

ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ ОКРЕМИХ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ МОГИЛІВ- ПОДІЛЬСЬКОГО РАЙОНУ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

О. О. КРАВЧЕНКО, кандидат біологічних наук, старший викладач кафедри аналітичної і біонеорганічної хімії та якості води Національного університету біоресурсів і природокористування України
E-mail: olha_kravchenko@nubip.edu.ua, Orcid ID 0000-0002-2836-8646

В. М. ГАЛІМОВА, кандидат хімічних наук, доцент кафедри аналітичної і біонеорганічної хімії та якості води Національного університету біоресурсів і природокористування України
E-mail: galimova2201@gmail.com, Orcid ID 0000-0001-9602-1006

В. А. КОПІЛЕВИЧ, доктор хімічних наук, професор, завідувач кафедри аналітичної і біонеорганічної хімії та якості води Національного університету біоресурсів і природокористування України
Orcid ID 0000-0001-7987-1084

А. М. ЧУРИЛОВ, кандидат біологічних наук, доцент кафедри ботаніки, дендрології та лісової селекції Національного університету біоресурсів і природокористування України
E-mail: churilovat@nubip.edu.ua, Orcid ID 0000-0003-4153-9136

В. В. ЧОБОТАР, студент магістратури Національного університету біоресурсів і природокористування України

Анотація. Робота присвячена актуальній проблемі екологічної безпеки та оцінки якості різних джерел питного водопостачання Могилів-Подільського району Вінницької області. Для досягнення поставленої мети проведений гідрохімічний аналіз та розрахований індекс забруднення природних вод, виконано біологічне тестування з використанням батареї тест-організмів, запропоновано заходи щодо покращення якості води на дослідженій території. Установлено, що найіндикативнішими параметрами забруднення джерел водопостачання є показники твердості, вмісту кадмію, свинцю, нітратів. Жодне з досліджених джерел за індексом забруднення води не належало до категорії «чиста вода». Проби води, які за гідрохімічним аналізом та в

дослідах на летальність характеризувалися відносною безпечністю, виявляли хронічну токсичність для безхребетних. Установлено, що вода з джерела централізованого водопостачання, незважаючи на безпечність за гідрохімічними показниками, характеризується гострою токсичністю і призводить до змін у живих організмах на клітинному рівні за 96-годинної експозиції.

Рекомендовано проведення щоквартального відбору проб води у вказаних джерелах для оцінки динаміки сезонних змін гідрохімічних показників; обмеження та мінімізацію застосування азотних (нітратних) добрив у населених пунктах та поблизу джерел водопостачання.

Ключові слова: якість води, важкі метали, індекс забруднення води, токсичність, біологічне тестування.

Актуальність теми.

За даними останнього звіту Світового банку, опублікованого в серпні 2019 року, ключовим фактором економічного розвитку більшості країн світу є чиста вода [1]. Особливого загострення проблема якісної питної води набула в сільській місцевості внаслідок недостатнього доступу до централізованих джерел водопостачання, хімічного та бактеріального забруднення, неналежного технічного стану розподільчої системи, засобів транспортування води та систем децентралізованого постачання.

У 2020 році Державне агентство водних ресурсів України оприлюднило інформацію щодо моніторингу якісного складу водойм [2]. Однак, дані щодо деяких сільських територій Могилів-Подільського району (села Бронниця – 1268 осіб, Бандишівка – 672 особи, Оленівка – 550 осіб, Садківці – 462 осіб, Григорівка – 365 осіб) відсутні.

Отже, відомості щодо якості води джерел питного забезпечення для приблизно 3000 осіб (10 % населення Могилів-Подільського району) залишаються невідомими. Проблема посилюється

тим, що вказаний район в економічному аспекті є суто аграрним, з переважанням рослинництва, садівництва, овочівництва. Тобто, забруднення джерел водопостачання має першочерговий вплив не тільки на стан здоров'я населення, а й на отримання якісної сільськогосподарської продукції.

Отже, порівняльна оцінка якості води дослідженого району є актуальною проблемою, що зумовило проведення вказаного комплексу контролів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Україна має обмежені запаси прісної води й майже втратила чисті поверхневі води, які б відповідали вимогам стандартів на джерела питного водопостачання. Вінницька область належить до регіонів України з найвищою часткою сільського населення та займає лідируючі позиції щодо використання джерел децентралізованого водопостачання, водночас, згідно з Доповіддю про стан навколишнього природного середовища [3], 32,3 % не відповідають нормативам.

