

**Шифр: «Якість води»**

**СТУДЕНТСЬКА НАУКОВА РОБОТА**

на тему:

**«КОМПЛЕКСНА ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ СЕЛІТЕБНИХ  
ТЕРИТОРІЙ МОГИЛІВ-ПОДІЛЬСЬКОГО РАЙОНУ ВІННИЦЬКОЇ  
ОБЛАСТІ»**

## АНОТАЦІЯ

**Актуальність теми.** За даними останнього звіту Світового банку, опублікованого у серпні 2019 року, ключовим фактором економічного розвитку більшості країн світу є чиста вода. Україна має обмежені запаси прісної води і майже втратила чисті поверхневі води, які б відповідали вимогам стандартів на джерела питного водопостачання. Особливого загострення проблема якості питної води набула у 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 2018 року Державне агентство водних ресурсів України оприлюднило інформацію щодо якості води у поверхневих водоймах. Однак, дані стосовно якості води у сільських селітебних територіях Могилів-Подільського району були відсутні. Таким чином, комплексна оцінка якості води селітебних територій вказаного району є актуальною проблемою сучасної екології, що й зумовило вибір теми даної роботи.

### **Об'єкт, предмет та мета роботи.**

Об'єктом дослідження була вибрана екосистема території Могилів-Подільського району Вінницької області, яка включає джерела води, багаторічні насадження плодкових дерев та нефункціонуючу тваринницьку ферму.

Предмет дослідження – гідрохімічні показники якості води та оцінка якості вказаних джерел методами біотестування.

Основна мета роботи – дати екологічну оцінку джерел різного водопостачання та порівняти якість досліджуваних вод. Для досягнення поставленої мети необхідно було 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;

- виконати біологічне тестування вод на різних рівнях організації живої матерії з використанням батареї тест - організмів;
- запропонувати шляхи покращення якості води на заданих територіях.

В роботі були використані загальнонаукові методи і прийоми (концептуальний, холістичний, редукційний, аналізу, синтезу, спостереження, системного підходу) та спеціальні методики біологічних (польових, екологічних, біотестування), лабораторних (гідрохімічних, органодептичних, фізико-хімічних) і статистичних аналізів. Лабораторні вимірювання показників якості води проводили за стандартизованими методиками та оцінювали одержані результати на відповідність діючим державним стандартам та нормативам.

**Загальна характеристика роботи.** Встановлено, що в якості найбільш індикативних параметрів забруднення джерел водопостачання вказаного району можна вважати показники твердості, вмісту кадмію, свинцю, нітратів. Жодне джерело за індексом забруднення води не відносилось до категорії «чиста вода»; таким чином, рівень антропогенного навантаження на даній території досяг межі стійкості екосистем. Проби води, які за гідрохімічним аналізом та в гострих дослідах (на летальність) характеризувалися відносною безпечністю та не спричинювали явних морфологічних змін, проявляють хронічну токсичність для безхребетних. Визначено, що джерело централізованого водопостачання, не зважаючи на безпечність за гідрохімічними показниками, характеризується гострою токсичністю та призводить до клітинних змін у живих організмах за експозиції в ньому – таким чином, не може розглядатися в якості адекватної альтернативи для задоволення питних і побутових потреб місцевого населення. Рекомендовано проведення щоквартального відбору проб води у вказаних джерелах; обмеження та мінімізацію застосування азотних (нітратних) добрив у населених пунктах та поблизу джерел водопостачання. Для біохімічного очищення стічних вод пропонується проектування та будівництво біологічних фільтрів й аеротенків. Для очистки централізованих джерел водопостачання необхідно встановити фільтри зворотного осмосу або йонного обміну.

## ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ .....	2
ВСТУП .....	5
1 СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ОЦІНКИ ЯКОСТІ ПРИРОДНИХ ВОД (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ).....	7
1.1 Загальна характеристика водних ресурсів України .....	7
1.2 Критерії якості води.....	8
1.3 Біологічні підходи до оцінки якості води.....	9
2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	12
2.1. Матеріали дослідження .....	12
2.2. Методи дослідження.....	13
3 ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ.....	17
3.1 Гідрохімічна оцінка якості вод Могилів-Подільського району Вінницької області.....	17
3.2 Оцінка вмісту важких металів у воді.....	20
3.3 Інтегральна оцінка показників якості води.....	22
3.4 Біотестування вод.....	24
ВИСНОВКИ .....	28
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	29
ДОДАТКИ.....	35

## ВСТУП

*Ми пізнаємо цінність води лише коли колодязь пересихає.  
(Бенджамін Франклін)*

Світ наближається до екологічної катастрофи, тому що попит людства в області природних ресурсів перевищив на третину той показник, що може надати наша планета. За даними останнього звіту Світового банку, опублікованого у серпні 2019 року, ключовим фактором економічного розвитку більшості країн світу є чиста вода. Зниження якості води призводить до гальмування економічного зростання, погіршує стан здоров'я населення та обмежує виробництво продуктів харчування [37]. За прогнозами ЮНЕСКО, до 2050 року майже половина глобального ВВП та 40% світового виробництва зернових опиняться під загрозою внаслідок браку водних ресурсів [38].

Води відкритих водойм належать до тих компонентів навколишнього середовища, трансформація яких найсуттєвіша.

Україна має обмежені запаси прісної води і майже втратила чисті поверхневі води, які б відповідали вимогам стандартів на джерела питного водопостачання. Протягом багатьох років у водойми потрапляли неочищені або недостатньо очищені стічні води і, таким чином, техногенне навантаження на водні басейни перевищувало їх самоочисну здатність. Середньорічна водозабезпеченість на одного жителя України зараз складає близько 1 тис. м<sup>3</sup>, що в 1,5 разів нижче норми, визначеної Європейською економічною комісією ООН.

Одним з викликів для забезпечення водної безпеки в Україні стало суттєве послаблення державного моніторингу якості води внаслідок ліквідації Державної СЕС, мораторію на планові перевірки та зниження вимог місцевих органів влади до очистки стічних вод. З січня 2019 року набрав чинності новий порядок здійснення державного моніторингу вод, адаптований до норм законодавства ЄС. Разом з тим, механізм його практичного запровадження до кінця не розроблений.

Підземні води України мають не менше значення для забезпечення водою населення. Досить зазначити, що близько 70 відсотків населення сіл і селищ міського

типу задовольняє свої потреби у питній воді за рахунок ґрунтових вод (колодязі) чи глибших водоносних горизонтів (свердловини). Проблема водопостачання сільських селітебних територій набула особливого загострення внаслідок недостатнього доступу до централізованих джерел водопостачання, хімічного та бактеріального забруднення, неналежного технічного стану розподільчої системи, засобів транспортування води та систем децентралізованого постачання.

Вінницька область, що належить до областей України з найвищою часткою сільського населення, водночас займає лідируючі позиції стосовно використання джерел децентралізованого водопостачання. Разом з тим, за даними останніх доповідей про стан навколишнього природного середовища у Вінницькій області, з 6879 відібраних проб децентралізованого водопостачання – 32,3% не відповідають санітарно-гігієнічним нормативам.

Вивчення змін водних екосистем, знаходження факторів, умов та напрямків розвитку негативних процесів у водному середовищі та в біологічних системах, здатність екосистем до відновлення за зниження антропогенного навантаження є нагальними завданнями сучасної екології, науковою основою для прогнозування та обмеження антропогенних дій до меж, які забезпечують коеволюцію природи та людини.

Охорона води від забруднення – надзвичайно важлива задача, пов'язана із забезпеченням населення чистою питною водою. Тому у всіх розвинених країнах якість води є предметом особливої уваги державних органів, суспільних організацій, засобів масової інформації та широких верств населення.

Таким чином, вивчення, оцінка й окреслення перспектив раціонального застосування природних вод, зокрема, у сільській місцевості, має першочергове значення як для здоров'я населення, так і для отримання якісної сільськогосподарської продукції, що й зумовило проведення даного комплексу контролів.

# 1 СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ОЦІНКИ ЯКОСТІ ПРИРОДНИХ ВОД (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

## 1.1 Загальна характеристика водних ресурсів України

Водні ресурси України є обмеженими і дуже нерівномірно розподіленими за територією. Запаси водних ресурсів в Україні на одного жителя становлять близько 1 тис. м<sup>3</sup> на рік, що ставить її поряд з найменш забезпеченими водою країнами Європи. До того ж різко погіршується якість води деяких джерел водопостачання в результаті їхнього забруднення стічними водами [30]. В Україні у пересічний за водністю рік загальні запаси природної води складають 94 км<sup>3</sup>, з яких доступні для використання 56,2 км<sup>3</sup> [24].

Зберігається тенденція до погіршення якості підземних вод внаслідок надходження до підземних горизонтів політантів зі стічними водами, а також інтенсивної експлуатації продуктивних водоносних горизонтів. Підґрунтові води, які продовжують залишатися основним надійним джерелом водопостачання, особливо в сільській місцевості, не завжди відповідають вимогам до питної води, насамперед унаслідок підвищеного вмісту в них нітратів, фосфору та бактеріологічного забруднення [32].

До основних причин, що зумовлюють такий екологічний стан природних вод України належать:

- скидання неочищених та недостатньо очищених комунально-побутових і промислових стічних вод безпосередньо у водні об'єкти та через систему міської каналізації.
- надходження до водних об'єктів забруднюючих речовин з поверхневим стоком із заселених територій та сільськогосподарських угідь, ерозії ґрунтів на водозабірній площі тощо [20]

Охорона води від забруднення – надзвичайно важлива задача, пов'язана із забезпеченням населення чистою питною водою. Тому у всіх розвинених країнах якість води є предметом особливої уваги державних органів, суспільних організацій, засобів масової інформації та широких верств населення [24].

