

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет плодоовочівництва, екології та захисту рослин
Кафедра екології та безпеки життєдіяльності

Допущено до захисту
«___»_____2025 року
Зав. кафедри, к. с.-г. н., доцент
_____Ольга ВАСИЛЕНКО

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Тема роботи: **«ОЦІНКА ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ УМАНСЬКОЇ ОТГ ЗА
РЕЗУЛЬТАТАМИ РОСТОВОГО ТЕСТУ: ПОРІВНЯННЯ
ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТА НЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ»**

Виконав (ла) – студент (ка) 4 курсу, групи 41-з-ек
Освітньої програми Екологія
Спеціальності Е2 «Екологія»
Щелкунова Наталія Олександрівна

Керівник - ГНАТЮК Наталія, к. б. н., доцент

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ТОКСИКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ: СУЧАСНІ ВИКЛИКИ ТА МЕТОДИ ОЦІНКИ	9
1.1. Актуальні аспекти оцінки токсичності та безпеки питної води.	9
1.2. Якість питної води в Уманській ОТГ за даними державного лабораторного контролю	13
РОЗДІЛ 2. УМОВИ, ОБ’ЄКТИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	16
2.1. Структура та методика дослідження якості питної води з джерел централізованого та нецентралізованого водопостачання в місті Умань	16
2.2. Методика проведення досліджень	17
2.2.1. Процес відбору проб води для біологічних досліджень токсичності	17
2.2.2. Критерії вибору тестової рослини для визначення фітотоксичності.	21
2.3 Біотестування якості води методом ростового тесту	22
РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ М. УМАНЬ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ РОСТОВОГО ТЕСТУ	
3.1. Енергетичний потенціал проростання насіння у досліджуваних умовах	26
3.2. Аналіз якості води з джерел нецентралізованого водопостачання	29
3.3. Кількісна та якісна характеристика води у системах централізованого водопостачання.	34
3.4. Кількісна та якісна характеристика води у системах централізованого водопостачання	

ВИСНОВКИ

РЕКОМЕНДАЦІЇ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Якість питної води є однією з найважливіших проблем XXI століття, адже вода завжди була незамінним природним ресурсом для людства. В Україні ця проблема залишається надзвичайно гострою та актуальною. Країна має обмежені запаси води, які можна використовувати, і з кожним роком ситуація погіршується. Це зумовлено впливом діяльності людини та кліматичними змінами.

Нераціональне використання водних ресурсів і забруднення основних джерел питної води через господарську діяльність створюють серйозну загрозу. Забруднені речовини, потрапляючи у водойми, погіршують якість води, придатної для споживання. Питна вода не може самостійно очиститися – для розкладання забруднювальних речовин потрібен тривалий час.

Оцінка якості питної води має велике значення, адже від її стану залежить здоров'я людей. Крім хімічного аналізу, важливо проводити токсикологічну оцінку, яка базується на методі біоіндикації. Цей метод дозволяє визначити рівень антропогенного впливу на водні екосистеми.

Метод біоіндикації має низку переваг над технічними приладами: він є недорогим, рослини швидко ростуть і демонструють чітку реакцію на вплив зовнішніх факторів. У біотестуванні ключовим критерієм оцінки забруднення виступає реакція живих організмів на дію шкідливих речовин.

Мета і завдання досліджень.

Метою досліджень є оцінка якості питної води джерел централізованого і нецентралізованого водопостачання в місті Умань за допомогою ростового тесту. Цей підхід передбачає використання біологічних індикаторів для визначення рівня забруднення та якості води. Ростовий тест дозволяє оцінити вплив забруднювальних речовин на живі організми, що є важливим для забезпечення безпеки питної води для населення міста.

Об'єкт дослідження є стан якості питної води в місті Умань.

Предметом дослідження є фітотоксичні властивості води, визначені за допомогою ростового тесту.

Методи дослідження. У ході дослідження було застосовано методи спостереження, експериментального аналізу та порівняння. Для оцінки якості питної

води в місті Умань відібрано 10 зразків з різних районів міста. Фітотоксичність зразків визначалася за допомогою ростового тесту із використанням злакової культури **Triticum L.** (пшениця) як тест-об'єкта.

Наукова новизна роботи. Уперше здійснено комплексне дослідження проб питної води, відібраних із різних джерел міста Умань, із застосуванням ростового тесту як індикатора фітотоксичності. Застосування цього підходу дозволило отримати нові дані щодо екотоксикологічного стану водних зразків та виявити просторові відмінності у рівні забруднення питної води на території міста.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що отримані результати дозволяють здійснити обґрунтовану оцінку якості питної води, відібраної з джерел водопостачання м. Умань, та є загальнодоступними для подальшого використання. Матеріали кваліфікаційної роботи можуть бути використані під час проведення практичних, лабораторних та факультативних занять з екологічних дисциплін в Уманському національному університеті садівництва та інших закладах вищої освіти екологічного спрямування.

Апробація результатів дослідження. Основні положення і результати досліджень у 2025 році апробовані на наукових семінарах і представлені на конференціях, зокрема:

Структура роботи: Кваліфікаційна робота складається із змісту, вступу, 3 розділів, висновків, пропозицій, списку використаних джерел (41 найменування). Основний текст містить 14 рисунків та 1 таблицю. Текст роботи викладений на 38 сторінках.

РОЗДІЛ 1

ТОКСИКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ: СУЧАСНІ ВИКЛИКИ ТА МЕТОДИ ОЦІНКИ

1.1. Актуальні аспекти оцінки токсичності та безпеки питної води.

За даними Програми ООН з навколишнього середовища, у природі, включаючи гідросферу, присутні понад 70 тис. хімічних речовин, що постійно піддаються біологічним і хімічним перетворенням, вступаючи в складні взаємодії одна з одною [1]. Частина з них має виражену токсичну дію на водні екосистеми, посилюючи або пригнічуючи ефекти інших забруднювачів, що часто призводить до синергічного або антагоністичного впливу [2].

Інтенсивна господарська діяльність людини зумовила критичне перевантаження водного середовища ксенобіотичними речовинами – сполуками, не характерними для природного кругообігу. У ряді регіонів світу процеси природного самоочищення гідросфери вже не справляються з антропогенним навантаженням [3]. Особливу тривогу викликає накопичення у воді важких металів, стійких органічних забруднювачів (POPs), фармацевтичних залишків та мікропластику, які чинять хронічну токсичну дію на водну біоту і в деяких випадках виявляються у питній воді [4; 5].

Однією з основних проблем, що стоїть перед людством на сучасному етапі розвитку, є забезпечення якісною питною водою. Це питання безпосередньо пов'язане з рівнем здоров'я населення, якістю життя та екологічною чистотою продуктів харчування [6]. Людський організм на 60 % складається з води, причому мозок містить до 80 % води, кров – 80 %, м'язи – понад 70 %, а кістки – 20 %. Усі біохімічні процеси в організмі відбуваються за участю води, що робить її життєво важливою для нормального функціонування організму [7].

Забезпечення якісною водою необхідне для підтримки здоров'я, однак вона може бути як корисною, так і шкідливою залежно від її складу. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), близько 80 % усіх інфекційних захворювань передаються через воду [8]. Щороку мільйони людей помирають від захворювань, що спричинені вживанням забрудненої води. Однією з головних загроз є зменшення кількості чистої, придатної для споживання води на планеті, при одночасному зростанні обсягів її споживання [9; 10].

Водні ресурси відіграють ключову роль у забезпеченні життєдіяльності населення, розвитку промисловості, сільського господарства та збереження довкілля. В Україні джерелами питного водопостачання є як поверхневі, так і підземні води, однак їх якість викликає серйозне занепокоєння через постійне зростання антропогенного навантаження. Поверхневі води — це переважно річки Дніпро, Дністер, Сіверський Донець, Південний Буг, з яких отримують понад 70 % об'ємів питної води [12]. У свою чергу, підземні води становлять важливий резервуар, який постачає воду переважно для сільських населених пунктів і забезпечує близько 20–30 % потреб у питному водопостачанні [11].

Унікальність підземних вод полягає в тому, що вони краще захищені від прямого забруднення, однак під дією господарської діяльності та природних умов все ж можуть втрачати свою якість. Так, у деяких регіонах України вміст заліза, марганцю, сульфатів, хлоридів та загальна мінералізація у підземних водах перевищує встановлені гігієнічні нормативи [13]. Окрім того, значну частку становить жорсткість води, яка негативно впливає на побутову техніку та здоров'я людей при тривалому споживанні. Причинами незадовільного стану водопровідних систем є застаріле обладнання, відсутність сучасних очисних споруд, неврегульоване водокористування та відсутність санітарно-захисних зон навколо джерел водозабору.

У 2024 році Держпродспоживслужба повідомила, що з 272 000 лабораторних досліджень питної води 4 % проб не відповідали нормативам за мікробіологічними показниками, а 6,2 % — за санітарно-хімічними. Найбільш поширеними проблемами є забруднення нітратами, залишками хлору, підвищена мутність, вміст амонійного азоту та жорсткість [3]. Ці показники прямо пов'язані із джерелами забруднення, серед яких виділяють стічні води промислових підприємств, неочищені господарсько-побутові стоки, застосування мінеральних добрив і пестицидів у сільському господарстві.

Місто Умань, що розташоване в центральній частині України, має змішану систему водопостачання. Основним джерелом водопостачання є річка Рось, яка є притокою Дніпра. Також використовуються підземні водозабори — Піківецький та Олександрівський, з яких вода подається споживачам через мережу комунального підприємства «Уманьводоканал». У 2024 році було проведено низку моніторингових досліджень якості води у місті Умань. Згідно з офіційними даними Черкаського

обласного центру контролю та профілактики хвороб, із 151 проби води, відібраної на відповідність санітарно-хімічним показникам, жодна не виявила відхилень від нормативів. Подібні результати отримано й за бактеріологічними дослідженнями [14]. Це свідчить про стабільний контроль з боку органів влади, хоча в деяких районах міста мешканці скаржаться на неприємний запах та смак води, що може бути результатом локального забруднення або зношення трубопроводів [15].