Фізико-хімічні методи дослідження, які застосовують для визначення

гідрохімічного складу зазвичай порівнюють із *санітарно-гігієнічними* нормативами, які не відображають небезпеки поллютантів та їхніх метаболітів для біоти [4].

Біотестування, як інтегральний метод оцінки токсичності водного середовища, є не тільки необхідним доповненням до наявної системи хіміко-аналітичного контролю, але й засобом отримання принципово нової інформації щодо складу та властивостей забруднювачів, їхньої трансформації як у навколишньому середовищі, так і в організмі [5, 6, 7]. На відміну від фізичних та хімічних підходів до оцінки забруднення, біологічне тестування має прогностичне значення – за станом біоти, її кількісними та якісними перетвореннями можливо передбачати трансформації, які очікують живі організми за певного рівня забруднення [8].

У якості тест-об'єктів застосовують гідробіонтів усіх систематичних груп від бактерій до риб, однак жоден із них не є найсенситивнішим до всіх поллютантів [7, 9]. Тому, для оптимізації наявних методів і підходів доцільно об'єднувати фізико-хімічні та біологічні методи дослідження якості води з використанням батареї тест-організмів різних рівнів біологічної організації (клітинному, органному, організмовому, популяційному), які дадуть змогу комплексно оцінити якість та безпеку джерел питного забезпечення.

Мета роботи – дати порівняльну оцінку якості джерел питного водозабезпечення Могилів-Подільського району Вінницької області. Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання: провести гідрохімічний аналіз природних вод, порівняти концентрації хімічних речовин у воді з відповідними діючими державними стандартами та нормативами;

розрахувати індекс забруднення вод; провести біологічне тестування вод на різних рівнях організації живої матерії з використанням батареї тест-організмів; визначити індекс загальної токсичності, запропонувати шляхи покращення якості води досліджених територій.

Матеріали і методи дослідження.

Дослідження проведені на базі вимірювальної лабораторії якості води питної природної та стічної НУБіП України (Сертифікат визнання вимірювальних можливостей № ПТ – 403/19, виданий ДП «Всеукраїнський державний науково-виробничий центр стандартизації, метрології, сертифікації та захисту прав споживачів»). У якості об'єктів для дослідження біотоксичності вод відібрано батарею стандартних організмів різних трофічних рівнів синхронізованої культури лабораторії біомаркерів та біотестування Інституту колоїдної хімії та хімії води імені А. В. Думанського НАН України. Для оцінки якості води були відібрані проби із сіл Могилів-Подільського району Вінницької області, які є єдиними джерелами питного водопостачання для 3000 осіб.

Проба № 1 – каптажне джерело в селі Григорівка, завглибшки 5 м, джерело розташоване на еталонній ділянці. Рельєф місцевості (невеликий схил) зумовив стікання води з вказаного джерела у відстійники для напування великої рогатої худоби (ВРХ), з цією метою вода використовувалася до початку 2000-х років (координати точки відбору – 48.419680, 27.945274).

Проба № 2 – колодязь у селі Садківці, глибиною 8 м, використовується для задоволення побутових та питних потреб. На відстані 10 м від джерела ростуть багаторічні насадження пло-

дових дерев (координати точки відбору – 48.389731, 27.910490).

Проба № 3 – колодязь у селі Бронниця, завглибшки 10 м, використовуюється для задоволення побутових та питних потреб. До 60-70 років ХХ століття на місця колодязя була тваринницька ферма (координати точки відбору – 48.396238, 27.906028).

Проба № 4 – джерело централизованого водопостачання села Бронниця (координати точки відбору – 48.401054, 27.889304).

Для досліджень відбирали проби води об'ємом 3 л. Відбір, консервування, транспортування та зберігання відібраних зразків виконували згідно [10]. Проби відібрані в триразовій повторності з дотриманням сезонності. Отже, кожна проба води була проаналізована 12 разів. Аналіз якості води проводився за гідрохімічними показниками згідно ДСТУ 7425 : 2014. «Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості» [11].