## 1.2 Критерії якості води

Якість води – це поєднання хімічного і біологічного складу та фізичних властивостей води, що зумовлює її придатність для конкретних видів водокористування. Встановлені значення показників якості води (фізичні, хімічні та біологічні) називаються нормами якості води і відповідають певним стандартам [28, 9].

Відповідність хімічного складу і властивостей води вимогам конкретних водоспоживачів складає сутність поняття «якість води». Якість води для того чи іншого водокористування встановлюється за критеріями якості води – спеціальними ознаками (показниками), величина (концентрація) яких у воді науково обґрунтована і гарантує той чи інший рівень якості води відповідно до вимог конкретного споживача [9, 30, 24].

Критерії якості води були розроблені для широкого ряду показників. Важливо також, що для повної коректності потрібно враховувати також не тільки власне значення кожного критерію окремо, а й враховувати можливу їхню синергічну дію. Висока температура води також посилює негативний вплив низьких концентрацій розчиненого кисню на біоту. Тому критерій якості води щодо вмісту розчиненого кисню коливається від 5 до 9,5 мг/дм<sup>3</sup> залежно від вимог до температури води та конкретних видів біоти на різних етапах життя. Так, для тепловодної біоти мінімальна концентрація розчиненого O<sub>2</sub> складає 5-6 мг/дм<sup>3</sup>, тоді як для холодноводної – 6,5 – 9,5 мг/дм<sup>3</sup> [29].

Критерії якості води для біогенних речовин (фосфатів, амонію та ін.) встановлюють таким чином: критерії для фосфатів – на рівні, за яким відбувається надмірний ріст водоростей, а критерії для амонію – на рівнях концентрації NH<sub>3</sub>, що не здійснюють шкідливого впливу на організми [12, 49].

Показники якості води представлені трьома групами:

- мікробіологічні, що визначають безпеку в епідеміологічному відношенні;
- токсикологічні, що характеризують безпечність хімічного складу



- органолептичні, до яких відносяться: температура, прозорість, колірність, присмак та запах.

Баланс між всіма видами водокористування, особливо в умовах обмеженості водних ресурсів, знайти дуже важко. Єдиний вихід – використання багатофункціонального підходу до водних ресурсів конкретної території, регіону чи країни [23].

Більшість критеріїв якості води встановлюють максимальний рівень концентрації речовин у воді, нижче яких не завдаються збитки в умовах безперервного водокористування для конкретного водоспоживача, наприклад, питне водопостачання, водопостачання сільськогосподарське, рекреаційне водокористування.

Такі ж критерії встановлюють і щодо якості води, придатної для існування біологічних організмів та функціонування цілісних водних екосистем.

### **1.3 Біологічні підходи до оцінки якості води**

Для визначення гідрохімічного складу якості вод застосовують фізико-хімічні методи дослідження (атомно-абсорбційна та емісійна-флуоресцентна спектроскопія, вольтамперометрія, полярографія, потенціометрія, електрохімічний інверсійний аналіз).

Разом з тим, вищенаведені методи не можуть у повній мірі забезпечити потреби лабораторій екологічного контролю, оскільки потребують дорогого обладнання та хімічних реактивів, і, як наслідок, мають значну собівартість аналізу проби. Окрім цього, дані, отримані фізико-хімічними методами, зазвичай, порівнюють з санітарно-гігієнічними нормативами (ГДК, ГДС), які не відображають небезпеки середовища для водної біоти.

Таким чином, до складної і багатогранної проблеми, яку представляє собою забруднення навколишнього середовища, зокрема джерел водопостачання, професійний інтерес проявляють не лише хіміки-аналітики, а й біологи, медики та екологи. Тому все більшого розповсюдження набувають методи біологічного тестування (біотестування) – дослідження реакцій живих організмів у відповідь на

дію токсичних речовин. Біотестування – це метод, який дозволяє досліджувати сумісний вплив усіх речовин, що містяться у воді (в т.ч. і поллютантів), на представників живої природи, які в ній мешкають [1, 2, 42].

В якості тест-об'єктів застосовують гідробіонтів усіх систематичних груп від бактерій до риби, однак жоден з них не є універсальним, найсенситивнішим до усіх поллютантів [25,31].

Біотестування як інтегральний метод оцінки токсичності водного середовища є не тільки необхідним доповненням до існуючої системи хіміко-аналітичного контролю гідроекосистем, але й засобом отримання принципово нової інформації щодо складу та властивостей поллютантів [17, 18, 47]. 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 даного рівня забруднення [31].

За даними Л. П. Брагінського, С. О. Патіна, [2, 25, 26], біотест – це система або певний набір взаємопов'язаних елементів, що складається з трьох основних частин: тест-об'єкт, на який спрямовується вплив; методики або набору методик для реєстрації певної реакції або характеристик (тест-функція) та методів обробки отриманої інформації.

В якості тест-об'єктів застосовують гідробіонтів усіх систематичних груп від бактерій до риби, однак жоден з них не є універсальним, найсенситивнішим до усіх поллютантів [43, 47].

В числі ключових біотичних компонентів трофічних кіл гідроекосистем знаходяться безхребетні гідробіонти – червоногі, голошкірі, губки, кишковопорожнинні, ракоподібні, що обумовлює використання їх у якості аналітичних індикаторів стану водного середовища [19, 31, 41]. До недоліків використання дафній в якості біотесту можна віднести труднощі їх розведення взимку та важкість у підтриманні культури .

Ще одним розповсюдженим тест-об'єктом серед безхребетних є *Hydra attenuata* (*Hydra vulgaris*) – одне з найчисельніших кишковопорожнинних більшості прісноводних водойм помірних та тропічних широт. В природних гідросистемах гідри відіграють важливу роль консументів перших порядків, виконуючи роль харчового елемента для багатьох безхребетних тварин та молоді деяких риб. Крім того, примітивна будова організмів, низька біологічна організація, темпи регенерації тканин дозволяють використовувати гідр як індикаторів якості середовища [11, 2, 44, 46, 48].

За результатами експериментів D. Holdway та B. Quinn встановлено високу чутливість гідри до дії катіонів важких та перехідних металів, зокрема – іонів міді, кадмію та цинку [44, 48]. Сенситивність до впливу металів, як правило, пов'язують з відсутністю у *H. attenuata* металозв'язуючих білків металотіонеїнів, які відповідають в організмі за поглинання, транспорт та регуляцію металів [46]. Ця особливість робить гідру одним з найефективніших біоіндикаторних видів для оцінки впливу металів в гідроекосистемах.

Риби – це універсальний об'єкт гідробіологічних досліджень, який дозволяє встановити ступінь дії поллютантів на живий організм та оцінити процеси трансформації водних екосистем. Широке використання *Danio rerio* (в англійській літературі «zebrafish») як модельного об'єкту у біології, медицині та екології обумовлене такими властивостями: стрімкий розвиток, значна відтворюваність, швидка тривалість експерименту, висока чутливість, легкість маніпуляцій з геномом [43].

Таким чином, аналіз літературних джерел вказує на необхідність комплексних досліджень стану джерел питного водопостачання, в тому числі, з використанням біологічних методів оцінки на різних рівнях біологічної організації (клітинному, органному, організмовому, популяційному) з метою оптимізації існуючих методів і підходів до екологічної оцінки якості води.

## 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1. Матеріали дослідження

Експерименти проводилися у Національному університеті біоресурсів і природокористування України. В якості об'єктів при дослідженні 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 екологічної оцінки якості води були відібрані проби з різних джерел водопостачання Могилів-Подільського району Вінницької області. Вибір даної території був обумовлений тим, що, по-перше, саме у Вінницькій області склалася одна з найкритичніших ситуацій щодо якості води, оскільки за даними щорічної доповіді про стан навколишнього середовища [24], з 6879 відібраних проб децентралізованого водопостачання 32,3% не відповідають санітарно-гігієнічним нормативам. По-друге, 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.

Для екологічної оцінки якості води обрано наступні джерела водопостачання:

Проба № 1 – каптажне джерело в с. Григорівка, глибиною 5 м, джерело знаходиться на еталонній ділянці. Рельєф місцевості (невеликий схил) обумовив стікання води з вказаного джерела у відстійники для напування ВРХ; з цією метою вода використовувалася до початку 2000-х років (координати точки відбору – 48.419680, 27.945274).

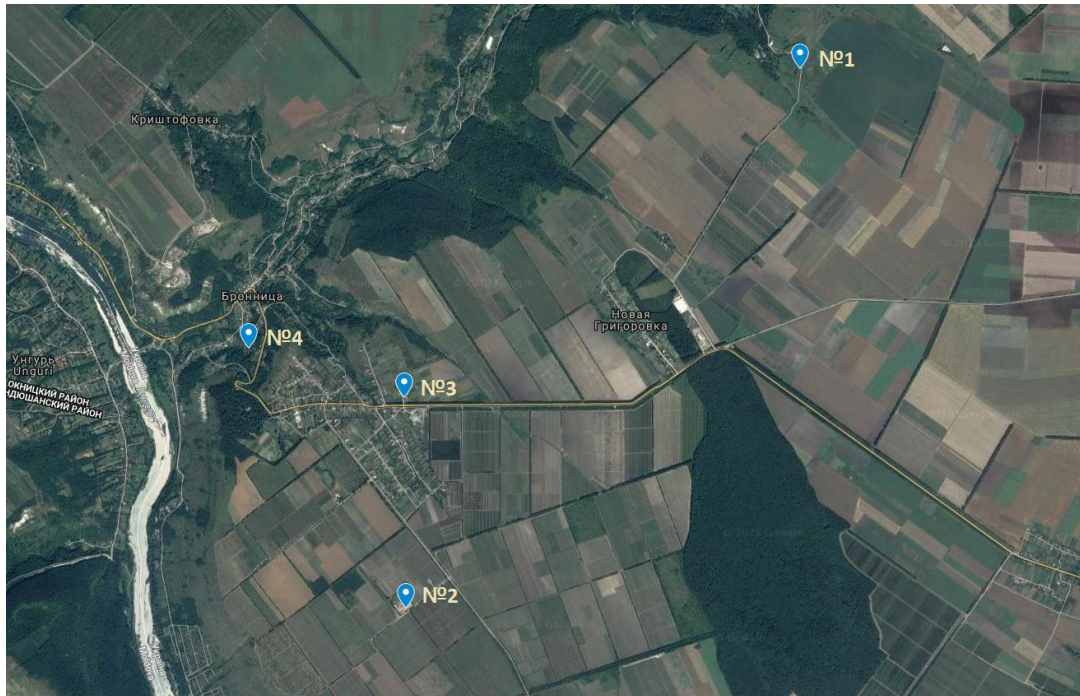
Проба № 2 – колодязь у селі Садківці, глибиною 8 м, використовується для задоволення побутових та питних потреб. На відстані 10 м від джерела знаходяться багаторічні насадження плодових дерев (координати точки відбору – 48.389731, 27.910490).