Додаткову загрозу для якості питної води становлять випадки техногенних аварій, що супроводжуються викидами небезпечних хімічних речовин у довкілля. Особливо небезпечні аварії на підприємствах паливної та хімічної промисловості, що можуть призводити до потрапляння у водне середовище важких металів, фенолів, радіоактивних елементів [11]. Радіаційне забруднення підземних та поверхневих вод внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС у 1986 році досі має наслідки, особливо на півночі країни.

Оцінка якості питної води неможлива без залучення біоіндикаційних методів. Використання рослин як тест-об'єктів дозволяє швидко і наочно оцінити фітотоксичність води. Біотестування, наприклад, із застосуванням насіння люцерни, ріпи чи гірчиці, дає змогу встановити вплив хімічних речовин на життєздатність та ріст рослин. Ці методи мають високу чутливість і відображають інтегральний ефект забруднення, що не завжди виявляється при класичному хімічному аналізі [11].

У сучасних умовах забезпечення населення України, зокрема Умані, якісною питною водою потребує системного підходу: від модернізації водоочисних споруд і розширення моніторингу до створення ефективної системи управління водними ресурсами та впровадження просвітницьких кампаній серед населення. Такі дії сприятимуть не лише покращенню якості води, а й збереженню здоров'я нації

1United Nations Environment Programme. Chemicals and Waste Management Programme. – Nairobi : UNEP, 2021. – 88 с. – Режим доступу: <https://www.unep.org/resources/report/chemicals-and-waste-management>

2. Kümmerer K., Dionysiou D.D., Olsson O., Fatta-Kassinos D. A path to clean water. – *Science*. – 2020. – Vol. 361, no. 6399. – P. 222–224.

3. Всесвітня організація охорони здоров'я. Глобальний огляд якості питної води. – Женева : WHO, 2023. – 64 с. – Режим доступу: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240060316>

4. Gavrilescu M., Demnerová K., Aamand J., Agathos S., Fava F. Emerging pollutants in the environment: present and future challenges in biomonitoring, ecological risks and bioremediation. – *New Biotechnology*. – 2019. – Vol. 32(1). – P. 147–156.
5. Trifuoggi M., Salvaggio M., Ferrante M.C. et al. Application of biological test systems in water quality assessment. – *Environmental Toxicology and Pharmacology*. – 2021. – Vol. 84. – Article 103610.
6. Kümmerer K., Dionysiou D. D., Olsson O., Fatta-Kassinos D. A path to clean water // *Science*. – 2018. – Vol. 361, no. 6399. – pp. 222–224.
7. Bai Y., Wang Y., Zhang T., Wen D. Environmental risks and toxicity of chemical pollutants in aquatic systems: a review // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. – 2022. – Vol. 233. – Article 113297.
8. World Health Organization. Drinking-water and sanitation // *WHO*. – 2021. – URL: https://www.who.int/water_sanitation_health.
9. Trifuoggi M., Gallo M., Ciaravolo M. et al. Toxicological assessment of surface water used for drinking supply in Campania Region, Italy // *Scientific Reports*. – 2021. – Vol. 11, Article 5025.
10. Гаврілеску М., Демнерова К., Айварссон Х., МакК'юен П. Забруднення водного середовища: джерела, токсичність і біоаккумуляція // *Екологія і промисловість*. – 2019. – № 1. – С. 35–47.
11. □ Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні [Електронний ресурс] / Мінрегіон України. – Режим доступу: <https://mtu.gov.ua/content/nacionalna-dopovid-pro-yakist-pitnoi-vodi-ta-stan-pitnogo-vodopostachannya-v-ukraini.html> (дата звернення: 11.04.2025).
12. □ Належна кількість та якість питної води, як складова екологічної стійкості України [Електронний ресурс] / Державне агентство водних ресурсів України. – Режим доступу: <https://www.davr.gov.ua/news/nalezhna-kilkist-ta-yakist-pitnoi-vodi-yak-skladova-ekologichnoi-stijkosti-ukraini-perebuyaye-pid-postijnim-monitoringom-derzhvodagentstva> (дата звернення: 11.04.2025).
13. □ Якість і безпечність питного водопостачання: результати роботи Держпродспоживслужби в 2024 році [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://dpss.gov.ua/news/yakist-i-bezpechnist-pytneho-vodopostachannia-rezultaty-roboty-derzhprodspozhyvsluzhby-v-2024-rotsi> (дата звернення: 11.04.2025).

14. □ Стали відомі результати моніторингових досліджень питної води з водогону Умані [Електронний ресурс] // ПРОЧЕРК. – Режим доступу: <https://procherk.info/news/7-cherkassy/119283-stali-vidomi-rezultati-monitoringovih-doslidzhen-pitnoyi-vodi-z-vodogonu-umani> (дата звернення: 11.04.2025).

15. □ Вода в Умані непридатна для вживання – громадськість б'є на сполох [Електронний ресурс] / Facebook. – Режим доступу: <https://www.facebook.com/antonyatsenkoua/videos/вода-в-умані-непридатна-для-вживання/516028660788289> (дата звернення: 11.04.2025).

1.2. Якість питної води в Уманській ОТГ за даними державного лабораторного контролю

Питна вода є одним з основних ресурсів, необхідних для нормального функціонування людського організму та забезпечення здоров'я населення. Уманська об'єднана територіальна громада (ОТГ), яка знаходиться в Черкаській області, стикається з проблемами, пов'язаними з якістю питної води, що є важливим фактором для забезпечення здоров'я громадян. Згідно з даними Міністерства охорони здоров'я України, Україна входить до списку країн, які мають обмежені водні ресурси, що обумовлено низьким рівнем водозабезпечення на душу населення. Враховуючи екологічні проблеми, що виникають через забруднення водних ресурсів, це питання набуває все більшої актуальності на місцевому рівні, зокрема в Уманській ОТГ, де значний вплив на якість води мають як природні фактори, так і антропогенна діяльність [5].

Ситуація з якістю питної води в Умані та селах громади, зокрема у таких населених пунктах, як Лубенці, Воскресенське, Степанці, спостерігається з року в рік. Як показують результати державного контролю за якістю води, рівень забруднення водних джерел, зокрема з децентралізованого водопостачання, з кожним роком збільшується. Вода з таких джерел, як колодязі та каптажі, часто не відповідає санітарно-хімічним та мікробіологічним нормам, що підтверджує результати лабораторних досліджень [6].

У 2019 році лабораторні дослідження показали, що 46,5% води з громадських джерел, таких як колодязі і каптажі, не відповідали санітарно-хімічним вимогам. Це свідчить про значне забруднення води важкими металами, такими як залізо, та

іншими хімічними сполуками, які перевищують допустимі норми. Показники вмісту нітратів перевищували норму в 39% випадків, що є серйозною проблемою для здоров'я дітей, оскільки високий вміст нітратів у воді може призвести до розвитку метгемоглобінемії (синього немовляти) у малюків [7]. Крім того, 38,8% проб води з громадських джерел мали відхилення за мікробіологічними показниками, що вказує на наявність патогенних мікроорганізмів, здатних викликати інфекційні захворювання [6].

Вода з індивідуальних джерел в Уманській ОТГ також не завжди відповідає нормам. 33,3% проб води з таких джерел не відповідали санітарно-хімічним вимогам, 30,5% містили перевищення вмісту нітратів, а 30,3% – відхилення за мікробіологічними показниками. Це свідчить про необхідність проведення додаткових заходів для покращення якості води в індивідуальних джерелах, що використовуються для питного водопостачання [8].

Водночас, вода з каптажів, яка є одним із найбільш поширених джерел для централізованого водопостачання, виявилась більш придатною для вживання. Лише 19,4% проб не відповідали санітарно-хімічним показникам, 12,2% мали перевищення нітратів, а 27,2% – відхилення за мікробіологічними показниками. Таким чином, можна зробити висновок, що вода з каптажних джерел є кращою за якістю порівняно з водою з колодязів та інших нецентралізованих джерел [6].

Неякісна вода є причиною розвитку різноманітних захворювань серед населення. В першу чергу, це інфекційні захворювання, що спричинені наявністю патогенних мікроорганізмів у воді. Крім того, забруднення води нітратами та важкими металами може призвести до серйозних хвороб, таких як захворювання серцево-судинної та ендокринної системи, жовчнокам'яна хвороба, виразка шлунку та метгемоглобінемія у дітей [7]. Таким чином, питання покращення якості питної води в Уманській ОТГ є надзвичайно важливим для збереження здоров'я населення.

За даними лабораторних досліджень, в Уманській ОТГ спостерігаються значні проблеми з перевищенням концентрацій нітратів, заліза та інших шкідливих сполук у воді. Найбільші відхилення за санітарно-хімічними показниками зафіксовані у таких районах, як Лубенці та Воскресенське. Найгірші показники якості питної води за мікробіологічними показниками спостерігаються в таких населених пунктах, як Степанці, де значна кількість води не відповідає вимогам санітарних норм [6].

Однією з основних причин неякісної питної води є недостатня ефективність роботи водоочисних споруд та відсутність належного контролю за водопостачанням в Уманській ОТГ. Це також стосується відсутності належного моніторингу за якістю води з індивідуальних джерел, що використовується населенням для питного водопостачання. Зокрема, в сільських районах громади спостерігається значне забруднення води від органічних та мінеральних добрив, що використовуються у сільському господарстві [9].