Вимірювання важких металів у природних водах проводили на аналізаторі М-ХА1000-5 за стандартизованими методиками методом інверсійної хронопотенціометрії [10]. Для проведення аналізу природну воду фільтрували за допомогою фільтру «синя смуга». Отриманий фільтрат об'ємом 100 см³ повільно випаровували на електричній плитці в термостійкому хімічному стакані до 5-8 см³. Після охолодження сухий залишок у стакані розчиняли у 15-20 см³ 2М НСІ і кількісно переносили в мірну колбу на 25 см³ (мінералізатор). Розчин доводили до мітки 2М НСІ.

Для визначення масової концентрації свинцю та міді 10 см³ мінералізатору переносили в сухий електролізер і проводили вимірювання масової концентрації металу за допомогою аналізатору М-ХА1000-5. Для визна-

чення масової концентрації цинку та кадмію до 5 см³ мінералізатору додавали 5 см³ 4М розчину амоній гідроксиду. Масова концентрація цинку та міді визначалася за рівнянням [12]:

$$C = k \cdot m \cdot \frac{\tau_{\text{п}} - \tau_{\text{ф}}}{\tau_{\text{д}} - \tau_{\text{п}}}, \quad (2.1)$$

де C – концентрація елементу [г/дм³];

k – коефіцієнт нормування [1/дм³],

m – маса добавки [г];

$\tau_{\text{п}}$ – час інверсії проби;

$\tau_{\text{ф}}$ – час інверсії фонового розчину;

$\tau_{\text{д}}$ – час інверсії проби з добавкою.

Коефіцієнт нормування [11] визначався за рівнянням:

$$k = \frac{V_{\text{м}}}{V_0 \cdot V_{\text{п}}}, \quad (2.2)$$

де $V_{\text{м}}$ – загальний об'єм мінералізатору [дм³];

V_0 – об'єм мінералізатору, взятий для аналізу елемента [дм³];

$V_{\text{п}}$ – об'єм проби водного об'єкту [дм³].

У якості модельного біотесту використовували *Allium cepa* L. (сорт «Штутгартен») – багаторічну трав'янисту рослину родини Цибулевих (*Alliaceae*), затверджену експертами ВООЗ як стандарт у цитогенетичному моніторингу навколишнього середовища. Фітотоксичний ефект – ФЕ (%) визначали за приростом корінців дослідної цибулі щодо контрольного приросту. Розрахунок проводився за формулою [13]. Вплив наноаквацитратів на дафній – *Daphnia magna* (Straus, 1820), вивчали за методиками, затвердженими в якості національних стандартів України [Титов, Казнина & Таланова, 2014, ISO 6341:1996, MOD : ДСТУ 4173-2003]. Оцінка впливу на безхребетних гідробіонтів була вивчена на прикладі гідри – *Hydra attenuata* (Pallas, 1860). Для проведення експерименту вико-

ристовували планшетку, у кожен відділ якої вносили по 6 гідр. Температуру води підтримували в межах від 22 ± 2 °C. Експоновані проби води не аерували. Фотоперіод складав: 16 годин – світлова фаза і 8 годин – темнова. Дорослі тест-організми *H. attenuata* експонували упродовж 96 год. для оцінки гострої токсичності. Оцінка токсичності з використанням *Danio rerio* (Hamilton, 1822) виконувалася у відповідності з ISO 6341:2012. Acute toxicity test [15].

Статистичний аналіз одержаних результатів здійснювали з використанням методів описової статистики (середнє арифметичне, медіанне стандартне відхилення, мінімум та максимум), інтервального оцінювання (побудова довірчих інтервалів), однофакторного дисперсійного аналізу з подальшим застосуванням критерію множинних порівнянь Тьюкі-Крамера та t-критерію Ст'юдента. Для розрахунків використовували пакети програм *Statistica*, *Microsoft Excel 2010*.

Результати дослідження та їх обговорення.

Комплексні середньосезонні результати дослідження гідрохімічних показників якості вод різних джерел водопостачання наведені в таблиці 1. На першому етапі досліджень був проведений органолептичний аналіз проб води. Проби характеризувалися відсутністю відчутного запаху, водночасу пробах води, відібраних у селі Бронниці (№ 3 та № 4) відчувався солодкий смак із в'язким присмаком, що ймовірно пов'язане з перевищенням вмісту нітратів.