Проба № 3 – колодязь у селі Бронниця, глибиною 10 м, використовується для задоволення побутових та питних потреб. До 60-70 років ХХ століття на місця

колодзя була тваринницька ферма (координати точки відбору – 48.396238, 27.906028).

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

На рисунку 2.1 відображено точки відбору проб:



**Рисунок 2.1 – Карта точок відбору проб води**

## **2.2 Методи дослідження**

*Вимірювання гідрохімічних показників у різних джерелах водопостачання.*

Аналіз якості води проводився за гідрохімічними показниками згідно [16]. Необхідний об'єм води розраховували, виходячи з кількості визначуваних інгредієнтів, чутливості обраних методів та особливостей підготовки проб для аналізу.

Для досліджень відбирали прості проби об'ємом 3 л. Виконували серійний відбір проб, який дозволяє отримати надійнішу та достовірнішу інформацію про хімічний склад природних вод. При цьому дотримувалися зонального відбору та сезонності. Відбір, транспортування та зберігання відібраних зразків виконували згідно [37]. Відібрані проби аналізували на вміст окремих інгредієнтів, перелік яких наведено у таблиці 2.1, за стандартизованими методиками.

**Таблиця 2.1 – Гідрохімічні показники якості води**

Найменування показників, одиниці вимірювань	Похибка випробувань	Нормовані значення показників якості води у відповідності до [16]			Методи визначення
		водопровідної, з пунктів розливу та бюветів	з колодязів та каптажів джерел	фасованої	
Водневий показник (рН)	±0,03	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5 (4,5 для газованої питної води)	[36]
Твердість загальна, ммоль /дм <sup>3</sup>	±0,01	7,0	10,0	7,0	[3]
Окисність перманганатна, мг /дм <sup>3</sup>	±0,003	-	5,0	2,0 (5,0 для газованої питної води)	[10]
Сухий залишок, мг /дм <sup>3</sup>	±1	1000	1500	1000	[4]
Хлориди Cl <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	±0,1	250	350	250	[8]
Нітрати NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	±0,1	50	50	10 (50 для газованої питної води)	[7]
Нітрити NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	±0,13	0,5 (0,1 для обробленої питної води)	3,3	0,5 (0,1 для негазованої питної води)	[6]
Сульфати SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	±0, 1	250	500	250	[8]
Вміст кальцію, мг/дм <sup>3</sup>	0,4	не визначається	не визначається	130	[11]
Вміст магнію, мг/дм <sup>3</sup>	±0,01	не визначається	не визначається	80	[11]
Вміст заліза, мг/дм <sup>3</sup>	±0,02	0,2	1,0	0,2	[5]

*Вимірювання вмісту перехідних (важких металів) у різних джерелах водопостачання.*

Вимірювання металів у природних водах проводили на аналізаторі М-ХА 1000-5 за стандартизованими методиками методом інверсійної хронопотенціометрії [13]. Для проведення аналізу природну воду фільтрували за допомогою фільтру «синя смуга». Отриманий фільтрат об'ємом 100 см<sup>3</sup> повільно випаровували на електричній плитці у термостійкому хімічному стакані до 5-8 см<sup>3</sup>.

Після охолодження сухий залишок у стакані розчиняли у 15-20 см<sup>3</sup> 2М НСІ і кількісно переносили у мірну колбу на 25 см<sup>3</sup> (мінералізат). Розчин доводили до мітки 2М НСІ.

Для визначення масової концентрації міді, свинцю 10 см<sup>3</sup> мінералізату переносили у сухий електролізер і проводили вимірювання масової концентрації металу за допомогою аналізатору М-ХА1000-5. Для визначення масової концентрації цинку, кадмію до 5 см<sup>3</sup> мінералізату додавали 5 см<sup>3</sup> 4М розчину амоній гідроксиду. Масова концентрація металів визначалася за рівнянням:

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

де  $C$  – концентрація елемента [г/дм<sup>3</sup>];

$k$  – коефіцієнт нормування [1/дм<sup>3</sup>],

$m$  – маса добавки [г];

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

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

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

Коефіцієнт нормування визначався за рівнянням:

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

де  $V_{\text{м}}$  – загальний об'єм мінералізату [дм<sup>3</sup>];

$V_0$  – об'єм мінералізату, взятий для аналізу елемента [дм<sup>3</sup>];

$V_{\text{п}}$  – об'єм проби водного об'єкту [дм<sup>3</sup>].

*Оцінка впливу на безхребетних гідробіонтів була вивчена на прикладі гідри – Hydra attenuata (Pallas, 1860).*

Для проведення експерименту використовували планшетку, у кожен відділ якої вносили по 6 гідр [14]. Температуру води підтримували у межах від  $22\pm 2$  °С. Експоновані проби води не аерували. Фотоперіод складав: 16 год. – світлова фаза і 8 год. – темнова. Дорослі тест-організми *H. attenuata* експонували протягом 96 годин для оцінки гострої токсичності. Окрім того, використовували 10-бальну шкалу Вілбі [48], яка є універсальною для оцінки токсичності за морфологічним станом гідри, та широко застосовується з цією метою у Західноєвропейських країнах.

*Оцінка токсичності з використанням Danio rerio (Hamilton, 1822).*

Для експериментів використовували трилітрові акваріуми, до яких вносили по 10 екз. аклімованих однорозмірних особин данію. Температура води підтримувалася в межах  $20\pm 2$ °С за допомогою терморегуляторів. Проби аерували мікрокомпресорами. Тривалість експерименту – 96 годин. Спостереження за рибами проводили кожні 6 годин протягом першої доби експерименту, а далі – через кожні 24 години

Паралельно з тестами на токсичність проводилося дослідження генотоксичності, тобто тест-організми після аналізу гострої токсичності фіксували для приготування цитологічних препаратів. Аналіз зразків відбувався за допомогою мікроскопу Axio Imager A1 виробник Carl Zeiss, обладнаним дифференційно-інтерференційним контрастом (ДІК); фотовідбитки здійснювали AxioCam MRm1 за збільшення мікроскопа 1000х.

*Статистичний аналіз одержаних результатів здійснювали з використанням методів описової статистики, інтервального оцінювання, однофакторного дисперсійного аналізу з наступним застосуванням критерію множинних порівнянь Тьюкі-Крамера та t-критерію Ст'юдента. Для розрахунків використовували пакети програм Statistica, Microsoft Excel- 2016.*



### 3. ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ

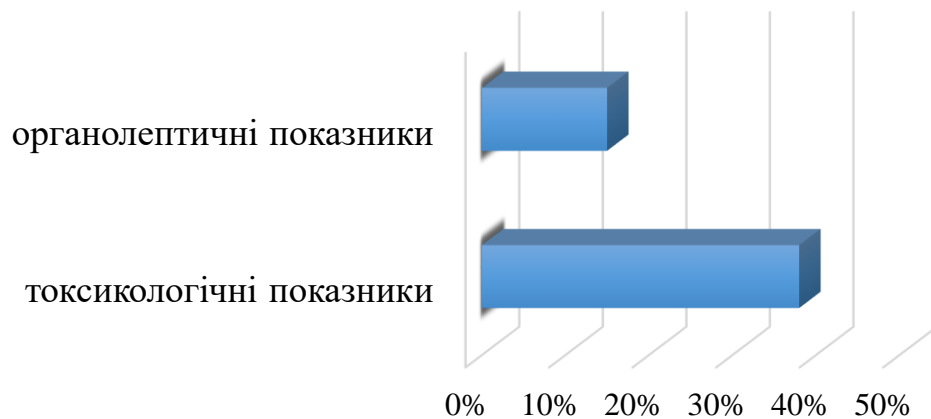
#### 3.1 Гідрохімічна оцінка якості вод Могилів-Подільського району Вінницької області

Комплексні середньосезонні результати дослідження гідрохімічних показників якості вод різних джерел водопостачання наведені у таблиці 3.1.