На основі цих даних можна зробити висновок, що для покращення якості води в Уманській ОТГ необхідно здійснити комплекс заходів, спрямованих на поліпшення роботи водоочисних споруд, здійснення регулярних лабораторних досліджень води та підвищення рівня обізнаності населення щодо важливості правильного використання джерел водопостачання. Також важливим є впровадження системи біотестування води для своєчасного виявлення токсичних елементів та забруднень води, які можуть негативно впливати на здоров'я людей [10].

Біотестування — це метод біологічного моніторингу, що передбачає використання певних тест-організмів і відповідних методик для оцінки токсичності водного середовища. Це здійснюється шляхом спостереження за реакцією організмів на вплив різних забруднювачів. Тест-організми завжди демонструють відповідну реакцію на шкідливі фактори, незалежно від того, наскільки сильно ці фактори можуть впливати на їх основні життєві функції [1, 38].

Вибір об'єкту для біотестування обґрунтований їх широкою поширеністю, здатністю до ефективного вирощування в лабораторних умовах, наявністю стандартизованих методик дослідження та швидкістю отримання достовірних результатів [20]. У рамках цього дослідження для оцінки якості питної води було використано метод ростового тесту з пшеницею *Triticum L.*, що є представником злакових рослин, чутливих до хімічних змін у водному середовищі.

РОЗДІЛ 2

УМОВИ, ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Структура та методика дослідження якості питної води з джерел централізованого та нецентралізованого водопостачання в місті Умань

Дослідження, проведені для оцінки якості питної води з джерел централізованого та нецентралізованого водопостачання на території міста Умань, були здійснені в період з 2022 по 2024 рік з використанням методики ростового тесту, що базується на оцінці біологічної реакції рослин на токсичні речовини у воді. Програма досліджень передбачала кілька етапів, що включали теоретичне та практичне вивчення різних аспектів якості води, а також розробку та застосування ефективної методики для її оцінки.

На першому етапі дослідження було здійснено огляд існуючих літературних джерел, які охоплюють питання оцінки якості питної води, зокрема, методів біологічного тестування, їхніх переваг та обмежень, а також існуючих стандартів і вимог до водопостачання. Це дозволило розробити методологічну основу для подальших експериментів і вибір найбільш підходящих тест-організмів для проведення досліджень.

Наступним етапом було вивчення методик оцінки якості води за допомогою ростового тесту, який є одним із найбільш ефективних способів визначення впливу забруднювачів на біоту. Метод заснований на реєстрації ростових змін тест-організмів — рослин, які використовуються для виявлення токсичних ефектів забруднюючих речовин, присутніх у водному середовищі. Для проведення цього тесту було обрано злакову рослину *Triticum L.* (пшениця), яка є високо чутливою до змін водного середовища та широко використовується в біотестуванні завдяки своїй поширеності, простоті вирощування в лабораторних умовах та відтворюваності результатів.

Для подальшої оцінки якості води були обрані кілька джерел водопостачання на території міста Умань. Оцінка включала як централізовані, так і нецентралізовані джерела водопостачання, зокрема колодязі та каптажі, які активно використовуються мешканцями міста. Вибір проб був здійснений на різних етапах водопостачання: безпосередньо з водопровідної мережі, до і після процесу фільтрації та очищення, а

також з колодязів і каптажів, що дозволило здійснити всебічну оцінку якості води, що постачається різними системами водопостачання.

Здійснено відбір проб води, що дозволив провести порівняння якості води з різних джерел. Оцінка токсичності води за допомогою ростового тесту із пшеницею *Triticum L.* дозволила виявити ступінь її забруднення, визначити наявність токсичних елементів і оцінити їх вплив на біологічні процеси, що протікають в рослинах. Важливим аспектом цієї роботи було порівняння результатів ростового тесту для води з централізованих і нецентралізованих джерел, що дозволило зробити висновки про рівень забруднення та ефективність очищення води на різних етапах її обробки.

На заключному етапі отримані результати були оброблені за допомогою статистичних методів, що дозволило оцінити ступінь токсичності води та зробити узагальнені висновки. Крім того, було представлено графічне і табличне зображення результатів, що дозволило більш чітко уявити наукові висновки та їх практичне застосування. З отриманими результатами було розроблено ряд рекомендацій щодо поліпшення якості водопостачання міста Умань, зокрема, щодо доцільності вдосконалення процесів очищення води та впровадження додаткових заходів для забезпечення її безпеки для здоров'я населення.

Таким чином, програма досліджень включала вивчення теоретичних основ, практичне застосування методик і підходів до оцінки якості води, а також обробку отриманих даних для вироблення рекомендацій щодо покращення екологічної ситуації у місті.

2.2. Методика проведення досліджень

2.2.1. Процес відбору проб води для біологічних досліджень токсичності

Дослідження було орієнтоване на оцінку якості питної води з джерел громадського користування та водопровідної мережі в місті Умань, які є найпоширенішими серед місцевих жителів. Було відібрано 10 зразків води, що представляють усі райони міста.

Зразок води №1 – м. Умань, район центральної частини міста, вода з джерела громадського користування, розташованого на території парку Шевченка, поруч з центральною водонасосною станцією, вул. Шевченка, 10 (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Джерело питної води, парк Шевченка, м. Умань.

Зразок води № 2 – м. Умань, район Центр, вода з колонки загального користування, що знаходиться на площі Соборності (рис. 2.2).

Зразок води №1 – м. Умань, джерело Карпівка. Джерело розташоване за межами міста, в напрямку кар'єру Карпівка, і активно використовується мешканцями як альтернатива централізованому водопостачанню. Джерело є відкритим, не захищене від атмосферних опадів, однак вода з нього вважається «цілющою» та приваблює споживачів природною чистотою. Відбір води здійснено у весняний період.

Зразок води №2 – м. Умань, район Родниківка, водорозбірна колонка. Зразок відібрано з нової централізованої водорозбірної колонки на вул. Волонтерів, 12. Вона встановлена як частина міської програми забезпечення мікрорайону якісною питною водою. Колонка підключена до загальноміської системи водогону з попереднім очищенням.

Зразок води №3 – м. Умань, район Центральний, вода після фільтрації. Вода з-під крану, що пройшла через побутову систему потрійної фільтрації (дві механічні

колби з поліпропіленовими вставками і одна – з активованим вугіллям). Зразок відображає якість побутово очищеної води в умовах приватного домогосподарства.

Зразок води №4 – м. Умань, район Центральний, нефільтрована вода з крана
Зразок набраний із крана безпосередньо з водопровідної мережі, без будь-яких додаткових систем очищення. Цей зразок є контрольним для порівняння ефективності фільтрації у зразку №3.

Зразок води №5 – дистильована вода

Служить еталонним зразком для біотестування як негативний контроль. Не містить домішок, мінералів і потенційних токсикантів.

Зразок води №6 – м. Умань, паломницький район, джерело громадського користування. Знаходиться поруч з паломницьким центром, що активно відвідується туристами та прочанами. Джерело має значне антропогенне навантаження, що може впливати на якість води.

Зразок води №7 – вода з крана, відстояна після кип'ятіння. Питна вода після попереднього кип'ятіння та охолодження до кімнатної температури. Дає змогу оцінити вплив термічної обробки на потенційну токсичність.

Зразок води №8 – м. Умань, район Дачний, колодязь громадського користування. Розташований на перетині вулиць Садової та Вишневої. Колодязь не облаштований захисними конструкціями, однак активно використовується мешканцями приватного сектору для господарських та побутових потреб.

Зразок води №9 – м. Умань, район Медмістечко, криниця поблизу лікарні. Джерело – криниця громадського користування, яка обслуговує прилеглий район лікарні. Воду використовують мешканці для питних потреб, незважаючи на можливе підґрунтове забруднення.

Зразок води №10 – м. Умань, район Бабанське шосе, криниця біля річки Уманки Криниця розташована неподалік транспортної розв'язки та мосту через річку Уманку. Рівень захисту джерела обмежений, присутнє потенційне ризиковане розташування щодо стоку з дорожнього полотна.

Таблиця 2.1

Характеристика зразків води, відібраних для біотестування у м. Умань

№ зразка	Місце відбору	Тип джерела	Район м. Умань	Особливості
1	Джерело «Карпівка»	Джерело громадського користування	Околиця міста	Відкрите джерело, популярне серед населення
2	Вул. Волонтерів, 12	Водорозбірна колонка	Родниківка	Підключена до централізованої мережі, нова
3	Побутова система фільтрації	Кран після потрійного фільтра	Центральний район	Фільтри: поліпропіленові та активоване вугілля
4	Побутовий кран	Водопровідна мережа (нефільтрована)	Центральний район	Контрольний зразок з водогону
5	—	Дистильована вода	—	Еталонний зразок
6	Джерело поблизу паломницького центру	Джерело громадського користування	Район паломництва	Значне антропогенне навантаження
7	Побутовий кран	Вода після кип'ятіння	Центральний район	Відстояна після термічної обробки
8	Перетин вул. Садова та Вишнева	Колодязь громадського користування	Дачний район	Без захисту, інтенсивне користування

№ зразка	Місце відбору	Тип джерела	Район м. Умань	Особливості
9	Поблизу лікарні	Криниця громадського користування	Медмістечко	Підозра на забруднення підґрунтовими водами
10	Біля мосту через р. Уманку	Криниця громадського користування	Бабанське шосе	Поблизу дороги, потенційне забруднення стоками

Відбір проб води проводився в літній період протягом однієї доби відповідно до вимог чинного національного стандарту ДСТУ ISO 5667-6:2009 «Якість води. Відбирання проб. Частина 6. Настанови щодо відбирання проб з природних та штучних водозаборів». Проби відбиралися в попередньо очищені поліетиленові пляшки об'ємом 500 мл. Для проб із систем централізованого водопостачання попередньо здійснювався злив води протягом п'яти хвилин з метою отримання репрезентативної вибірки. Контрольним зразком у дослідженні слугувала вода, відстояна після кип'ятіння (зразок № 7).