На підставі сукупного масиву показників якості води досліджуваних джерел водопостачання з урахуванням сезонних коливань можна зробити висновок про їхнє комплексне за-

бруднення по всій території (рис. 1), але найбільшу небезпеку становлять високотоксичні полютанти Pb, Cd, нітрати на фоні високої твердості води.

Проблема нітратного забруднення полягає в тому, що, з одного боку, нітрати – є основним джерелом азотного живлення рослин, тим часом надлишок нітратів призводить до виникнення метабологемоглобінаемії, канцерогенних новоутворень, імунодепресивної дії, а також зниження стійкості організму до впливу мутагенних і канцерогенних агентів. У пробі води № 1 встановлено перевищення ГДК вмісту нітратів для вживання дітям (ГДК – 10 мг/дм³). У пробі № 2 зафіксовано перевищення ГДК вмісту нітратів майже удвічі, що може бути пов'язане з внесенням підвищених норм нітратних форм азотних добрив під багаторічні плодів насаджень. Перевищення в 7,84 рази ГДК у пробі номер три зумовлюється як внесенням добрив та засобів хімізації, так і залишковим впливом тваринницької ферми, що розташована на цьому місці. Особливе занепокоєння викликає перевищення вмісту нітратів у 1,02 рази ГДК у пробі № 4, що свідчить про відсутність або недостатню якість очисних споруд джерел централізованого водопостачання в селі Бронниця.

Як видно з рисунку 2, усі проби води мали високу загальну твердість, яка значно перевищує нормативи. За співвідношенням різних видів твердості переважала складова тимчасової твердості, яка у всіх пробах (за виключенням проби № 4) перевищувала гранично допустимі концентрації.

Окрім того, усі проби води не відповідали оптимальному значенню вмісту кальцію (25-75 мг/дм³) та магнію (10-50 мг/дм³) у питній воді згідно з ДСТУ 7425 : 2014, що впли-

Таблиця 1. Середньосезонні гідрохімічні показники якості вод

Назва показника	Одиниці вимірювання	Місце розташування об'єкту та шифр зразку води				Норматив, не більше згідно [13]	
		1	2	3	4	Вода систем централізованого питного водопостачання	Вода нецентралізованого питного водопостачання
Запах	Бали	0	0	0	0	2	1
Смак	Бали	0	0	2	3	2	0
Водневий показник рН	Одиниці	7,06±0,02	7,52±0,01	7,17±0,01	7,63±0,02	6,5-8,5	6,5-8,5
Твердість загальна Оптимальний вміст	мг-екв/дм ³	12,63±0,07	10,98±0,04	16,93±0,1	9,87±0,07	7(10)	7 1,5-7
Твердість тимчасова Оптимальний вміст	мг-екв/дм ³	8,6±0,1	8,05±0,07	8,3±0,1	6,1±0,12	Не визначають	6,5 0,5-7
Кальцій Оптимальний вміст	мг/дм ³	141,26	115,06	201,23	130,26	Не визначають	130 25-75
Магній Оптимальний вміст	мг/дм ³	85,4	67,6	100,3	57,7	Не визначають	80 10-50
Хлориди	мг/дм ³	65,3±0,02	66,0±0,10	71,9±0,13	63,3±0,11	250(350)	150
Нітрати	мг/дм ³	31,7±0,03	96,0±0,04	391,5±0,14	50,4±0,07	50	5
Залізо загальне	мг/дм ³	0,024±0,01	0,057±0,01	0,187±0,01	0,13±0,01	0,2 (1)	Відсутність
Кадмій	мг/дм ³	0,0061±0,0001	0,00012±0,0001	0,06±0,0001	0,0003±0,0001	0,001	Відсутність
Цинк	мг/дм ³	0,132±0,001	0,096±0,001	0,011±0,001	0,120±0,001	1	Відсутність
Свинець	мг/дм ³	0,009±0,0001	0,0224±0,0001	0,014±0,0001	0,0133±0,0001	0,01	Відсутність
Мідь	мг/дм ³	0,0187±0,001	0,0683±0,004	0,013±0,002	0,0711±0,001	1	Відсутність
ХСК	мгО/дм ³	0,64±0,08	2,75±0,07	2,72±0,12	1,44±0,11	5	0,75