**Таблиця 3.1 – Середньосезонні гідрохімічні показники якості вод**

№	Показник	Одиниці вимірювання	Місце розташування об'єкту та шифр зразку води			
			1	2	3	4
			каптажне джерело в с. Григорівка	колодязь в с. Садківці	колодязь в с. Бронниця	водопровід с. Бронниця
1	Запах	бали	0	0	0	0
2	Смак	бали	0	0	2	3
3	Водневий показчик рН	Одиниці	7,06±0,02	7,52±0,01	7,17±0,02	7,63±0,01
4	Твердість загальна	мг-екв/дм <sup>3</sup>	12,63±0,07	10,98±0,04	16,93±0,1	9,87±0,07
5	Твердість тимчасова	мг-екв/дм <sup>3</sup>	8,6±0,1	8,05±0,07	8,3±0,1	6,1±0,12
6	Кальцій	мг/дм <sup>3</sup>	141,26	115,06	201,23	130,26
7	Магній	мг/дм <sup>3</sup>	85,4	67,6	100,3	57,7
8	Хлориди	мг/дм <sup>3</sup>	65,3±0,02	66,0±0,10	71,9±0,13	63,3±0,11
9	Нітрати	мг/дм <sup>3</sup>	31,7±0,03	96,0±0,04	391,5±0,14	50,4±0,07
10	Залізо загальне	мг/дм <sup>3</sup>	0,024±0,01	0,057±0,01	0,187±0,01	0,13±0,01
11	Кадмій	мг/дм <sup>3</sup>	0,0061±0,0001	0,00012±0,0001	0,06±0,0001	0,0003±0,0001
12	Цинк	мг/дм <sup>3</sup>	0,132±0,001	0,096±0,001	0,011±0,001	0,120±0,001
13	Свинець	мг/дм <sup>3</sup>	0,009±0,0001	0,0224±0,0001	0,014±0,0001	0,0133±0,0001
14	Мідь	мг/дм <sup>3</sup>	0,0187±0,001	0,0683±0,004	0,013±0,002	0,0711±0,001
15	ХСК	мгО/дм <sup>3</sup>	0,64±0,08	2,75±0,07	2,72±0,12	1,44±0,11

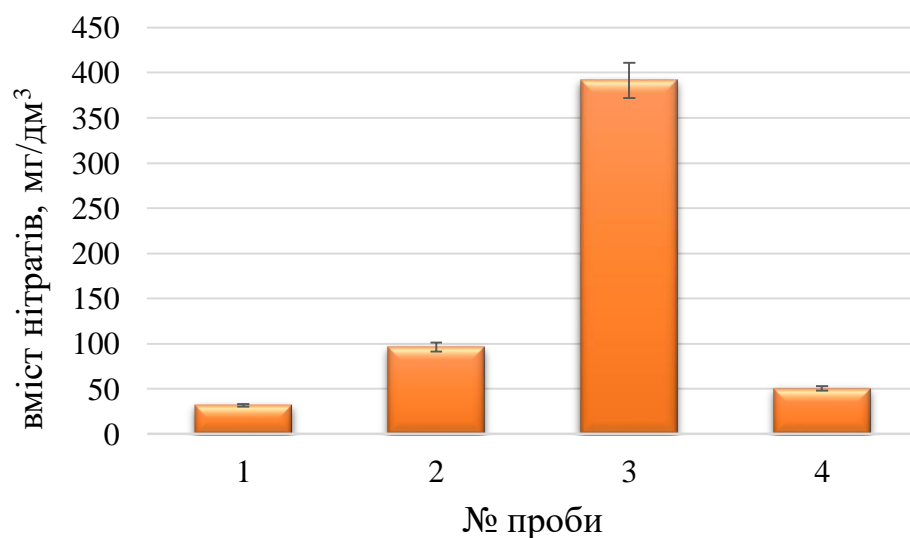
На підставі сукупного масиву показників якості води досліджуваних джерел водопостачання з урахуванням сезонних коливань можна зробити висновок про їхнє комплексне забруднення по всій території (рис 3.1), але найбільшу небезпеку складають високотоксичні поллютанти Рb, Сd, нітрати на фоні високої твердості води.



**Рисунок 3.1 – Частка досліджуваних проб води, які не відповідають нормативам якості**

Встановлено, що в якості найбільш індикативних параметрів забруднення джерел водопостачання вказаного району можна вважати показники твердості, вміст кадмію, свинцю, нітратів.

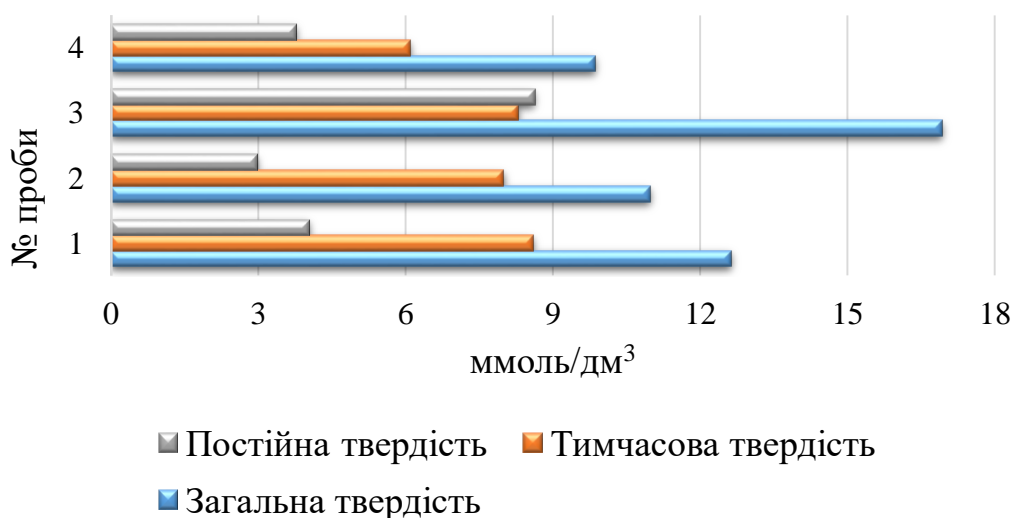
Проблема нітратного забруднення полягає в тому, що з одного боку, нітрати – є основним джерелом азотного живлення рослин, разом з тим, надлишок нітратів призводить до виникнення метаболомії, канцерогенних новоутворень, імунодепресивної дії, а також зниження стійкості організму до впливу мутагенних і канцерогенних агентів [17]. Результати дослідження щодо вмісту нітратів у вказаних пробах води представлені на рис 3.2:



**Рисунок 3.2 – Вміст нітратів у досліджуваних джерелах водопостачання**

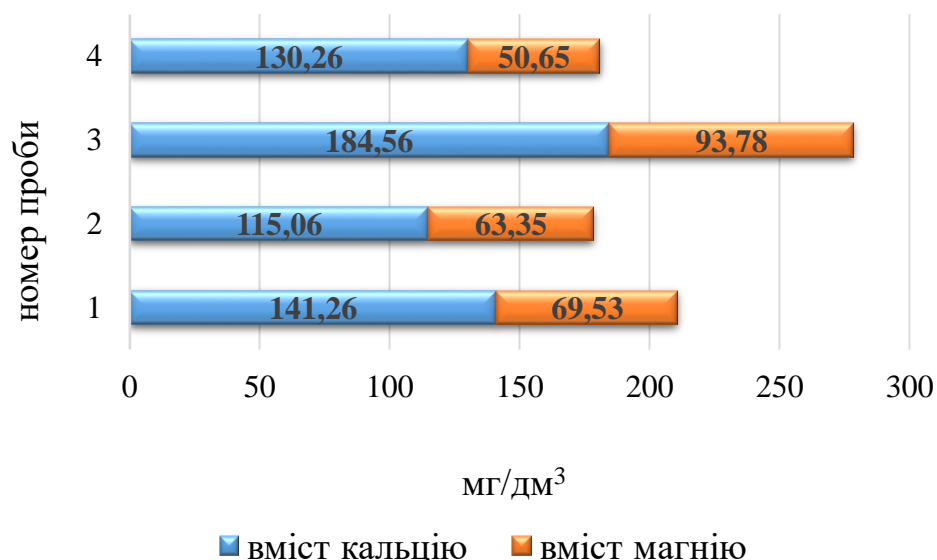
У пробі води № 1 встановлено перевищення ГДК вмісту нітратів для вживання дітям (ГДК - 10 мг/дм<sup>3</sup>). У пробі № 2 зафіксовано перевищення ГДК вмісту нітратів майже у два рази, що може бути пов'язане із внесенням підвищених норм нітратних форм азотних добрив під багаторічні плодові насадження. Перевищення у 7,84 рази ГДК у пробі номер три, обумовлюється як внесенням добрив та засобів хімізації, так і залишковим впливом тваринницької ферми, що знаходилася на цьому місці. Особливе занепокоєння викликає перевищення вмісту нітратів у в 1,02 рази ГДК у пробі № 4, що свідчить про відсутність або недостатню якість очисних споруд джерел централізованого водопостачання у селі Бронниця.

Як видно з рис 3.3, всі проби води мали високу загальну твердість, яка значно перевищує нормативи (7 ммоль/дм<sup>3</sup> для водопровідної води і 10 ммоль/дм<sup>3</sup> для колодязної води та води з каптажних джерел). За співвідношенням різних видів твердості переважала складова тимчасової твердості, яка у всіх пробах (за виключенням проби №4) перевищувала гранично допустимі концентрації (6 ммоль/дм<sup>3</sup>).



**Рисунок 3.3 – Розподіл видів твердості в досліджуваних пробах**

Співвідношення концентрацій Ca<sup>2+</sup> та Mg<sup>2+</sup> в пробах води представлено на рис 3.4:



**Рисунок 3.4 – Співвідношення вмісту  $\text{Ca}^{2+}$  та  $\text{Mg}^{2+}$  в досліджуваних пробах**

Як видно з рис 3.4, усі проби води не відповідали оптимальному значенню вмісту кальцію (25-75 мг/дм<sup>3</sup>) та магнію (10-50 мг/дм<sup>3</sup>) у питній воді згідно ДСанПіН 2.2.4-171-10, що впливало на погіршення органолептичних властивостей, надаючи воді терпкого в'язучого смаку, а також спричинювало відкладання шлаків та накипу в розподільній системі водопостачання.

### 3.2 Оцінка вмісту важких металів у воді

Методом інверсійної хронопотенціометрії у вказаних пробах води було досліджено середньосезонну динаміку вмісту міді, цинку, свинцю та кадмію. У відповідності з таблицею 3.1, зафіксоване перевищення гранично допустимих концентрацій за вмістом свинцю та кадмію, що складає небезпеку, особливо за наявності великої твердості води.

Кадмій в природній воді знаходиться в стійкому стані в двовалентній формі. Як правило, кадмій є присутнім разом з цинком в карбонатних і сульфідних рудах. Його одержують також як побічний продукт при рафінуванні міді, свинцю і цинку.