Бібліографічне посилання: ДСТУ ISO 5667-6:2009. Якість води. Відбирання проб. Частина 6. Настанови щодо відбирання проб з природних та штучних водозаборів [чинний від 2009-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2010. – 18 с. – (Національний стандарт України).

У процесі дослідження для кожного зразка води було оцінено фітотоксичний ефект шляхом вимірювання біометричних параметрів проро

У процесі дослідження для кожного зразка води було оцінено фітотоксичний ефект шляхом вимірювання біометричних параметрів проростків пшениці (зокрема, маси свіжої біомаси). Для кількісного вираження фітотоксичної дії застосовували відносний показник, який визначається у відсотках за такою формулою:

$$\Phi E, \% = \left(\frac{X_k - X_d}{X_k} \right) \times 100$$

де

X_k — середнє значення біологічного параметра (маси проростків, довжини коренів або висоти стебел) у контрольному варіанті (зразок № 7 – вода після кип'ятіння);

X_d — відповідне значення цього параметра у варіанті з досліджуваною пробєю води.

Контрольним зразком обрано зразок № 7, оскільки за результатами попереднього аналізу саме він забезпечив максимальні значення біометричних показників росту рослин [19].

2.2.2. Критерії вибору тестової рослини для визначення фітотоксичності.

Застосування рослин як чутливих тест-організмів для оцінювання рівня забруднення навколишнього середовища має тривалу історію [33]. Ще античні вчені звертали увагу на зв'язок між зовнішнім виглядом рослин та умовами їх зростання [13]. Наприкінці 1970-х років у межах програми **Gene-Tox**, що реалізовувалася Агентством із захисту навколишнього середовища США (EPA) у сфері генетичної токсикології, було підтверджено ефективність застосування рослинних систем для виявлення мутагенних, кластогенних і канцерогенних чинників [8].

До основних переваг використання рослин як біоіндикаторів у моніторингових дослідженнях належать [2; 3; 5; 9; 10; 12; 14; 26; 31]:

- доступність методики;
- низька вартість проведення досліджень;
- відсутність потреби у спеціалізованому лабораторному обладнанні;
- простота виконання експерименту;
- здатність відображати екологічний стан середовища зростання;
- невибагливість до поживного середовища на ранніх етапах онтогенезу;
- інтенсивне проростання;
- висока чутливість до дії токсикантів;
- варіативність реакцій на вплив факторів довкілля.

Виходячи з аналізу літературних джерел, доцільним є використання як тест-об'єкта невибагливої, поширеної та чутливої до забруднення культури.

У межах кваліфікаційного дослідження для біотестування методом ростового тесту було обрано пшеницю (**Triticum L.**) як одну з найбільш ефективних культур для визначення рівня токсичності водного середовища. Ця культура є широко поширеною, швидко проростає, вирізняється високою чутливістю до забруднення та

є характерною для умов Уманського регіону. Саме тому пшениця вважається оптимальним тест-об'єктом для екологічного оцінювання якості питної води.



Рис. 2.8 Тест-культура для біотестування: пшениця м'яка (*Triticum aestivum* L.)

2.3. Біотестування якості води методом ростового тесту.

Біотестування із застосуванням вищих рослин є одним із найпростіших та найчутливіших способів оцінювання інтегральної токсичності водного середовища, що формується під впливом різноманітних чинників [1]. У ході дослідження здійснювалася оцінка якості води, відібраної з водопровідної мережі та джерел нецентралізованого водопостачання м. Умань, за критерієм фітотоксичності. Аналіз базувався на виявленні стимулювального або пригнічувального впливу водних зразків на ріст кореневої та надземної частин проростків пшениці у порівнянні з контрольним варіантом. У дослідженні використовувалася тест-культура м'якої пшениці (*Triticum aestivum* L.), яка є рекомендованим біоіндикатором згідно з методикою А.М. Гродзинського [1; 3]. Вивчалася якість води з водопровідної мережі та джерел нецентралізованого водопостачання м. Умань. У дослідженні фіксувалися зміни показника схожості насіння пшениці, пророщеного на досліджуваних водних зразках.

Для дослідження застосовувався метод пророщування тестової культури у лабораторних умовах з використанням чашок Петрі. У кожену чашку вкладали фільтрувальний папір, який зволожували 5–7 мл відповідного зразка води, після чого висівали по 20 насінин пшениці. Загалом оцінювали фітотоксичність 10 різних водних зразків [18].

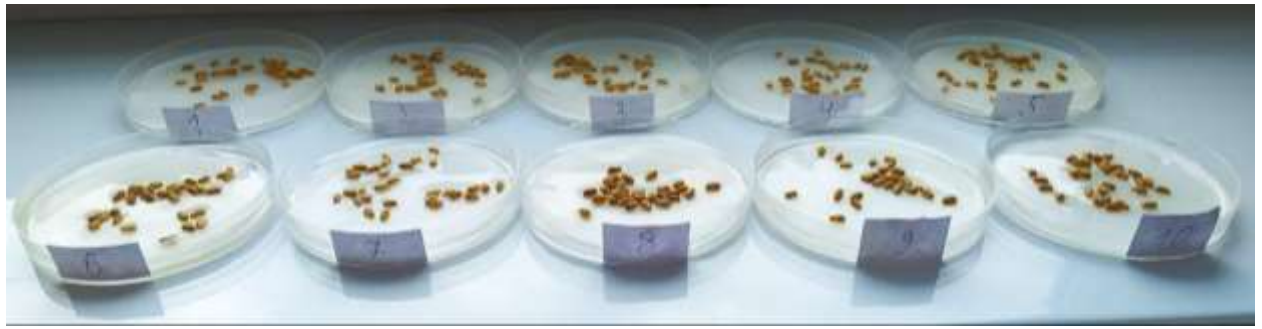


Рис. 2.9. Етап пророщування пшениці в чашках Петрі під час біотестування

Насіння пророщували в однакових лабораторних умовах при температурі 22–24 °С у темряві, що відповідає оптимальним параметрам для проростання пшениці. Для забезпечення достатнього газообміну щодня проводили короткочасне провітрювання шляхом відкривання чашок Петрі на кілька хвилин.

Тривалість досліду становила 72 години (3 доби), після чого фіксували основні морфометричні показники: кількість пророслого насіння, середню довжину коренів та колеоптилів. У разі потреби могли додатково оцінювати біомасу паростків.

Оцінка токсичності зразків води здійснювалась за шкалою фітотоксичного ефекту, що базується на відсотковому зниженні ростових показників дослідних паростків порівняно з контролем (дистильована вода). За критеріями А.М. Гродзинського [1], рівні токсичності інтерпретувалися наступним чином:

- до 20% — слабкий фітотоксичний ефект;
- 20,1–40% — помірний;
- 40,1–60% — виражений;
- 60,1–80% — високий;
- понад 80,1% — максимальний фітотоксичний ефект.

1. Гродзинський А. М. Біотестування в екологічному моніторингу / А. М. Гродзинський. – Київ : Наукова думка, 1991. – 256 с.
2. Гродзинський Д. М. Екологія: наука про середовище, людину та природу / Д. М. Гродзинський. – Київ : Либідь, 2005. – 368 с.
3. Методичні рекомендації з проведення біотестування ґрунтів і водного середовища / за ред. А. М. Гродзинського. – Київ : Інститут ботаніки НАН України, 2000. – 42 с.
4. Пилипенко І. І. Основи біоіндикації та біотестування : навч. посіб. / І. І. Пилипенко. – Суми : Університетська книга, 2010. – 176 с.

РОЗДІЛ 3

АНАЛІЗ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ М. УМАНЬ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ РОСТОВОГО ТЕСТУ

3.1. Енергетичний потенціал проростання насіння у досліджуваних умовах

На початковому етапі оцінки якості води визначали енергію проростання. Колеоптилі з'явилися на другий день експерименту, тоді як у перший день було зафіксовано лише розвиток кореневих зачатків. (рис. 3.1).