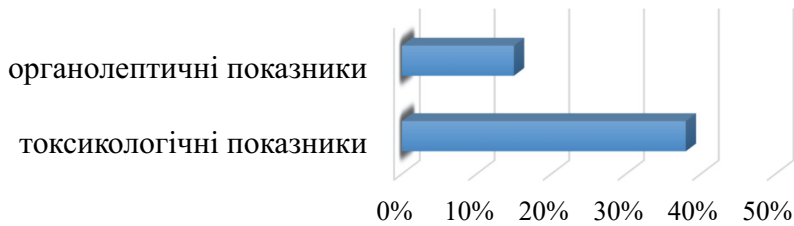


Рис.1. Частка досліджуваних проб води, які не відповідають нормативам якості

вало на погіршення органолептичних властивостей, надаючи воді терпкого в'язучого смаку, а також спричинювало відкладання шлаків та накипу в розподільній системі водопостачання.

Методом інверсійної хронопотенціометрії у вказаних пробах води було досліджено середньосезонну динаміку вмісту міді, цинку, свинцю та кадмію. Як видно з таблиці 1, перевищення вмісту кадмію зафіксовано в пробах із джерела № 1 та № 3, що спричинене внесенням під плодові дерева фосфорних добрив та фунгіцидів, які містять вказаний метал [16]. Згідно із результатами дослідження, спостерігається незначне перевищення вмісту свинцю в пробах № 2, № 3 та № 4, що пов'язано з безпосереднім розташуванням ав-

томагістралі біля відібраних проб [17]. Водночас особливе занепокоєння викликає майже однакова концентрація свинцю в пробі № 3 (колодязь) та пробі № 4 (водопровідна вода), що свідчить про відсутність або недостатню якість очисних споруд джерел централізованого водопостачання в селі Бронниця.

Сучасні методи інтегральної оцінки якості поверхневих та підґрунтових вод базуються як на використанні класифікацій якості води за певними критеріями, так і на основі комплексного показника. Отже, наступним етапом дослідження була оцінка якості води за комплексним показником – індексом забрудненості води (далі ІЗВ) [18, 19] – найдоступнішим методом комплексної оцінки забрудненості водних об'єктів,

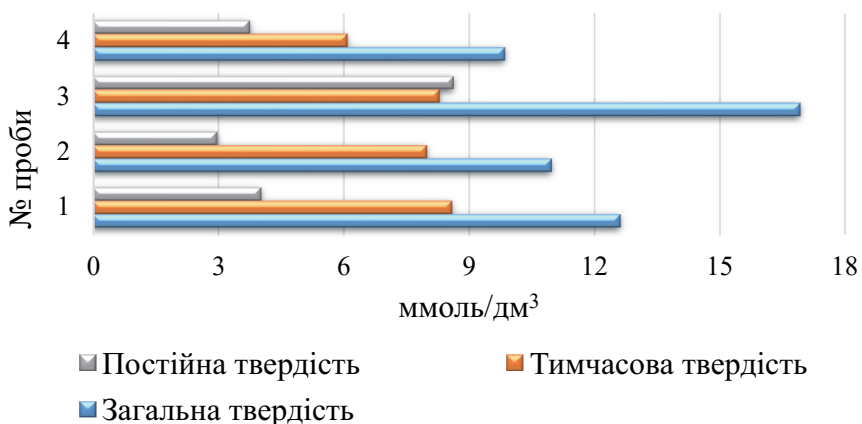


Рис. 2. Розподіл видів твердості в досліджуваних пробах

який базується на показниках хімічного складу води. Результати розрахунків ІЗВ та аналіз чистоти води з досліджуваних джерел на основі отриманих даних наведено в таблиці 2.

Отже, за величиною ІЗВ, вода з джерел № 1 та № 2 належать до третього класу чистоти. Отже, води вказаних джерел перебувають під значним антропоїчним впливом, рівень якого близький до межі стійкості екосистем. Колодязна вода із села Бронниця згідно з розрахунками належить до категорії дуже брудної й не може бути використана для задоволення питних і побутових потреб. Якщо оцінювати якість водопровідної води, то за значенням ІЗВ ця вода належить до другого класу чистоти. Для нього характерні певні зміни порівняно з природними, однак ці зміни не порушують екологічної рівноваги.

