименту, спостерігалась поява нових особин дафній. Така реакція свідчить про потенційно можливу плідність самок у цьому середовищі, не-

зважаючи на те, що питна вода за відповідним індексом була оцінена як токсична.

Отже, згідно з проведеними дослідженнями та розрахунками індексу токсичності встановлено, що найбільш токсичною є питна вода зони історичного центру (V тест-полігон), задовільною якістю характеризується питна вода у промисловій зоні (II тест-полігон) та зоні транспортного навантаження (IV тест-полігон), нетоксичні властивості має вода у селітебних зонах міста.

З метою додаткового оцінювання стану питної води у м. Херсоні було проведено біотестування з використанням цибулі звичайної (*Allium cepa* L.). Результати біотестування наведено у таблиці 2.

Найвищий індекс токсичності питної води – 85,6 спостерігався у пробах, відібраних у селітебній зоні багатоповерхової забудови (I тест-полігон), де проростання корінців цибулі у всіх тестових зразках упродовж всього експерименту відбувалося доволі мляво.

Довжина корінців цибулі звичайної у питній воді зони історичного центру (V тест-полігон) була незначною порівняно з контрольним зразком. Лише в одному із п'яти зразків проростання корінців було задовільним. Питну воду оцінено як сильно токсичну.

Пригнічення росту корінців тест-об'єкта спостерігалось у пробах, відібраних у зоні транспортного навантаження (IV тест-полігон), де лише один зразок із п'яти продемонстрував ріст зелених пагонів. У цьому

Таблиця 2

### Результати біотестування питної води м. Херсона (за тест-об'єктом *Allium cepa* L.)

№ тест-полігона	Загальна кількість корінців, шт.	Середня довжина корінців, см (M)	Відношення до контролю, %	$I_m$
I	40	0,36	14	85,6
II	57	1,70	68	32,0
III	77	2,20	88	12,0
IV	38	1,20	48	52,0
V	78	2,00	8	20,0
VI	41	0,66	26	73,6
VII	124	2,40	96	4,0
VII	92	1,90	76	24,0
Контрольний зразок	72	2,50	–	0

районі розташовані залізничний вузол і автотранспортні розв'язки, тому індекс токсичності питної води ( $I_m$ ) варіював у межах 20–50, що відповідає рівням токсичності води – від помірної до сильно токсичної.

Воду на III тест-полігоні, тобто у зоні змішаної житлової забудови, за результатами біотестування оцінено як нетоксичну ( $I_m = 12,0$ ). У трьох протестованих зразках питної води не було чіткого та однорідного проростання корінців цибулі, проте у чотирьох зразках спостерігалось рівномірне проростання зелених пагонів.

За індексом токсичності питну воду у промисловій зоні (II тест-полігон) оцінено як токсичну ( $I_m = 32,0$ ). У пробах питної води спостерігалось сповільнене та неоднорідне проростання корінців цибулі, а в одному із зразків проростання зелених пагонів було млявим.

У зоні багатоповерхової житлової забудови (VI тест-полігон), що має локальну систему водопостачання, питну воду оцінено як нетоксичну ( $I_m = 4,0$ ). Чотири зразки цибулі мали чітке проростання корінців, спостерігалась поява виражених зелених пагонів довжиною від 6 до 9 см. Довжина корінців цибулі майже в усіх тест-зразках була наближеною до цього показника у контрольних пробах питної води.

Незважаючи на чисельність корінців цибулі у зразках, які були відібрані у зоні одноосібної житлової забудови (VII тест-полігон), питну воду оцінено як токсичну ( $I_m = 24,0$ ), про що свідчить млявий ріст кореневих утворень.

У контрольному варіанті (мінеральна вода «Моршинська») відзначено однорідне та чітке проростання корінців. У чотирьох зразках спостерігався інтенсивний ріст зелених пагонів, які досягали довжини 7 см.

Отримані дані свідчать про неоднозначність отриманих результатів за різними тест-об'єктами щодо рівня токсичності питної води. Це означає, що живі організми залежно від рівня їх організації по-різному реагують на вміст у питній воді забруднювальних речовин. З огляду на це, під час проведення інтегрального екологічного оцінювання питної води вбачається за доцільне враховувати комплексну реакцію різних тест-об'єктів. Для цього на основі результатів обох експериментів біотестування було розраховано загальний індекс токсичності питної води для районів м. Херсона (табл. 3).

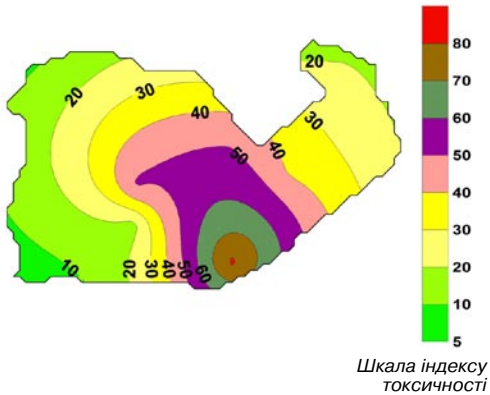
Згідно із проведеними розрахунками з'ясовано, що питну воду низької якості зафіксовано у зоні історичного центру м. Херсона (V тест-полігон), промисловій зоні (II тест-полігон); певні токсичні властивості має питна вода у зоні транспортного навантаження (IV тест-полігон) та у селітебних зонах багатоповерхової та одноосібної забудов (I та VII тест-полігони). Найвищою якістю характеризується питна вода у селітебних зонах змішаної та багатоповерхової забудов (III та VI тест-полігони), особливо у районі з локальною системою водопостачання.