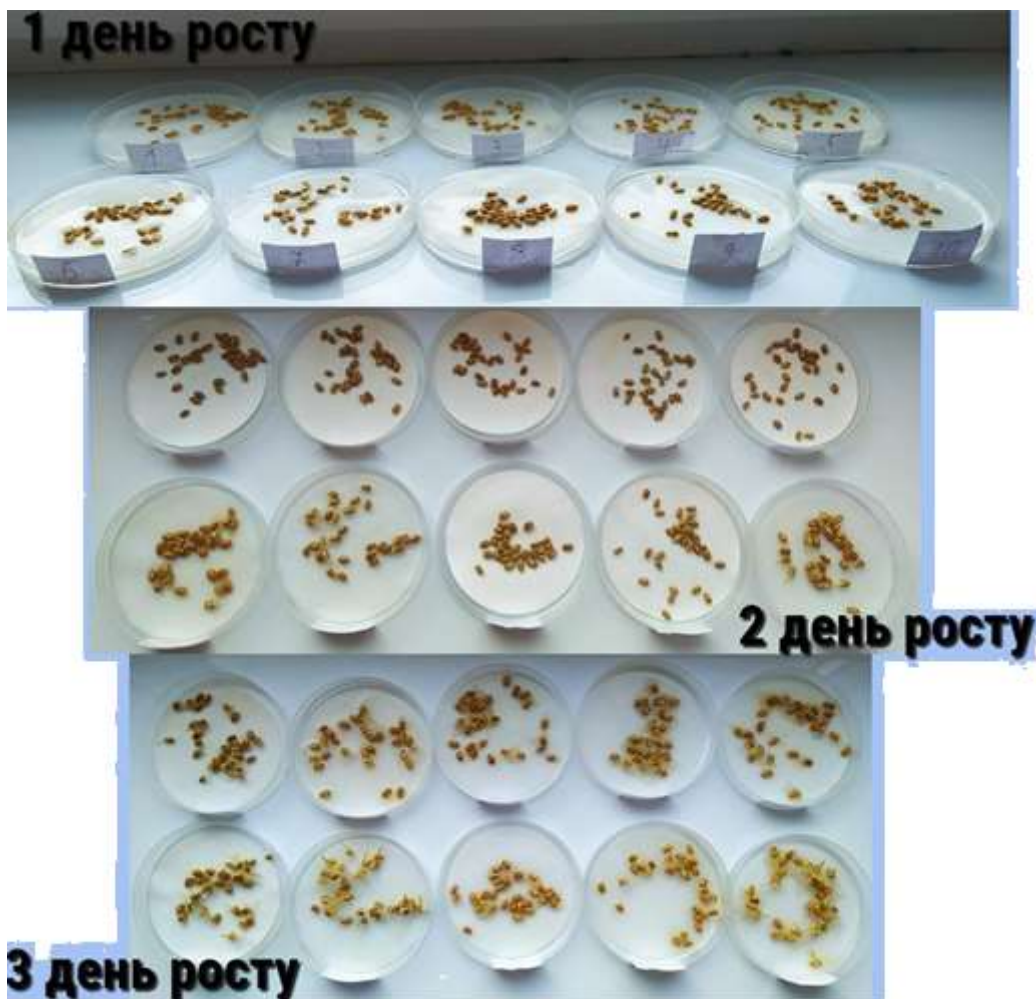


Рис. 3.1. Проростання пшениці протягом перших трьох днів досліду

Протягом перших трьох діб експерименту, що проводився відповідно до методики біотестування із використанням тест-культури пшениці (*Triticum aestivum* L.), здійснювався щоденний облік кількості пророслих насінин. На третю добу спостереження були зафіксовані такі результати проростання насіння у дослідних варіантах:

- **варіант № 1** — 16 пророслих насінин;
- **варіант № 2** — 12 пророслих насінин;

- **варіант № 3** — 16 пророслих насінин;
- **варіант № 4** — 22 пророслі насінини;
- **варіант № 5** — 22 пророслі насінини;
- **варіант № 6** — 12 пророслих насінин;
- **варіант № 7** — 26 пророслих насінин;
- **варіант № 8** — 9 пророслих насінин;
- **варіант № 9** — 12 пророслих насінин;
- **варіант № 10** — 24 пророслі насінини.

Такий розподіл кількості пророслого насіння свідчить про наявність різного рівня фітотоксичності у пробах води, що використовувалися для зволоження фільтрувального паперу. Варіанти з найменшими показниками проростання можуть вказувати на наявність у водному середовищі речовин, що пригнічують життєдіяльність насіння на ранніх етапах онтогенезу (рис. 3.1).

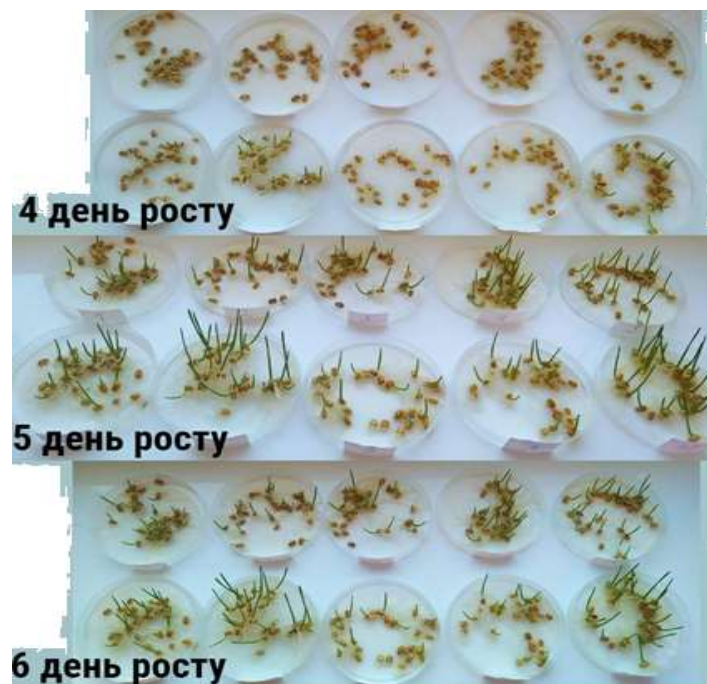


Рис. 3.2. Проростання пшениці протягом 4-6 днів досліді

Упродовж четвертого–шостого днів експериментального періоду, проведеного за методикою біотестування з використанням тест-культури пшениці (*Triticum aestivum* L.), тривало спостереження за динамікою проростання насіння. На шосту добу досліді була зафіксована така кількість пророслих насінин у дослідних варіантах:

- **варіант № 1** — 22 пророслі насінини;
- **варіант № 2** — 18 пророслих насінин;

- **варіант № 3** — 23 пророслі насінини;
- **варіант № 4** — 26 пророслих насінин;
- **варіант № 5** — 25 пророслих насінин;
- **варіант № 6** — 24 пророслі насінини;
- **варіант № 7** — 27 пророслих насінин;
- **варіант № 8** — 20 пророслих насінин;
- **варіант № 9** — 21 проросла насінина;
- **варіант № 10** — 26 пророслих насінин.

Отримані дані відображають остаточний рівень схожості насіння під впливом досліджуваних водних зразків, що дає змогу зробити попередню оцінку їхньої фітотоксичності. Вищі показники проростання свідчать про відсутність або слабкий токсичний вплив середовища, тоді як зниження цього показника може свідчити про наявність у воді речовин із потенційною токсичною дією (рис. 3.2).

На сьомий день біотестування з використанням ростового тесту, проведеного з насінням пшениці (*Triticum aestivum* L.), було зафіксовано остаточні показники проростання насіння в кожному з дослідних варіантів. Зокрема, кількість пророслих насінин становила:

- варіант № 1 — 24 насінини;
- варіант № 2 — 25 насінин;
- варіант № 3 — 26 насінин;
- варіант № 4 — 28 насінин;
- варіант № 5 — 26 насінин;
- варіант № 6 — 25 насінин;
- варіант № 7 — 27 насінин;
- варіант № 8 — 24 насінини;
- варіант № 9 — 25 насінин;
- варіант № 10 — 26 насінин (рис. 3.3).

Таким чином, максимальний рівень проростання (28 насінин із 30) був зафіксований у варіанті № 4, тоді як найменший — у варіантах № 1 та № 8 (по 24 пророслі насінини). Жоден із дослідних варіантів не продемонстрував 100% проростання.

Враховуючи, що умови пророщування були однаковими для всіх дослідних груп (постійна температура, оптимальний рівень вологості, доступ до світла), відсутність повної схожості в окремих варіантах, імовірно, зумовлена якісними характеристиками насіння. Можливими причинами є наявність механічно пошкодженого або фізіологічно неповноцінного насіннєвого матеріалу, що не виявляється зовнішньо, але знижує здатність до проростання. Також не виключається мінімальний вплив розчинених у воді речовин, здатних пригнічувати біохімічні процеси на ранніх стадіях розвитку проростків.

Отримані дані дають змогу перейти до наступного етапу аналізу — оцінки довжини колеоптилів та коренів, а також розрахунку фітотоксичного ефекту водних зразків.

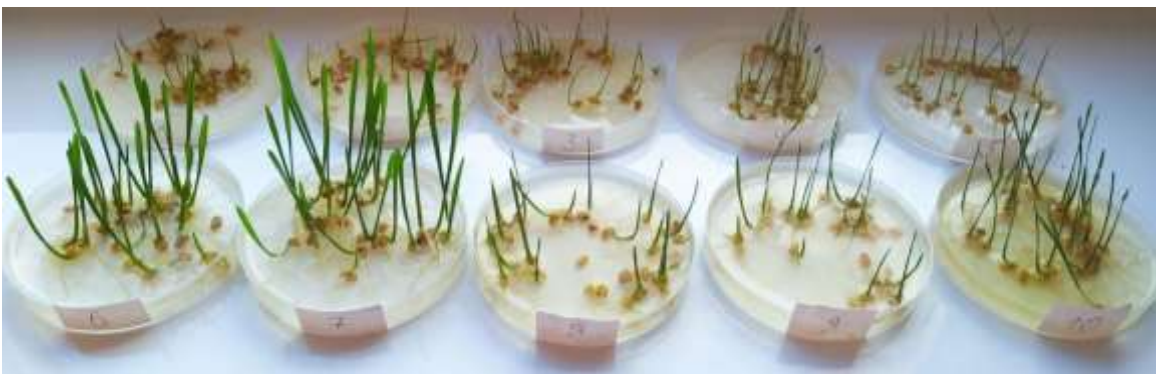


Рис. 3.3. Проростання насіння пшениці на 7-й день за методикою біотестування

За кожним зразком води було проведено розрахунок енергії проростання насінин, що відображає здатність насінин утворювати повноцінні паростки під час процесу пророщення. Енергія проростання визначається як відсоткове відношення кількості пророслих насінин до загальної кількості насінин, що були висіяні в кожен чашку Петрі. Цей показник є важливим для оцінки біологічної активності води, оскільки відображає здатність водного зразка підтримувати життєздатність насіння та його розвиток.