В прісних підземних водах рівень вмісту кадмію коливається від 1 до 500 мкг/дм<sup>3</sup>. В питній воді рівень кадмію зазвичай нижче 1 мкг/ дм<sup>3</sup>. В Україні

встановлена ГДК вмісту кадмію  $0,001 \text{ мг/дм}^3$ . Всесвітньою організацією охорони здоров'я для питних вод встановлена норма  $0,003 \text{ мг/ дм}^3$ . Середньодобове надходження кадмію до організму людини складає  $10\text{-}35 \text{ мкг}$ . Значна кількість кадмію надходить при палінні. Міжнародна асоціація вивчення раку (МАВР) відносить кадмій до канцерогенів саме при інгаляційному надходженні.

Як видно з таблиці 3.1, перевищення вмісту кадмію зафіксовано у пробах з джерела №1 та №3. Вказане підвищення ймовірно обумовлено специфічним хімічним складом мінеральних порід. В той же час, різниця майже у 10 разів у вмісті кальцію у пробі №3 з іншими пробами, скоріш за все, обумовлена, як фоновим вмістом, так і напрямом фільтрації гнойових стоків колишньої тваринницької ферми до водоносних горизонтів.

Свинець використовується для виробництва боєприпасів, фарб, тетраетилсвинцю, типографського сплаву, припою, кабелів, скла, глазури, акумуляторів, хімічних препаратів і барвників, для захисту від гамма-випромінення, в якості стабілізатора пластмаси [29].

Автомобільні викиди свинцю дають біля 50% загального неорганічного свинцю, що надходить до організму людини. Із-за цього в багатьох країнах заборонено використання тетраетил- і тетраметилсвинцю в якості антидетонаторів для бензину. В неорганічній формі свинець менш токсичний, ніж мідь і ртуть. Гострий і хронічний його вплив виявляється при концентрації  $0,1\text{-}5 \text{ мг/л}$ . Згідно ВООЗ та ДСанПіН 2.2.4-171-10 ГДК вмісту свинцю у воді складає  $0,01 \text{ мг/л}$ .

Згідно з результатами дослідження, спостерігається незначне перевищення вмісту свинцю в пробах №2, №3 та № 4, що ймовірно пов'язано з хімічним складом мінеральних порід. Разом з тим, особливе занепокоєння викликає майже однакова концентрацію свинцю в пробі № 3 (колодязь) та пробі №4 (водопровідна вода), що свідчить про відсутність або недостатню якість очисних споруд джерел централізованого водопостачання у селі Бронниця.

### 3.3 Інтегральна оцінка показників якості води

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.

Екологічна оцінка є неодмінною умовою екологічного нормування якості поверхневих вод, його попереднім етапом. Тому при виконанні екологічної оцінки треба передбачати зіставлення одержаних результатів із значеннями екологічних нормативів, встановленими для даного водного об'єкта. Це необхідно для аналізу відповідності (чи невідповідності) якості вод значенням усіх тих показників, які встановлені у результаті екологічного нормування якості вод для конкретного водного об'єкту.

Методика оцінки якості води за комплексним показником – індексом забрудненості води (далі ІЗВ) – була рекомендована для використання Держкомгідрометом. Визначення індексу забруднення вод вважається найдоступнішим методом комплексної оцінки забрудненості водних об'єктів, який базується на показниках хімічного складу води [29, 30]. Розрахунок індексу забруднення можна провести лише за наявності певної кількості інгредієнтів (не менше чотирьох).

Розрахунок індексу забрудненості води (ІЗВ) відібраних нами проб здійснено за формулою:

$$ІЗВ=1/10 \sum(C_i/ГДК_i) \quad (3.1)$$

де  $C_i$  – середня концентрація одного з десяти показників якості води;  $ГДК_i$  – гранично допустима концентрація кожного з 10 показників якості води.

За величинами розрахованих ІЗВ виконується оцінка якості води. При цьому виділяються класи якості води, які наведені у таблиці 3.2:

**Таблиця 3.2 – Класи якості води за показником ІЗВ**

Класи якості води	Значення ІЗВ
I – дуже чиста	$\leq 0,3$
II – чиста	$0,3 < \text{ІЗВ} < 1$
III – помірно забруднена	$1 < \text{ІЗВ} < 2,5$
IV – забруднена	$2,5 < \text{ІЗВ} < 4$
V – брудна	$4 < \text{ІЗВ} < 6$
VI – дуже брудна	$6 < \text{ІЗВ} < 10$
VII – надзвичайно брудна	$> 10$

Результати розрахунків ІЗВ та аналіз чистоти води з досліджуваних джерел на основі отриманих даних наведено у табл. 3.3:

**Таблиця 3.3 – 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

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

Загальними рекомендаціями для зменшення забруднення вод сільськогосподарського призначення нітратами є мінімізація та обмеження застосування азотних (нітратних) добрив, у населених пунктах та поблизу джерел водопостачання, а також доцільним є застосування амідної, амонійної форм та комплексних добрив, які у більшій мірі фіксуються ґрунтом та використовуються ґрунтовою мікрофлорою, що знизить ризики потрапляння в підґрунтові води.

Для очистки централізованих джерел водопостачання необхідно встановити фільтри зворотного осмосу або йонного обміну. Доцільно проводити щоквартальний відбір проб води у вказаних джерелах з метою оцінки динаміки вмісту гідрохімічних показників по сезонах та за рік.

### **3.4 Біотестування вод**

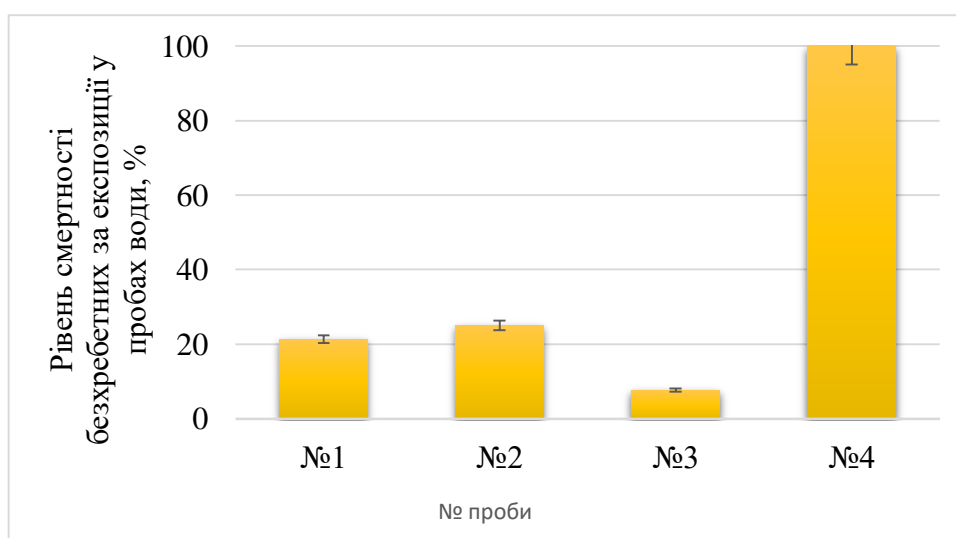
Біотестування як інтегральний метод оцінки токсичності водного середовища є засобом отримання принципово нової інформації – за станом біоти, її кількісними та якісними перетвореннями передбачають трансформації, які очікують живі організми за даного рівня забруднення.

Риби є найзручнішими тест-об'єктами моніторингу гідроекосистем. По-перше, це консументи вищих порядків, тому вони мають найвищу здатність до біоаккумуляції ксенобіотиків. По-друге, риби достатньо довгоживучі організми, відтак зміни популяційних і організменних показників дозволяють реєструвати ефекти та наслідки, обумовлені короткочасними або довготривалими хронічними впливами несприятливих умов навколишнього середовища [3, 14].

Таким чином, на першому етапі досліджень був проведений комплекс контролів щодо оцінки гострої летальної токсичності води на прісноводній рибі *Brachidanio rerio* Hamilton-Buchanan (Teleostei, Cyprinidae). За результатами досліджень в жодній з 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



У числі ключових біотичних компонентів трофічних кіл гідроекосистем знаходяться безхребетні гідробіонти – червононогі, голошкірі, губки, кишковопорожнинні, ракоподібні, які виступають харчовими елементами для риб. У якості типового об'єкту експериментальних та модельних досліджень із цієї групи організмів використовують гідру (*H. attenuata*). Враховуючи вищенаведене, нами було проведено дослідження параметрів виживання вказаних модельних видів за умови їхнього знаходження у воді досліджуваних проб. При цьому облік результатів фіксували за летальним ефектом безхребетних. Результати дослідження представлено на рис 3.5:



**Рисунок 3.5 – Оцінка виживаності безхребетних за умови експозиції у досліджуваних пробах води (n - 20x3)**

Як видно з рисунку, у пробі №3 виживаність безхребетних складала більше 90%, що входить в межі нормального розподілу, таким чином вказана проба води не викликає гострої та хронічної токсичності для безхребетних. У пробах №1 та №3 встановлено летальний ефект у діапазоні 20-25 % особин, причому смертність зростала у часовому інтервалі 72-96 годин, що свідчить про хронічну токсичність вказаних проб води для гідри – що ймовірно пов'язано з надлишковими концентраціями металів та їхньою синергічною дією. У пробі води №4 перші летальні випадки реєстрували протягом 30 хвилин з початку експерименту. Живі особини знаходилися в стадії «тюльпану» (5 балів за шкалою Вілбі), що

розглядається як критерій необоротних змін в організмі гідри [46]. Через 2 години спостерігалась 100%-на смертність тест-об'єктів.