На підставі отриманих результатів було здійснено спробу зонування досліджуваної

Таблиця 3

Комплексна санітарно-токсикологічна оцінка питної води м. Херсона

№ тест-полігона	$I_m$ (за <i>Daphnia magna</i> <i>straus</i> )	$I_m$ (за <i>Allium cepa</i> L.)	$I_m$ (загальний)	Санітарно- токсикологічна оцінка питної води
I	10	85	48	Токсична
II	70	32	51	Сильно токсична
III	30	4	17	Нетоксична
IV	60	20	40	Токсична
V	90	73	80	Сильно токсична
VI	10	4	7	Нетоксична
VII	20	24	22	Токсична
Контрольний зразок	0	0	0	Нетоксична



Зовнішньо-територіальне зонування м. Херсона за індексом токсичності питної води

урбоєкосистеми за рівнем токсичності питної води (рисунок).

## ВИСНОВКИ

Метод біотестування є ефективним та швидким способом проведення комплексного санітарно-токсикологічного оцінювання питної води. Отримані результати якості питної води на основі врахування комплексної реакції тест-об'єктів дають змогу здійснити об'єктивніше оцінювання результатів хімічних аналізів порівняно з тими, що надає акредитована лабораторія Херсонського міського водоканалу.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Сніжко С.І. Оцінка та прогнозування якості природних вод / С.І. Сніжко. – К.: Ніка-Центр, 2001. – 264 с.
2. Яцик А.В. Водні ресурси: використання, охорона, відтворення, управління / А.В. Яцик, Ю.М. Грищенко, Л.А. Волкова. – К.: Генеза, 2007. – 360 с.
3. Клименко О.М. Біоіндикаційна оцінка токсичності водного середовища на основі моделювання гранично-допустимих концентрацій іонів сульфату міді [Електронний ресурс] / О.М. Клименко, А.М. Петрук // Збірник наукових статей Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю. – Вінниця, 2011. – Т. 1. – С. 196–198. – Режим доступу: <http://eco.com.ua>
4. Крайнюков О.М. Дослідження залежності між загальним показником рівня забрудненості води та її токсичними властивостями / О.М. Крайнюков // III-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю «Екологія/Ecology-2011» (Вінниця, 21–24 вересня 2011); Збірник наукових статей. – Вінниця: ВНТУ, 2011. – Т. 1. – С. 207–209.
5. Fiskesjo G. Allium screening test / G.Fiskesjo // The Allium test as a standard in environmental monitoring, Hereditas. – 1985. – Vol. 102. – P. 99–112.
6. Вода. Общие требования к отбору проб: ГОСТ Р 51592-2000. – [Чинний від 2000-04-21].
7. Руководство по определению методом биотестирования токсичности вод, донных отложений, загрязняющих веществ и буровых растворов. – М.: РЭФИА, НИИ-Природа, 2002. – 118 с.

## REFERENCES

1. Snizhko S.I. (2001). Otsinka ta prohnzuvannia yakosti pryrodnykh vod [Evaluation and forecasting of natural water quality]. Kyiv: Nika-Tsentr, 264 p. (in Ukrainian).
2. Yatsyk A.V., Hryshchenko Yu.M., Volkova L.A. (2007). Vodni resursy: vykorystannia, okhorona, vidtvorennia, upravlinnia [Water resources: usage, protection, reproduction, management]. Kyiv: Geneza, 360 p. (in Ukrainian).
3. Klymenko O.M., Petruk A.M. (2011). Bioindykatsiina otsiniuvannia toksychnosti vodnoho seredovyschcha na osnovi modeliuvannia hranychno-dopustymykh kontsentratsii ioniv ulfate midi [Bioindication evaluation of water environment toxicity based on simulations maximum permissible concentrations of copper sulfate ions]. Zbirnyk naukovykh statei Vseukrainskoho zizdu ekolohiv z mizhnarodnoiu uchastiu [Journal of scientific articles of Ukrainian ecologists congress with international participation], Vinnytsia, vol. 1, pp. 196–198. Available at: <http://eco.com.ua> (in Ukrainian).
4. Krainiukov O.M. (2011). Doslidzhennia zalezhnosti mizh uzahalnenym pokaznykom rivnia zabrudnenosti vody ta yii toksychnymy vlastyvostiamy [Researches concerning the relationship between generalized indicator of water pollution and its toxic properties]. Proceedings of the Ekolohiia/Ecology-2011: III Vseukrainskyi zizd ekolohiv z mizhnarodnoiu uchastiu (21.09.2011), Zbirnyk naukovykh statei. Vinnytsia: VNTU, vol. 1, pp. 207–209 (in Ukrainian).
5. Fiskesjö G. (1985). Allium screening test. The Allium test as a standard in environmental monitoring, Hereditas, vol. 102, pp. 99–112 (In English).
6. GOST R 51592-2000. Voda. Obschchie trebovaniia k otboru prob [State Standard R 51592-2000. Water. General requirements for sampling]. Vveden 21 aprilia 2000 g. № 117-st. Moscow, Standartinform Publ., 2000. 27 p. (in Russian).
7. Rukovodstvo po opredeleniyu metodom biotestirovaniya toksichnosti vod, donnykh otlozheniy, zagryaznyayushchikh veshchestv i burovyykh rastvorov [Guidelines for determination by the method of biotesting the toxicity of waters, bottom sediments, pollutants and drilling fluids]. Moscow: REFIA, NIA, Priroda, 2002), 118 p. (in Russian).