Для визначення енергії проростання на кожному етапі дослідження фіксувалася кількість пророслих насінин на конкретний день, що дозволяло проаналізувати динаміку проростання. Таким чином, підрахунок кількості пророслих насінин на кожен з 7-ми днів дослідження, давав змогу виявити суттєві зміни в енергії проростання в залежності від типу води та її впливу на життєздатність насіння.

Отже, енергія проростання визначалась як процентне співвідношення кількості пророслих насінин на кожен з етапів пророщення відносно загальної кількості насінин у кожному варіанті досліду, що дозволило здійснити комплексну оцінку якості води за допомогою біотестування (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Динаміка енергії проростання насіння пшениці на різних етапах дослідження

Номер варіанта	Енергія проростання насінин, %						
	1ден ь	2 день	3 день	4 день	5 день	6 день	7 день
Зразок води №1 – м. Умань, джерело Карпівка	0	3,3	52, 8	69, 3	69, 3	72, 6	79, 2
Зразок води №2 – м. Умань, район Родниківка, водорозбірн а колонка	0	6,6	39, 6	42, 9	52, 8	59, 4	82, 5
Зразок води №3 – м. Умань, район Центральни й, вода після фільтрації	0	16, 5	52, 8	66	69, 3	75, 9	85, 8
Зразок води №4 – м.	0	16, 5	72, 6	82, 5	85, 8	85, 8	92, 4

Умань, район Центральни й, нефільтрова на вода з крану							
Зразок води №5 – дистильован а вода	0	0	72, 6	72, 6	79, 2	82, 5	85, 8
Зразок води №6 – м. Умань, паломницьк ий район, джерело громадськог о користуванн я	0	23, 1	39, 6	59, 4	72, 6	79, 2	82, 5
Зразок води №7 – вода з крана, відстояна після кип'ятіння	0	59, 4	85, 8	85, 8	85, 8	89, 1	89, 1
Зразок води №8 – м. Умань, район Дачний,	0	0	29, 7	46, 2	56, 1	66	79, 2

колодязь громадськог о користуванн я.							
Зразок води №9 – м. Умань, район Медмістечко , криниця поблизу лікарні.	0	0	39, 6	46, 2	59, 4	69, 3	82, 5
Зразок води №10 – м. Умань, район Бабанське шосе, криниця біля річки Уманки	0	62, 7	79, 2	82, 5	82, 5	82, 5	85, 8

Результати визначення енергії проростання відносно контролю представлені на рис. 3.4.

Рис. 3.3. Енергія проростання пшениці у зразках питної води відносно контролю

Дослідження енергії проростання насінин в залежності від типу води та дня проростання показало значні відмінності між різними зразками води. За результатами експерименту, найбільший вплив на швидкість проростання насінин мали такі фактори, як тип води, наявність фільтрації, а також специфіка джерела води.

Зразок води №1 (м. Умань, джерело Карпівка): Вода з цього джерела не

сприяла швидкому проростанню насінин. Протягом перших чотирьох днів енергія проростання залишалася дуже низькою, лише 3,3% на 2-й день, а на 4-й день зросла до 69,3%. Показники на 7-й день досягли 79,2%, що є середнім результатом серед усіх зразків. Це може свідчити про незначну якість води цього джерела, яка не сприяє швидкому та ефективному проростанню.

Зразок води №2 (м. Умань, район Родниківка, водорозбірна колонка): Для цього зразка спостерігався схожий тренд — помірне зростання енергії проростання протягом дослідів. Початкові показники на 2-й день становили 6,6%, зростаючи до 52,8% на 5-й день і до 82,5% на 7-й день. Це свідчить про те, що вода з водорозбірної колонки, хоча і сприяє проростанню, все ж не є оптимальною для проростання насінин у порівнянні з іншими зразками.

Зразок води №3 (м. Умань, район Центральний, вода після фільтрації): Фільтрована вода показала значно кращі результати. На 3-й день енергія проростання сягнула 52,8%, а на 7-й день вона досягла 85,8%. Це свідчить про позитивний ефект фільтрації, яка очищує воду і підвищує її здатність сприяти проростанню насінин. Результати цього зразка є одними з найкращих серед усіх досліджуваних вод.

Зразок води №4 (м. Умань, район Центральний, нефільтрована вода з крану): Нефільтрована вода з системи централізованого водопостачання показала найвищий результат серед усіх зразків. Вже на 4-й день енергія проростання досягла 72,6%, а на 7-й день вона склала 92,4%. Це може бути наслідком того, що вода з централізованого водопостачання, навіть без фільтрації, має хорошу якість і є оптимальною для проростання насінин.

Зразок води №5 (дистильована вода): Дистильована вода, хоча і не містить мінералів, показала досить високі результати проростання. Показник енергії проростання на 7-й день склав 85,8%. Це свідчить про те, що вода, очищена від домішок, все ж підтримує проростання насінин, хоча й не забезпечує таких швидких результатів, як нефільтрована вода з централізованого водопостачання.

Зразок води №6 (м. Умань, паломницький район, джерело громадського користування): Вода з громадського джерела показала прогресивне зростання енергії проростання: з 23,1% на 2-й день до 82,5% на 7-й день. Цей зразок свідчить про те, що вода з громадських джерел може мати задовільну якість для проростання, однак не забезпечує найвищих показників, порівняно з іншими водами.

Зразок води №7 (вода з крана, відстояна після кип'ятіння): Вода з крана після кип'ятіння показала найшвидше проростання. Вже на 2-й день енергія проростання досягла 59,4%, і на 7-й день вона склала 89,1%. Це свідчить про те, що кип'ятіння води покращує її здатність до сприяння проростанню насінин, можливо, за рахунок зниження кількості домішок і мікробіологічного навантаження.

Зразок води №8 (м. Умань, район Дачний, колодязь громадського користування): Вода з колодязя громадського користування показала найнижчі результати серед усіх зразків. Початкові показники енергії проростання були дуже низькими — лише 0% на 1-й день, і на 7-й день вони досягли лише 79,2%. Це свідчить про недостатню якість води цього джерела для ефективного проростання насінин.

Зразок води №9 (м. Умань, район Медмістечко, криниця поблизу лікарні): Вода з криниці поблизу лікарні показала подібні результати до зразка №8. На 7-й день енергія проростання досягла 82,5%. Це вказує на середню якість води цього джерела, що має помірний вплив на проростання насінин.

Зразок води №10 (м. Умань, район Бабанське шосе, криниця біля річки Уманки): Вода з цього джерела мала досить високі показники енергії проростання, досягнувши 85,8% на 7-й день. Це свідчить про те, що вода з природного джерела біля річки Уманки сприяє хорошему проростанню насінин, однак не є такою ж ефективною, як нефільтрована вода з централізованого водопостачання. (табл. 3.1), що може свідчити про незадовільну якість води, яка, в свою чергу, негативно впливає на здатність рослини утворювати розвинені колеоптилі під час пророщування.

Що стосується значень енергії проростання рослин пшениці у порівнянні з контролем, то нами були отримані наступні результати (рис. 3.3):

- Найбільший стимулюючий ефект на проростання насінин спостерігався у пробі води, відібраної з водогінної мережі без фільтрації (103,7%). Це свідчить про високу ефективність цієї води для сприяння розвитку рослин пшениці.
- Максимальне пригнічення росту рослин було зафіксовано у пробах води з кількох джерел: колонка в районі Автовокзалу міста (проба №2), приватний колодязь у пров. Мічуринський (проба №8), колодязь на Крошні (проба №9) та каптаж джерела на Корбутівці (проба №1). У цих зразках спостерігався значний негативний вплив на енергію проростання насінин.

- Проби води з колодязя біля річки Кам'янка (проба №10), що належить до джерел нецентралізованого водопостачання, продемонстрували найменшу пригнічуючу дію на проростання рослин пшениці серед всіх нецентралізованих джерел.

- Якщо розглядати нецентралізовані джерела водопостачання за рівнем енергії проростання в порівнянні з контролем, то порядок їх якості виглядає наступним чином (від найкращої до найгіршої): колодязь біля р. Кам'янка (Мальованка) (проба №10), каптаж джерела на проспекті Миру, 22 (Богунія) (проба №6), каптаж джерела на Корбутівці (проба №1), колодязь біля Агроколеджу (проба №9), колонка в районі автовокзалу (проба №2), колодязь у пров. Мічуринський (проба №8).

3.2. Аналіз якості води з джерел нецентралізованого водопостачання.

Після завершення експерименту пророщені насінини були обережно вибрані з чашок Петрі, після чого було проведено вимірювання кількох важливих параметрів розвитку рослин. Спочатку виміряли кінцеву довжину стеблової частини паростків, що дозволило оцінити ріст рослин. Потім визначили масу паростків у цілому, що включала як надземну, так і підземну частину. Окремо була зважена суха маса коренів, що є важливим показником для оцінки стану кореневої системи і загального здоров'я рослин.

Для визначення токсичності різних зразків води був застосований ростовий тест з біоіндикатором *Triticum L.* (пшениця), що дозволяє оцінити вплив води на ріст і розвиток рослин. Оцінка токсичності проводилась за допомогою шкали рівнів токсичності, яка була описана в розділі 2. Ця шкала дозволяє точно класифікувати ступінь токсичності кожного зразка води на основі його впливу на розвиток паростків, що забезпечує об'єктивну характеристику води з точки зору її безпеки для рослин.