Оскільки риби зазвичай реагують на поллютанти подібно до вищих хребетних, наприклад, ссавців [26], вони можуть бути використані для виявлення сполук, що потенційно викликають канцерогенний ефект. Утворення мікроядер та клітин з подвійними ядрами, фрагментація хромосом часто виникає в пухлинах, за вірусної інфекції, а також за дії іонізуючого опромінення та різних мутагенів. Оцінка токсичності на клітинному рівні дозволяє одержати інформацію щодо стану імунітету біоти, рівня впливу її стресових чинників [2, 40].

Саме тому було вирішено проаналізувати вплив вказаних проб на клітинному рівні за допомогою мікроядерного тесту. Дослідження генотоксичності проводилося паралельно з тестами на токсичність, тобто досліджували кров риб, експонованих в досліджених пробах.

**Таблиця 3.4 – Оцінка генотоксичності вказаних проб води**

Найменування показника	Результати вимірювань				Вимоги НД
	№1	№2	№3	№4	ДСТУ 7387:2013
Генотоксичність на клітинах крові риби Даніо реріо ( <i>Brachydanio rerio</i> Hamilton-Buchanan), %	0	0	0,33	0,66	0,33

Отже, за утримування риб в пробах №1 та №2 еритроцити риб не мали хромосомних аберацій – мікроядер та подвійних ядер не було зафіксовано.

За експозиції у пробі №3 реєстрували поодинокі еритроцити крові риб з мікроядрами, разом з тим, цитоплазма була близькою до норми, тобто утримування риб у пробі №3 не викликало стресових змін у риб.

За утримування тест-об'єктів у пробі №4 зміни на клітинному рівні перевищували нормативні показники згідно ДСТУ 7387:2013 Зустрічалася значна кількість еритроцитів з мікроядрами та подвійними ядрами, у цитоплазмі клітин збільшився розмір вакуолі. Серед клітинних аномалій найчастіше зустрічалися клітини з мікроядрами, подвійними ядрами та зруйнованими ядрами (Рисунок 3.6)

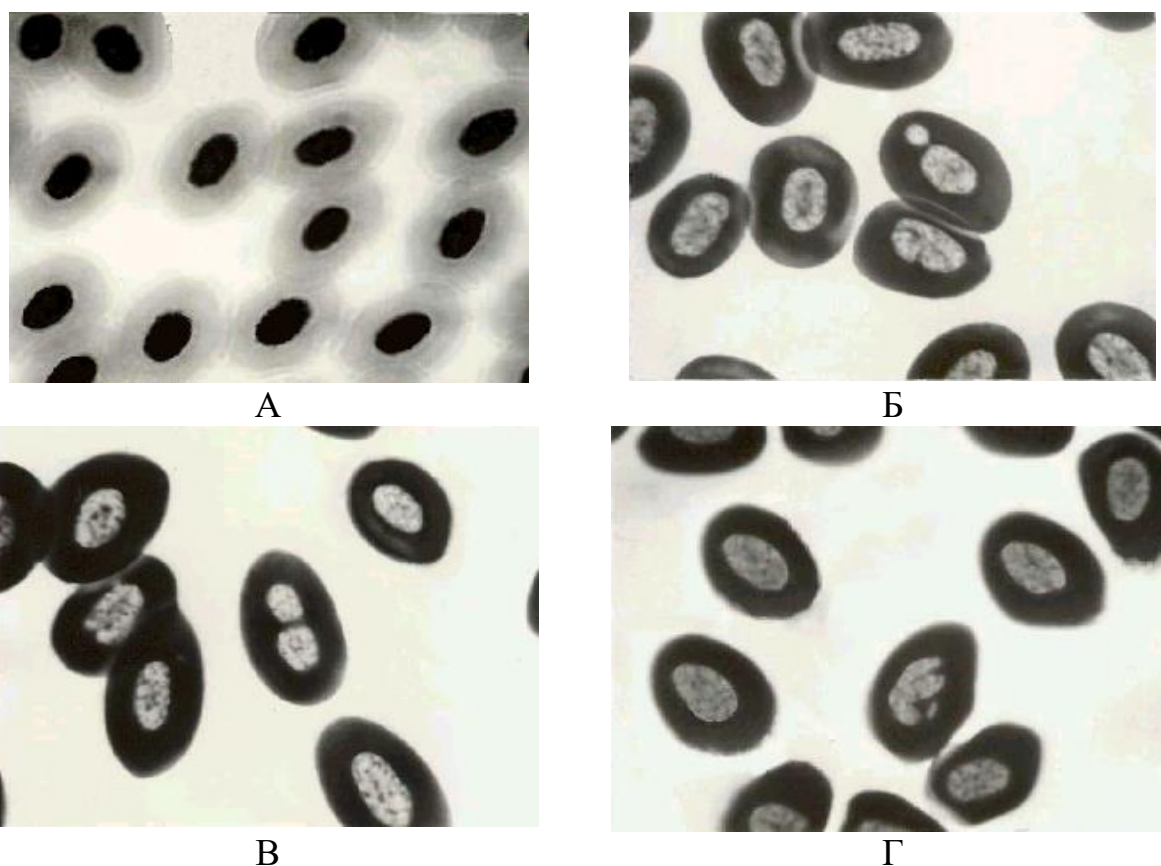


Рисунок 3.6 – Результати мікроядерного тесту на крові риб (А – контроль, Б – клітини з мікроядрами, В – клітини з подвійними ядрами, Г-клітини зі зруйнованими ядрами)

Незважаючи на те, що проба № 4 за результатами оцінки гідрохімічних показників характеризувалася найменшим рівнем забруднення, результати біотестування свідчать про те, що, ймовірно, дана вода за надходження в централізовані розподільчі мережі обробляється реагентами, які є токсичними для живих організмів; таким чином, вона не може бути використана для задоволення питних та побутових потреб.

## ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Встановлено, що в якості найбільш індикативних параметрів забруднення джерел водопостачання вказаного району можна вважати показники твердості, вмісту кадмію, свинцю, нітратів.

2. Визначено підвищений вміст важких металів в досліджуваних пробах, що, ймовірно, обумовлено як специфічним хімічним складом мінеральних порід, так і напрямом фільтрації гнойових стоків колишньої тваринницької ферми до водоносних горизонтів.

3. Жодне джерело за індексом забруднення води не відносилось до категорії «чиста вода»; таким чином, рівень антропогенного навантаження на даній території досяг рівня межі стійкості екосистем.

4. Виконані експериментальні контролі щодо біотестування вод свідчать, що проби води, які за гідрохімічним аналізом та у гострих дослідах (на летальність) виявляли відносну безпечність та не спричинювали явних морфологічних змін, проявляють хронічну токсичність для безхребетних.

5. Визначено, що джерело централізованого водопостачання, характеризується гострою токсичністю та призводить до клітинних змін у живих організмах – таким чином не може розглядатися у якості адекватної альтернативи для задоволення питних і побутових потреб місцевого населення.

6. 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 біохімічного очищення стічних вод пропонується проектування та будівництво біологічних фільтрів й аеротенків. Для очистки централізованих джерел водопостачання необхідно встановити фільтри зворотного осмосу або йонного обміну.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Александрова В. В. Применение метода биотестирования в анализе токсичности природных и сточных вод : (на примере Нижневартовского района Тюменской области) / В. В. Александрова. – Нижневартовск : Изд-во Нижневартовского гос. гуманитарного ун-та, 2009. – 92 с.
2. Архипчук В. В. Биотестирование качества воды на клеточном уровне / В. В. Архипчук, В. В. Гончарук // Химия и технология воды. – 2001. – Т. 23, № 5. – С. 531–544.
3. Брагінський Л. П. Гідроекологічна токсикометрія та біоіндикація забруднень: Теорія, методи, практика використання / [за ред. І. Т. Олексіва, Л. П. Брагінського]. – Львів : Світ, 1995. – 440 с.
4. Вода питьевая. Метод определения общей жесткости : ГОСТ 4151-72. – [Чинний від 1974-01-01]. — М. : Издательство стандартов, 1994. – 8 с.
5. Вода питьевая. Метод определения содержания сухого остатка: ГОСТ 18164-72. – [Чинний від 1974-01-01]. — М. : Издательство стандартов, 2003. — 4 с.
6. Вода питьевая. Методы измерения массовой концентрации общего железа: ГОСТ 4011-72. – [Чинний від 1974-01-01]. — М. : Стандартинформ, 2008. – 8 с.
7. Вода питьевая. Методы определения содержания нитратов: ГОСТ 18826-73. – [Чинний від 1974-01-01]. — М. : Издательство стандартов, 2003. – 6 с.
8. Вода питьевая. Методы определения содержания хлоридов: ГОСТ 4245-72. – [Чинний від 1974-01-01]. — М. : Издательство стандартов, 1983. – 5 с.
9. Водоснабжение и водоотведение: уч. пос. / ред. Воронов Ю. В., Ивчатов А. Л. Москва: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2008. 487 с.

10. Воды минеральные питьевые лечебные, лечебно-столовые и природные столовые. Метод определения перманганатной окисляемости: ГОСТ 23268.12-78. – [Чинний від 1980-01-01]. — М. : Издательство стандартов, 1983. — 4 с.
11. Воды минеральные питьевые лечебные, лечебно-столовые и природные столовые. Методы определения ионов кальция и магния: ГОСТ 23268.5-78. – [Чинний від 1980-01-01]. — М. : Издательство стандартов, 1983. — 15 с.
12. Гайнріх Д., Гергт М. Екологія :dtv – Atlas : Пер. з 4 – го нім. вид. – К.: Знання – Прес, 2001. – 278 с.:іл..
13. Галімова В. М. Оцінка стану забруднення природно-антропогенних екосистем за вмістом свинцю, міді, цинку, кадмію : автореф. дис. ... канд. хім. наук : спец. 21.06.01 “Екологічна безпека”/ В. М. Галімова. - К., 2011. - 20 с.
14. Гандзюра В. П. Продуктивність біосистем у токсичному середовищі : автореф. дис.. на здобуття вченого ступеня д-ра біол. наук : спец. 03.00.16 “Екологія” / Володимир Петрович Гандзюра. – Чернівці, 2004. – 36 с.
15. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. Наук. збірник \ Відп. Редактор – В.К. Хільчевський. – К.: Ніка – Центр, 2001. – Том.2 – 872 с.
16. ДСанПіН 2.2.4-171-10 (ДСанПіН 2.2.4-400-10). Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною: затверджено Наказом Міністерства охорони здоров'я України № 400 від 12.05.2010; введено в дію 16.07.2010. – К., 2010.
17. Дуднік С. В. Водна токсикологія: основні теоретичні положення та їхнє практичне застосування : монографія / С. В. Дуднік, М. Ю. Євтушенко. – К. : Видавництво фітосоціологічного центру, 2013 – 295 с.
18. Єфремова О. О. Біотестування питної води у моніторингу стану екологічної безпеки : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 21.06.01 “Екологічна безпека” / О. О. Єфремова. – Київ, 2009. – 22 с.