На першому етапі біологічних досліджень був проведений комплекс контролів щодо оцінки гострої летальної токсичності води для прісноводної риби *D. rerio*. За результатами досліджень у жодній із вказаних проб не було зафіксовано летальних ефектів – виживаність в усіх пробах складає 100 %. Отже, на рівні організму риб зразки води відповідають нормам ДСТУ 4075- 2001.

Наступним етапом проведено дослідження параметрів виживання *H. attenuata* за умови їхнього знаходження у воді досліджуваних проб. Водночас облік результатів фіксували за летальним

ефектом безхребетних. Отже, у пробі № 2 виживаність безхребетних складала понад 90 %, що входить у межі нормально-го розподілу, отже вказана проба води не викликає гострої та хронічної токсичності для *H. attenuata*. У пробах № 1 та № 3 встановлено летальний ефект у діапазоні 20-25 % особин, причому смертність зростала в часовому інтервалі 72-96 год., що свідчить про хронічну токсичність вказаних проб води для гідри – це пов'язано з надлишковими концентраціями металів та їхньою синергічною дією. У пробі води № 4 перші летальні випадки реєстрували впродовж 30 хв. від початку експерименту. Живі особини перебували в стадії «тюльпану», що розглядається як критерій необоротних змін в організмі гідри. Через 2 год. спостерігалась 100 % смертність тест-об'єктів. Оцінка токсичності на клітинному рівні дає змогу одержати інформацію щодо стану імунітету біоти, рівня впливу її стресових чинників [6]. Саме тому було вирішено проаналізувати вплив вказаних проб за допомогою мікроядерного тесту на клітинах крові *D. rerio*. Дослідження генотоксичності проводилося паралельно з тестами на токсичність, тобто досліджували кров риб, експонованих у досліджених пробах (таблиця 3).

Отже, за утримування риб у пробах № 1 та № 2 еритроцити риб не мали хромосомних аберацій – мікроядер та подвійних ядер не було зафіксовано. За експозиції в пробі № 3 реєстрували поодинокі еритроцити крові риб із мікро-

Таблиця 2. Індекс забруднення води та категорії її чистоти

Номер проби	Місце розташування джерела води	ІЗВ	Характеристика якості води	Клас якості води
1	Каптажне джерело с. Григорівка	1,32	Помірно забруднена	III
2	Колодязь с. Садківці	1,02	Помірно забруднена	III
3	Колодязь с. Бронниця	9,19	Дуже брудна	VI
4	Водопровід с. Бронниця	0,69	Чиста	II

ядрами, водночас цитоплазма була близькою до норми, тобто утримування риб у пробі № 3 не спричинило стресових змін у риб. За утримування тест-об'єктів у пробі № 4 зміни на клітинному рівні перевищували нормативні показники згідно ДСТУ 7387 : 2013. Траплялася значна кількість еритроцитів із мікроядрами та подвійними ядрами, у цитоплазмі клітин збільшився розмір вакуолі.

Комплексна оцінка токсичності водних зразків із використанням набору біотестів дає змогу об'єктивно дослідити вплив навколишнього середовища на тваринні й рослинні організми. Для її кількісної інтерпретації пропонується застосування індексу загальної токсичності (ІЗТ) [4], який являє собою суму ефектів, розрахованих для досліджуваної води або розчинених речовин для всіх біотестів. Отже, нами було вирішено використати для оцінки ІЗТ батарею, яка складалася з 4

тест-об'єктів (*A. cepa*, *H. attenuata*, *D. magna*, *D. rerio*). Отже, максимальне значення індексу загальної токсичності не могло перевищувати 400 умовних одиниць – 100 % загибель усіх біотестів. Результати дослідження представлені в таблиці 4.

Висновки і перспективи.