За масою колеоптилів для кожного зразка був визначений фітотоксичний ефект:

За масою коренів для кожного зразка також був визначений фітотоксичний ефект:

За фітотоксичним ефектом (ФЕ, %) маси стебла найвищі значення мають зразки № 1 (зразок води №1 – м. Умань, джерело Карпівка) та № 9 (зразок води №9 – м. Умань, район Медмістечко, криниця поблизу лікарні) — 54,6 %, що відповідають високому рівню токсичності. Найнижчий фітотоксичний ефект має зразок № 10 (зразок води №10 – м. Умань, район Бабанське шосе, криниця біля річки Уманки) — 26,8 %, що вказує на середній рівень токсичності. За масою коренів найвищий

фітотоксичний ефект мають ті ж самі зразки № 1 (55,5 %) та № 9 (55 %), а найменше значення мають зразки № 5 (зразок води №5 – дистильована вода) — 12 % та № 10 — 19,9 %, що відповідає слабкому рівню токсичності. Загалом, відповідно до даних дослідження, рівень токсичності води для рослин пшениці є середнім або вище середнього за шкалою фітотоксичності.

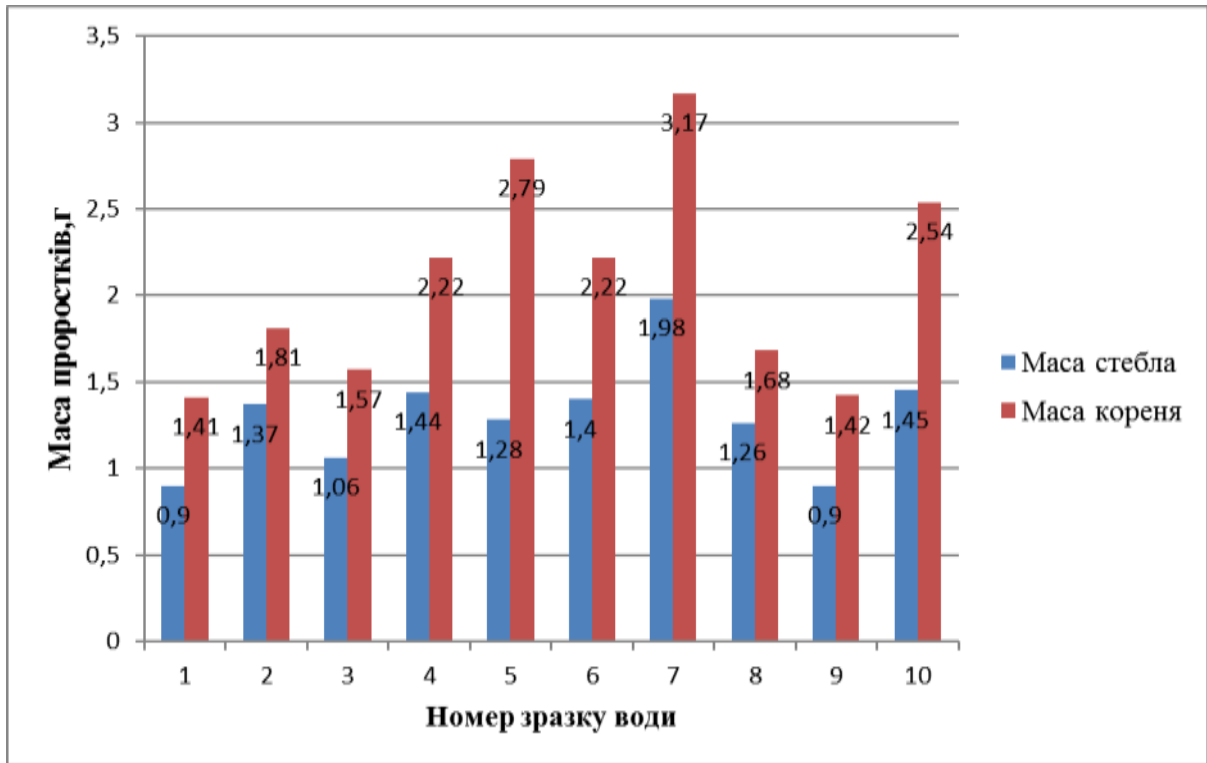


Рис.3.4. Результати вимірювань маси проростків пшениці

Найменші біопараметри (за масою колеоптилів та кореня) серед досліджуваних зразків мали: зразок №1 (м. Умань, джерело Карпівка), зразок №3 (м. Умань, район Центральний, вода після фільтрації) та зразок №9 (м. Умань, район Медмістечко, криниця поблизу лікарні). Це свідчить про пригнічення їх ростових процесів, що підтвердили й вищезазначені дані.

3.1. Кількісна та якісна характеристика води у системах централізованого водопостачання.

Визначення токсичності питної води за допомогою ростового тесту на рослинних тест-об'єктах протягом перших трьох діб є методологічно складним, оскільки стандартні умови біотестування для оцінки уповільнення росту проростків пшениці передбачають тривалість не менше 5-7 діб. Зокрема, дослідження показали, що біотестування протягом 7 днів є найбільш ефективним методом для оцінки токсичності, оскільки саме за цей період відбувається найбільш значуще проявлення

ефектів токсичних впливів на рослини. Отримані результати вказують на те, що температурний та світловий режими, а також кількість води, застосовані під час експерименту, були оптимальними для проростання паростків пшениці. Водночас проростання корінців пшениці відбулося значно швидше (на другий день дослід), ніж проростання стеблової частини (на четвертий день), що свідчить про різні темпи розвитку окремих органів рослин під впливом досліджуваних умов. Оцінка якості питної води за допомогою ростового тесту була здійснена з основним акцентом на фітотоксичність. Порівняння показників проводилося щодо контрольного зразка води (зразок №7 – вода, відстояна після кип'ятіння). У попередньому підрозділі були представлені результати дослідження якості води з джерел громадського користування, таких як каптажі, колодязі та водорозбірні колонки. У даному підрозділі будуть надані результати щодо двох інших зразків питної води, відібраних із централізованої мережі: з крана до фільтрації та після проходження через фільтри.

За масою стебла для зразків №3 (вода після системи фільтрації) та №4 (вода з крана без фільтрації) було визначено фітотоксичний ефект, що дозволяє оцінити ступінь впливу різних етапів обробки води на її токсичність для рослин.

За масою коренів також був визначений фітотоксичний ефект:

Отримані результати свідчать, що вода після системи фільтрації виявила вищий фітотоксичний ефект щодо рослин, ніж вода без фільтрації. Зокрема, для зразка води після фільтрації було зафіксовано фітотоксичність на рівні 46,5% за масою стебла та 50,5% за масою коренів, що відповідає більш високому рівню токсичності, ніж у зразка води без фільтрації (27,3% за масою стебла та 30% за масою коренів, що відповідає середньому рівню токсичності). Ці результати можуть бути пояснені наступними факторами: усі картриджі, які встановлюються в магістральні фільтри, мають обмежений ресурс (залежно від їх якості та вартості, але зазвичай до 10 000 л води), і повинні регулярно замінюватися. Відповідно до інструкцій до картриджів, їх слід замінювати один раз на 3-6 місяців. Несвоєчасна заміна картриджів, а також можливе відключення води водоканалом, призводять до перевантаження фільтруючих елементів, що знижує ефективність очищення води та може збільшувати

її токсичність.

ВИСНОВКИ

4Відповідно до вимог ДСТУ ISO 5667-6:2009, відбір проб води з колодязів, каптажів джерел і системи централізованого водопостачання здійснювався в літній період протягом доби, що забезпечило необхідну точність для подальших досліджень якості води та її впливу на біологічні об'єкти.

5Згідно з отриманими результатами, *Triticum L.* виявився чутливим тест-об'єктом для оцінки токсичності води, що підтверджує його ефективність в якості біоіндикатора. Тестування проростків пшениці є високоефективним, економічним та швидким методом для моніторингу якості питної води.

6Аналіз результатів дослідження токсичності води показав, що найбільший фітотоксичний ефект мали проби з джерел №1 (каптаж джерела, Корбутівка) та №9 (колодязь на Крошні), що свідчить про високий рівень токсичності води в цих джерелах, який негативно впливає на ріст рослин. Найменший ефект був зафіксований у зразках №10 (колодязь біля р. Кам'янка) та №6 (каптаж на проспекті Миру, 22), що свідчить про їх відносно хорошу якість.

7Визначено, що вода з системи централізованого водопостачання продемонструвала варіативність за рівнем фітотоксичності: найбільш токсичною виявилася вода після системи фільтрації (зразок №3), що може свідчити про недостатню ефективність фільтраційних систем або їх перевантаження в результаті неповної заміни фільтруючих елементів.

8За результатами дослідження, найбільш придатними для вживання визнано воду з джерела на проспекті Миру (зразок №6) та колодязя біля р. Кам'янка (зразок №10), оскільки ці зразки продемонстрували найменший фітотоксичний ефект і відповідно вказують на їх хорошу якість.

9На основі отриманих даних, рівень фітотоксичності досліджених зразків води варіював від середнього до вище середнього. Найвищі показники токсичності за масою стебла були зафіксовані у зразків №1 та №9 (54,6%), тоді як найнижчі — у зразка №10 (26,8%). За масою коренів найвищий фітотоксичний ефект був у зразків №1 (55,5%) та №9 (55%), що вказує на значний вплив якості води на розвиток рослин.

РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. ДУ «Черкаський обласний центр контролю та профілактики хвороб МОЗ України»:

- Забезпечити регулярний моніторинг якості води в колодязях та каптажах джерел, що постачають воду в Умань та навколишні райони Черкащини.
- Здійснювати контроль за ефективністю фільтраційних систем на об'єктах водопостачання.