19. Іванець О. Р. Еколого-морфологічна характеристика роду *Daphnia O. F. Muller, 1785 (Crustacea, Cladocera)* Українського Розточчя / О. Р. Іванець // Біологічні студії. – 2014. – т. 8, № 2. – С. 169–186.
20. Костюшин В.А., Василюк О.В., Коломицев Г.О. Індикативна схема екологічної мережі басейну р. Південний Буг та методичні підходи до створення національної екомережі України [Текст]/В.А. Костюшин, О.В. Василюк, Г.О. Коломицев. – К., 2011. – 28 с.
21. Лесников Л. А. Сравнение различных методик проведения воднотоксикологических экспериментов / Л. А. Лесников // Изв. НИОРХ. – 1976. – С. 3-7.
22. Линник Р. П. Методы исследования сосуществующих форм металлов в природных водах / Р. П. Линник, П. Н. Линник, О. А. Запорожец // Методы и объекты химического анализа. – 2006. – Т. 1, № 1. – С. 4–26.
23. Накорчевська В.Ф. Хімія води / В.Ф. Накорчевська. – К.: ІСДО, 1993. –108 с.
24. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2014 році. – К.: Міністерство екології та природних ресурсів України, ФОП Грінь Д.С. – 2016. – 350 с.
25. Патин С. А. Влияние загрязнения на биологические ресурсы и продуктивность Мирового океана / Станислав Патин – М. : Пищ. пром-сть, 1979. – 304 с.
26. Патин С. А. Нефть и экология континентального шельфа / С. А. Патин. – М. : Изд-во ВНИРО, 2001. – 247 с.
27. Походило Є., Гонсьор О. Контроль якості питної води за електричними параметрами // Вимірювальна техніка та метрологія. – 2008. – № 68. – С. 237–242.
28. Прокопов В. О. Питна вода України: медико-екологічні та санітарно-гігієнічні аспекти. Київ: Медицина, 2016. – 400 с.
29. Сніжко С.І. Оцінка та прогнозування якості природних вод : Підручник. – К.: Ніка – Центр, 2001. – 264 с.: іл.

30. Хільчевський В.К. Водопостачання і водовідведення. Гідроекологічні аспекти.: ВЦ “Київський університет”, К. - 1999. – 319 с.
31. Черкашин, С. А. Использование показателей смертности предличинок морских рыб для оценки токсичности цинка и свинца / С. А. Черкашин, М. В. Никифоров, В. А. Шелехов // Биол. моря. – 2004. – № 3. – С. 247-252.
32. Шевченко О., Власюк О., Ставчук І., Ваколюк М., Ілляш М., Рожкова А. Оцінка вразливості до зміни клімату: Україна. [Науково-методичне дослідження]. – К.: НЕЦУ, – 2014.- 72 с.
33. Щербань Э. П. Биотестирование токсичности водной среды, содержащей ионы  $\text{Cu}^{2+}$  и гуминовые кислоты / Э. П. Щербань, П. Н. Линник, Т. А. Васильчук // Гидробиологический журнал. – 2002. – Т. 38, № 4 – С. 70–86.
34. Якість води. Визначання гострої летальної токсичності на *Daphnia magna* Straus та *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg (Cladocera, Crustacea) (ISO 6341:1996, MOD) : ДСТУ 4173-2003 / А. Крайнюкова (розроб.). – К. : Держспоживстандарт України, 2004. – IV, 18 с.
35. Якість води. Визначання сублетальної та хронічної токсичності хімічних речовин та води на *Daphnia magna* Straus і *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg (Cladocera, Crustacea) (ISO 1076:2000, MOD) : ДСТУ 4174-2003 / А. Крайнюкова (розроб.). – К. : Держспоживстандарт України, 2004. – IV, 22 с.
36. Якість води. Визначання рН (ISO 10523:1994, MOD) : ДСТУ 4077-2001. — [Чинний від 2003-07-01]. — К. : Державний комітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики, 2003.— 16 с.
37. Якість води. Відбирання проб. Частина 1. Настанови щодо проекту програм відбирання проб : ДСТУ ISO 5667-1–2003 — ISO 5667-1:1980, IDT.— [Чинний від 2004-07-01]. — К. : Держспоживстандарт України, 2003. — 22 с
38. Damania, R., Desbureaux, S., Rodella, A.-S., Russ, J., & Zaveri, E. (2019). Quality Unknown: The Invisible Water Crisis. Quality Unknown: The Invisible Water Crisis. The World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1459-4>



39. “WWAP (UNESCO World Water Assessment Programme). 2019. The United Nations World Water Development Report 2019: Leaving No One Behind. Paris, UNESCO”<https://en.unesco.org/themes/watersecurity/wwap/wwdr/2019#download>
40. Haffter P. The identification of genes with unique and essential functions in the development of the zebrafish, *Danio rerio* / [Haffter P., Granato M., Brand M. et al.] // *Development*. – 1996. – № 123. – P. 1–36.
41. Anderson B. G. The Apparent Thresholds of Toxicity to *Daphnia Magna* for Chlorides of Various Metals When Added to Lake Erie / B. G. Anderson // *Water Transactions of the American Fisheries Society*. – 1950. – V. 78, issue 1. – P. 96-113.
42. Dave G. Effects of waterborne iron on growth, reproduction, survival and haemoglobin in *Daphnia magna* / G. Dave // *Comparative biochemistry and Physiology C*. – 1984. – № 78(2). – P. 433–438.
43. Hill A. Zebrafish as a Model Vertebrate for Investigating Chemical Toxicity / A. Hill, J. Teraoka, H. Heideman // *Toxicological Sciences*. – 2005. – Vol. 86. – P. 6–19.
44. His A. A simplification the bivalve embryogenesis and larval development bioassay method for water quality assessment / E. His, M. N. L. Seaman, R. Beiras // *Water Research*. – 2007. – Vol. 31, issue 2. – P. 351–355.
45. Holdway D. A. The acute and chronic toxicity of cadmium and zinc to two hydra species / D. A. Holdway, K. Lok, M. Semaan // *Environmental Toxicology, Special issue: 5-th International Conference on Toxic Cyanobacteria*. – 2001. – Vol. 16, issue 6. – P. 557–565.
46. ISO 6341:2012. Acute toxicity test. – Geneva, 2012. – 22 p. – (International standart).
47. Pollino C. A. Potential of two hydra species as standard toxicity test animals / C. A. Pollino, D. A. Holdway // *Ecotoxicology and environmental safety*. – 1999. – № 43(3). – P. 309–316.

48. Postnov I. E. Bioassay techniques: Problems concerning the selectivity and sensitivity of determining biologically active substances / I. E. Postnov, A. A. Tumanov // *Journal of Analytical Chemistry*. – 2000. – Vol. 55, issue 2. – P. 188–190.
49. Quinn B. Hydra, a model system for environmental studies / B. Quinn, F. Gagné, C. Blaise // *The International Journal of Developmental Biology*. – 2012. – № 56. – P. 613-625.
50. Sparks Donald L. *Environmental Soil Chemistry*. - New York: Acad. Press, 1995. – 467 p.
51. Water quality. Determination of the inhibition of the mobility of *Daphnia magna* Straus (Cladocera, Crustacea)

## ДОДАТКИ





## **ПЕРСПЕКТИВИ МАЙБУТНЬОГО ТА РЕАЛІЇ СЬОГОДЕННЯ В ТЕХНОЛОГІЯХ ВОДОПІДГОТОВКИ**

*Матеріали III Міжнародної  
науково-практичної конференції*

*КИЇВ 2019*

*МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ*

*НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ*

**ПЕРСПЕКТИВИ МАЙБУТНЬОГО ТА  
РЕАЛІЇ СЬОГОДЕННЯ В ТЕХНОЛОГІЯХ  
ВОДОПІДГОТОВКИ**

*Матеріали III Міжнародної  
науково- практичної конференції*

*14-15 листопада 2019 р.*

Київ НУХТ 2019

УДК 628.1

**Перспективи майбутнього та реалії сьогодення в технологіях водопідготовки:**  
Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 14-15 листопада  
2019 р. — К.: НУХТ, 2019. — 211 с.

ISBN 978-966-612-231-8

Подано сучасні підходи до вирішення питань технології підготовки питної води. Означено актуальні питання впливу фізико-хімічних властивостей води на процеси водопідготовки, інноваційні підходи до вирішення проблем якості та безпечності питної води, підвищення ефективності процесів її підготовки. Розглянуто аспекти водопідготовки у харчових виробництвах.