За результатами порівняльної оцінки якості води окремих сіл Могилів-Подільського району Вінницької області жодне джерело не може бути рекомендовано у якості джерела питного водопостачання. Доведено, що проби води, які за гідрохімічним аналізом та в гострих дослідах (на летальність) виявляли відносно безпечність та не спричинювали явних морфологічних змін, проявляють хронічну токсичність для безхребетних. Визначено, що джерело централізованого водопостачання ха-

3. Оцінка генотоксичності досліджених проб води

Найменування показника	Результати вимірювань				Вимоги НД
	№1	№2	№3	№4	ДСТУ 7387:2013
Генотоксичність на клітинах крові риби <i>D. rerio</i> , ‰	0	0	0,33	0,66	0,33

4. Порівняльна оцінка якості води за індексом загальної токсичності

Номер проби	Місце розташування джерела води	Індекс загальної токсичності по різних об'єктах, ‰				Індекс сумарної токсичності, ‰	Категорія якості води
		<i>Allium cepa</i>	<i>Daphnia magna</i>	<i>Hydra attenuata</i>	<i>Danio rerio</i>		
1	Каптажне джерело с. Григорівка	30,20	12,50	21,30	0	64,00	Небезпечна (41-150)
2	Колодязь с. Садківці	14,78	16,75	25,74	0	57,27	
3	Колодязь с. Бронниця	19,96	20,00	7,69	0	47,65	
4	Водопровід с. Бронниця	23,95	100	100	0	223,95	Дуже небезпечна (151-400)

рактизується гострою токсичністю та призводить до клітинних змін у живих організмах, а, отже, не може розглядатись у якості адекватної альтернативи для задоволення питних і побутових потреб місцевого населення.

Рекомендовано проведення щоквартального відбору проб води у вказаних джерелах для оцінки динаміки сезонних змін гідрохімічних показників; обмеження та мінімізацію застосування азотних (нітратних) добрив у населених пунктах та поблизу джерел водопостачання. Для очистки централізованих джерел водопостачання необхідно встановити фільтри зворотного осмосу або йонного обміну.

References

1. Damania, R., Desbureaux, S., Rodella, A. S., Russ, J., & Zaveri, E. (2019). Quality unknown: The invisible water crisis. The World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1459-4>
2. State water monitoring. Available at https://data.gov.ua/dataset/133ce38c-9533-4fb0-b146-b211299a8731/resource/8b3c25b9-5aaf-4741-b619-c28782033d97/download/2020-01-01_2020-03-31_output.csv
3. Natsionalna dopovid pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha v Ukraini u 2017 rotsi (2019). Ministerstvo ekolohii ta pryrodnykh resursiv Ukrainy, Kyiv. 350. <https://mepr.gov.ua/news/35955.html>
4. Honcharuk, V.V. (2010). Nauka o vode [Water science]. Naukova dumka, 512.
5. Neale, P. A., & Escher, B. I. (2019). In vitro bioassays to assess drinking water quality. Current Opinion in Environmental Science & Health, 7, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2018.06.006>
6. Kravchenko, O. O., Verholias, M. R., & Maksin, V. I. (2013). Otsinka henotoksychnosti nanoakvatsytrativ sribla ta midi za dopomohoiu mikroiadernoho testu na klitynakh krovi ryb Danio rerio. Bioresursy i pryrodokorystuvannya, 5(1-2). 31-35. <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Bio/article/viewFile/2394/2338>
7. Rosenmai, A. K., Lundqvist, J., le Godec, T., Ohlsson, Å., Tröger, R., Hellman, B., & Oskarsson, A. (2018). In vitro bioanalysis of drinking water from source to tap. Water research, 139, 272-280. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.04.009>
8. Cherkashin. S. A. & Blinova. N. K. (2010). Vliyaniye tyazhelykh metallov na vyzhivayemost rakoobraznykh (obzor). Gidrobiologicheskii zhurnal. <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/65589>
9. Kravchenko O. A. & Maksin V. I. (2016). Osobennosti povedeniya i akumuliyatsii nanoakvatsytrativ medi i tsinka v gidroekosistemakh. Mikroelementy v meditsine. 17(4). 44-48. <https://doi.org/10.19112/2413-6174-2016-17-4-44-48>
10. Yakist vody. Vidbyrannia prob. Chastyna 1. Nastanovy shchodo proektu prohram vidbyrannia prob [Water quality. Sampling. Part 1: Guide to Project sampling programs]. (2003) DSTU ISO 5667-1-2003 — ISO 5667-1:1980, IDT from 1st July 2004. Kyiv Derzhspozhyvstandart Ukrainy (In Ukrainian)
11. Voda pytna. Vymohy ta metody kontroliuvannya yakosti [Drinking Water. Requirements and control methods of quality](2014) DSTU 7425:2014 from 1st February 2015. Kyiv Minekonomrozvytku Ukrainy (In Ukrainian).
12. Halimova V. M. (2011). Otsinka stanu zabrudnennia pryrodno-antropohennykh ekosystem za vmistom svyntsiu, midi, tsynku, kadmiu [Assessment of the state of pollution of the natural and anthropogenic ecosystem by the content of lead, copper, zinc, cadmium]. Extended abstract of candidate's thesis. Kyiv [in Ukrainian].
13. Surovtsev I. V., Galimova V. M., Mank, V. V., & Kopilevich V. A. (2009). Determination of heavy metals in aqueous ecosystems by the method of inversion chronopotentiometry.