**Редакційна колегія:**

*д-р техн. наук, проф. А.І. Українець, д-р техн. наук, проф. О.Ю. Шевченко,  
д-р техн. наук, проф. Н.А. Гусятинська,  
А.Д. Авраменко (відповідальний секретар)*

*Рекомендовано Вченою радою НУХТ  
Протокол №3 від 31 жовтня 2019 р.*

**Видано в авторській редакції**

ISBN 978-966-612-231-8

©НУХТ, 2019

<b>Секція 8. Еколого-економічні аспекти раціонального водокористування.....</b>	<b>163</b>
<b>81. ANALIZA PERYFITONU I FITOPLANKTONU JEZIORA TURAWSKIEGO</b>	
<b>THE ANALYSIS OF PERIPHYTON AND PHYTOPLANKTON IN THE TURAWA LAKE</b>	
<b>Mirosław BĄK, Małgorzata OSTROWSKA</b>	
<i>Uniwersytet Opolski, Polska.....</i>	<b>164</b>
<b>82. ANALYSIS OF MINERAL VITAMIN COMPOSITION OF FUNCTIONAL WATER</b>	
Anatoly Batyan <sup>1</sup> , Vladimir Litvyak <sup>2</sup> , Vyacheslav Kravchenko <sup>1</sup> , Viktor Lemiasheuski <sup>1</sup> , Elena Khrustalyova <sup>1</sup>	
<sup>1</sup> <i>International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, 220070, Republic of Belarus, Minsk, st. Dolgobrodskaya, 23/1</i>	
<sup>2</sup> <i>Republican Unitary Enterprise "Scientific and Practical Center for foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus, Republic of Belarus, Minsk, ul. Kozlova, 29.....</i>	<b>165</b>
<b>83. RESEARCH OF THE MINERAL COMPOSITION OF THE ENRICHED WATER-SOLUBLE MINERALS OF STRUCTURED WATER</b>	
Anatoly Batyan <sup>1</sup> , Vladimir Litvyak <sup>2</sup> , Vyacheslav Kravchenko <sup>1</sup> , Elena Khrustalyova <sup>1</sup>	
<sup>1</sup> <i>International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, 220070, Republic of Belarus, Minsk, st. Dolgobrodskaya, 23/1</i>	
<sup>2</sup> <i>Republican Unitary Enterprise «Scientific and Practical Center for foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus», Republic of Belarus, Minsk, ul. Kozlova, 29.....</i>	<b>167</b>
<b>84. EKONOMICZNE ASPEKTY ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU WYKORZYSTANIA WODY – BEZPIECZEŃSTWO, LOGISTYKA, TURYSTYKA – PROGRAM NOWEJ POLITYKI PRZEMYSŁOWEJ</b>	
<b>Marek Niemczyk</b>	
<i>Prezes Stowarzyszenia Podatników w Polsce.....</i>	<b>170</b>
<b>85. WATER SECURITY IN EMERGING MARKETS</b>	
<b>Zakhar Maletskyi<sup>1*</sup></b>	
<sup>1</sup> <i>Norwegian University of Life Sciences (NMBU), Faculty of Science &amp; Technology (REALTEK), Drobakveien 31, Ås, Norway.....</i>	<b>173</b>
<b>86. ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНОГО ХАРАКТЕРУ КАРБОНАТНО – КАЛЬЦЕВОЇ РІВНОВАГИ ПІДЗЕМНИХ ВОД КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ</b>	
<b>Богатиренко Вікторія Альфредівна, Калінін Ігор Васильович, Біленко Марина Анатоліївна</b>	
<i>Національний педагогічний університет імені М. П. Драгоманова, м. Київ.....</i>	<b>176</b>
<b>87. ВОДА ЯК СТРАТЕГІЧНИЙ ЗАПАС ДЕРЖАВИ УКРАЇНИ</b>	
<b>Юрій Заїка</b>	
<i>Український науково-дослідний інститут «Ресурс».....</i>	<b>180</b>
<b>88. РАЦІОНАЛЬНЕ ВОДОКОРИСТУВАННЯ ЯК ЧИННИК ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ НАТУРАЛЬНИХ ШКІР У ВИРОБНИЦТВІ</b>	
<b>Юлія Клочай, Поліна Ребрикова, Олена Мокроусова</b>	
<i>Київський національний університет технологій та дизайну.....</i>	<b>181</b>
<b>89. ІНТЕГРАЛЬНА ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОД МОГИЛІВ-ПОДІЛЬСЬКОГО РАЙОНУ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ</b>	
<i>Національний університет біоресурсів і природокористування України.....</i>	<b>184</b>
<b>90. MODERN TRENDS IN PHOSPHORUS REMOVAL IN WASTEWATER TREATMENT</b>	
<b>Anna Ozhynska, Marta Litynska, Natallia Tolstopalova</b>	
<i>National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute».....</i>	<b>185</b>

## ІНТЕГРАЛЬНА ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОД МОГИЛІВ-ПОДІЛЬСЬКОГО РАЙОНУ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Екологічна оцінка є неодмінною умовою екологічного нормування якості поверхневих вод. Тому при виконанні екологічної оцінки необхідно передбачати зіставлення одержаних результатів із значеннями екологічних нормативів, встановленими для даного водного об'єкта. Це необхідно для аналізу відповідності (чи невідповідності) якості вод значенням усіх тих показників, які встановлені у результаті екологічного нормування якості вод для конкретного водного об'єкту.

Для екологічної оцінки якості води були відібрані проби з різних джерел водопостачання Могилів-Подільського району Вінницької області. Вибір даної території був обумовлений тим, що, по-перше, саме в Вінницькій області склалася одна з найкритичніших ситуацій щодо якості води, оскільки за даними щорічної доповіді про стан навколишнього середовища [1], з 6879 відібраних проб децентралізованого водопостачання 32,3% не відповідають санітарно-гігієнічним нормативам. По-друге, 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.

Для екологічної оцінки якості води обрано наступні джерела водопостачання:

Проба № 1 – каптажне джерело в с. Григорівка, глибиною 5 м, джерело знаходиться на еталонній ділянці. Рельєф місцевості (невеликий схил) обумовив стікання води з вказаного джерела у відстійники для напування ВРХ; з цієї метою вода використовувалася до початку 2000-х років (координати точки відбору – 48.419680, 27.945274).

Проба № 2 – колодязь в селі Садківці, глибиною 8 м, використовується для задоволення побутових та питних потреб. На відстані 10 м від джерела знаходяться багаторічні насадження плодкових дерев (координати точки відбору – 48.389731, 27.910490).

Проба № 3 – колодязь в селі Бронниця, глибиною 10 м, використовується 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 централізованого водопостачання села Бронниця (координати точки відбору – 48.401054, 27.889304).

Методика оцінки якості води за комплексним показником – індексом забрудненості води (далі ІЗВ) – була рекомендована для використання Держкомгідрометом. Визначення індексу забруднення вод вважається найдоступнішим методом комплексної оцінки забрудненості водних об'єктів, який базується на показниках хімічного складу води [2]. Розрахунок ІЗВ відібраних нами проб здійснено за формулою:

$$ІЗВ = 1/10 \sum (C_i / ГДК_i)$$

де  $C_i$  – середня концентрація одного з десяти показників якості води;  $ГДК_i$  – гранично допустима концентрація кожного з 10 показників якості води (твердість загальна, окисність перманганатна, вміст хлоридів, сульфатів, нітратів, заліза, кадмію, свинцю, цинку, міді)

Результати розрахунків ІЗВ та аналіз чистоти води з досліджуваних джерел на основі отриманих даних наведено у табл. 1:



Таблиця 1 – Індекс забруднення води та категорії її чистоти:

Номер проби	ІЗВ	Характеристика якості води	Клас якості води
1	4,41	Брудна	V
2	3,97	Забруднена	IV
3	6,41	Дуже брудна	VI
4	3,81	Забруднена	IV

Отже, за величиною ІЗВ, вода з усіх джерел є непридатною як для питних цілей, так і для господарсько-побутових потреб.

Загальними рекомендаціями для зменшення забруднення вод сільськогосподарського призначення є мінімізація та обмеження застосування азотних (нітратних) добрив, у населених пунктах та поблизу джерел водопостачання, а також доцільним є застосування амідної, амонійної форм та комплексних добрив, які у більшій мірі фіксуються ґрунтом та використовуються ґрунтовою мікрофлорою, що знизить ризики потрапляння в підґрунтові води. Для очистки централізованих джерел водопостачання необхідно встановити фільтри зворотного осмосу або йонного обміну. Доцільно проводити щоквартальний відбір проб води у вказаних джерелах з метою оцінки динаміки вмісту гідрохімічних показників по сезонах та за рік.

**Список використаних джерел:**

1. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2016 році. – К.: Міністерство екології та природних ресурсів України, ФОП Грінв Д.С. – 2017. – 350 с.
2. Сніжко С.І. Оцінка та прогнозування якості природних вод : Підручник. – К.: Ніка – Центр, 2001. – 264 с.: іл.
3. Хільчевський В.К. Водопостачання і водовідведення. Гідроекологічні аспекти.: ВЦ "Київський університет", К. - 1999. – 319 с.

**MODERN TRENDS IN PHOSPHORUS REMOVAL IN WASTEWATER TREATMENT**

**Anna Ozhynska, Marta Litynska, Natallia Tolstopalova**

*National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»*

Phosphates are compounds of various metals and phosphoric acid. They have a wide range of applications, for example in the food industry, in detergents (to reduce water hardness, for fuller use of surfactants), in fertilizers, and so on. But they also have a negative impact on the environment. Since phosphates are the nutrients for the growth of many plants, they will cause eutrophication. Due to the action of phosphates, surfactants are delayed in tissues for a long time, sometimes causing allergies. That is why the use of phosphates should be restricted. Possible ways of removal of phosphates are coagulation, adsorption and biological treatment.

During chemical treatment of wastewater, the reagent ions interact with soluble salts of the orthophosphate acid, thus creating highly dispersed colloid phosphate sediment. Meanwhile, the chemical reacts with water-borne bases to produce large-flake sediment. This sediment triggers coagulation of the high-dispersion colloid phosphate sediment and suspension, it also adsorbs some of the phosphorus-bearing organic compounds, and then it is withdrawn from the system. Salts of two- and three-valent metals are used as reagents. The practice of wastewater treatment widely uses