- Journal of water chemistry and technology, 31(6), 389-395. <https://doi.org/10.3103/S1063455X09060071>
14. Titov A. F., Kaznina N. M., & Talanova V. V. (2014). Tyazhelye metally i rasteniya [Heavy metals and plants]. Petrozavodsk: KarRC of RAS.
 15. Yakist vody. Vyznachannia hostroi letalnoi toksychnosti na Daphnia magna Straus ta Ceriodaphnia affinis Lilljeborg (Cladocera, Crustacea) [Water quality. Determination of acute lethal toxicity on Daphnia magna Straus and Ceriodaphnia affinis Lilljeborg (Cladocera, Crustacea)] (2003). DSTU 4173:2003ISO 6341: 1996, MODKyiv Derzhspozhyvstandart Ukrainy (In Ukrainian)
 16. Yakist vody. Vyznachannia subletalnoi ta khronichnoi toksychnosti khimichnykh recho-ryn ta vody na Daphnia magna Straus i Ceriodaphnia affinis Lilljeborg (Cladocera, Crustacea) [Water quality - Determination of long term toxicity of substances to Daphnia magna Straus (Cladocera, Crustacea)] (2003) DSTU 4174:2003ISO 1076:2000, MOD, Kyiv Derzhspozhyvstandart Ukrainy (In Ukrainian)
 17. La Pera, L. et al (2008). Statistical study of the influence of fungicide treatments (mancozeb, zoxamide and copper oxychloride) on heavy metal concentrations in Sicilian red wine. Food additives and contaminants, 25(3), 302-313. <https://doi.org/10/1080/02652030701329603>
 18. Dudnik S. V. & Yevtushenko M. Yu. (2013). Vodna toksykologhiia: osnovni teoretychni polozhennia ta yikhnie praktychnee zastosuvannia [Water toxicology: basic theoretical positions and their practical application]. Kyiv Vydavnytstvo fitosotsiologichnoho tsentru. 295.
 19. Voitenko L., Kopilevich V., & Stokhal M. (2015). The conception of water quality assessment used Harrington's desirability function for different kinds of water consumption. Bioresursy i pryrodokorystuvannia, 7(1-2), 25-36. <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Bio/article/view/6371>

O. O. Kravchenko, B. M. Galimova, V. A. Kopilevich, A. M. Churilov, V. V. Chobotar (2020). COMPARATIVE ASSESSMENT OF DRINKING WATER QUALITY OF INDIVIDUAL SETTLEMENTS OF MOGILS-PODILSKY DISTRICT OF VINNITSA REGION. BIOLOGICAL SYSTEMS: THEORY AND INNOVATION, 11(3): 63-73.
<http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Biologiya/article/view/14321>.
<https://doi.org/10.31548/biologiya2020.03.007>.

Abstract. The work is devoted to the actual problem of environmental safety and quality assessment of various water sources Mohyliv-Podilsky district of Vinnitsa region. It has been carried out hydrochemical analysis and calculated an index of pollution of natural waters, biological testing performed using a battery of test organisms, given recommendations to improve the water quality of the study area. It has been established that the most indicative parameters of pollution of water supply sources are hardness indicators, concentration of cadmium, lead, nitrates. None of the investigated sources have corresponded to the "clean water" indicator. Water samples that as a result of hydro-chemical analysis had been characterized by relatively safe, exhibited chronic toxicity for invertebrates. It has been found that water from a centralized source is characterized by the acute toxicity and leads to changes in living organisms at the cellular level.

It is recommended to carry out quarterly water sampling in the indicated sources; minimization of the use of nitrogen fertilizers in settlements, in particular, near water supply sources.

Keywords: water quality, transition metals, water pollution index, toxicity, bioassay