2. Населенню Умані для збереження та покращення якості питної води:

- Регулярно очищати колодязі та джерела від замулення та біологічних забруднень.
- Проводити планову дезінфекцію колодязів та джерел, особливо в літній період.
- Здійснювати поточний ремонт колодязів, підтримуючи їх технічну справність.
- Вчасно міняти фільтри в системах централізованого водопостачання, щоб запобігти накопиченню токсичних речовин у воді.
- Рекомендується проводити фізико-хімічний аналіз води з приватних колодязів для оцінки її якості та безпеки для споживання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Arkhipchuk V. V., Goncharuk V. V. Water chemistry and technology. – 2004. – № 4. – P. 403–414.
2. Banks M. K., Schultz K. E. Comparison of plants for germination toxicity tests in petroleum contaminated soil // Water, Air, and Soil Pollution. – 2005. – Vol. 167. – P. 211–219.
3. Cruz J. M., Lopes P. R. M., Montagnolli R. N., Tamada I. S., Silva N. M., Bidoia E. D. Toxicity assessment of contaminated soil using seeds as bioindicators // Journal of Applied Biotechnology. – 2013. – Vol. 1. – P. 1–10.
4. Phillips D. H., Venitt S. Environmental mutagenesis. – Oxford : BIOS Scientific Publishers, 1995. – 401 p.
5. Di Salvatore M., Carafa A. M., Carrat G. Assessment of heavy metals phytotoxicity using seed germination and root elongation tests: A comparison of two growth substrates // Chemosphere. – 2008. – Vol. 73(9). – P. 1461–1464.
6. Drinking water minerals and mineral balance / F. Koszisek, I. Rosborg, O. Selinus, M. Ferrante, D. Jovanovic. – Switzerland : SIP, 2015. – 105 p.
7. Ennever F. K., Andreano G., Rosenkranz H. S. The ability of plant genotoxicity to predict carcinogenicity // Mutation Research. – 1988. – Vol. 205. – P. 99–105.
8. Fiskesjö G. The Allium test as a standard in environmental monitoring // Hereditas. – 1985. – Vol. 102. – P. 99–112.
9. Grant W. F. The present status of higher plant for the detection of environmental mutagens // Mutation Research. – 1994. – Vol. 310. – P. 175–185.
10. Ma T. H., Carberra G. L., Owens E. Genotoxic agents detected by plant bioassays // Reviews on Environmental Health. – 2005. – Vol. 20(5). – P. 1–13.
11. Ma T. H. The international program on plant bioassays and the report of the follow-up study after the hands-on workshop in China // Mutation Research. – 1999. – P. 103–106.
12. Maila M. P., Cloete T. E. Germination of *Lepidium sativum* as a method to evaluate polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) removal from contaminated soil // International Biodeterioration and Biodegradation. – 2002. – Vol. 50. – P. 107–113.
13. Manning W. J., Feder W. A. Biomonitoring air pollutions with plants. – London : Applied Science Publishers Ltd., 1980. – P. 135–141.
14. Njoku K. L., Akinola M. O., Oboh B. O. Growth and performance of *Glycine max* L. (Merrill) in crude oil contaminated soil augmented with cow dung // Nature and Science. – 2008. – Vol. 6(1). – P. 48–58.
15. Rizzoni M., Gustavino B., Ferrari C., Gatti L. G., Fano E. A. An integrated approach to the assessment of the environmental quality of the Tiber river in the urban area of Rome: a mutagenesis assay (micronucleus test) and an analysis of macrobenthic community structure // Science of the Total Environment. – 1995. – Vol. 162. – P. 127–137.
16. Vergolyas M. Research of cytotoxic activity of water from different

water supply sources // *Advances in Tissue Engineering & Regenerative Medicine: Open Access*. – 2019. – Vol. 5(3). – P. 92–96. – DOI: 10.15406/atroa.2019.05.00105.

17. Water in a Changing World // *The United Nations World Water Development Report 3 (WWDR3)*. – Paris : UNESCO, 2009. – 432 p.

18. Біоіндикація : методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт / [А. І. Горова, А. В. Павличенко, О. О. Борисовська та ін.] ; Національний гірничий університет. – 2014. – С. 7–8.

19. Біоіндикація : методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт / [А. І. Горова, А. В. Павличенко, О. О. Борисовська та ін.] ; Національний гірничий університет. – 2014. – С. 11.

20. Болтіна І. В., Верголяс М. Р., Повякель Л. І., Злацький І. А. Комплексне дослідження якості води різного призначення // *Досягнення і проблеми генетики, селекції та біотехнології*. – К. : ЛОГОС, 2012. – Т. 4. – С. 219–224.

21. Гончарук В. В., Архипчук В., Терлецька Г., Корчак Г. Комплексна оцінка якості фасованих вод // *Вісник НАН України*. – 2005. – № 3. – С. 47–58.

22. Джура Н. М. Можливості використання рослинних тест-систем для біомоніторингу нафтозабруднених ґрунтів // *Біологічні студії*. – 2011. – Т. 5. – С. 183–196.

23. Дятлов С. Е. Роль і місце біотестування в комплексному моніторингу забруднення морського середовища // *Екологія моря*. – 2000. – № 51. – С. 83–87.

24. Зерщикова Т. А. Сучасна проблематика аналізу якості питної води шляхом біотестування // *Фундаментальні дослідження*. – 2006. – № 11. – С. 54–55.

25. Кучеренко Т. В., Головатюк Є. О. Використання біотесту *Allium sera* L. (цибуля звичайна) для оцінювання антропогенного забруднення навколишнього середовища // *Агроекологічний журнал*. – 2008. – № 4. – С. 79–83.

26. Мальцев В. І., Карпова Г. О., Зуб Л. М. Визначення якості води методами біоіндикації. – К. : Науковий центр екомоніторингу та біорізноманіття мегаполісу НАН України, 2011. – 107 с.

27. Ольхович О. П., Мусієнко М. М. Фітоіндикація та фітомоніторинг. – К. : Фітосоціоцентр, 2005. – 64 с.

28. Першегуба Я. Стан питної води в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://labprice.ua/statti/stan-pitnoyi-vodi-v-ukrayini> (дата звернення: 11.04.2025).

29. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2019 році / Міністерство розвитку громад та територій України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2020/11/proekt-nacz.-dop.-za-2019.pdf> (дата звернення: 11.04.2025).

30. Петрук Р. В., Кравець Н. М., Трач І. А. Аналіз фітотоксичного ефекту небезпечних пестицидних препаратів за допомогою біоіндикації //

Technogenic and Ecological Safety. – 2019. – С. 47.

31. United Nations Environment Programme. Chemicals and Waste Management Programme. – Nairobi : UNEP, 2021. – 88 с. – Режим доступу: <https://www.unep.org/resources/report/chemicals-and-waste-management>.

32. Kümmerer K., Dionysiou D. D., Olsson O., Fatta-Kassinos D. A path to clean water // Science. – 2020. – Vol. 361, no. 6399. – P. 222–224.

33. Всесвітня організація охорони здоров'я. Глобальний огляд якості питної води. – Женева : WHO, 2023. – 64 с. – Режим доступу: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240060316>.

34. Gavrilescu M., Demnerová K., Aamand J., Agathos S., Fava F. Emerging pollutants in the environment: present and future challenges in biomonitoring, ecological risks and bioremediation // New Biotechnology. – 2019. – Vol. 32(1). – P. 147–156.

35. Trifuoggi M., Salvaggio M., Ferrante M. C. et al. Application of biological test systems in water quality assessment // Environmental Toxicology and Pharmacology. – 2021. – Vol. 84. – Article 103610.

36. Kümmerer K., Dionysiou D. D., Olsson O., Fatta-Kassinos D. A path to clean water // Science. – 2018. – Vol. 361, no. 6399. – P. 222–224.

37. Bai Y., Wang Y., Zhang T., Wen D. Environmental risks and toxicity of chemical pollutants in aquatic systems: a review // Ecotoxicology and Environmental Safety. – 2022. – Vol. 233. – Article 113297.

38. World Health Organization. Drinking-water and sanitation // WHO. – 2021. – Режим доступу: https://www.who.int/water_sanitation_health.

39. Trifuoggi M., Gallo M., Ciaravolo M. et al. Toxicological assessment of surface water used for drinking supply in Campania Region, Italy // Scientific Reports. – 2021. – Vol. 11. – Article 5025.

40. Гаврілеску М., Демнерова К., Айварссон Х., МакК'юен П. Забруднення водного середовища: джерела, токсичність і біоаккумуляція // Екологія і промисловість. – 2019. – № 1. – С. 35–47.

41. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні [Електронний ресурс] / Мінрегіон України. – Режим доступу: <https://mtu.gov.ua/content/nacionalna-dopovid-pro-yakist-pitnoi-vodi-ta-stan-pitnogo-vodopostachannya-v-ukraini.html> (дата звернення: 11.04.2025).

42. Належна кількість та якість питної води, як складова екологічної стійкості України [Електронний ресурс] / Державне агентство водних ресурсів України. – Режим доступу: <https://www.davr.gov.ua/news/nalezhna-kilkist-ta-yakist-pitnoi-vodi-yak-skladova-ekologichnoi-stijkosti-ukraini-perebuvaye-pid-postijnim-monitoringom-derzhvodagentstva> (дата звернення: 11.04.2025).

43. Якість і безпечність питного водопостачання: результати роботи Держпродспоживслужби в 2024 році [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://dpss.gov.ua/news/yakist-i-bezpechnist-pytneho-vodopostachannia-rezultaty-roboty-derzhprodspozhyvsluzhby-v-2024-rotsi> (дата звернення: 11.04.2025).

44. Стали відомі результати моніторингових досліджень питної води з водогону Умані [Електронний ресурс] // ПРОЧЕРК. – Режим доступу:

<https://procherk.info/news/7-cherkassy/119283-stali-vidomi-rezultati-monitoringovih-doslidzhen-pitnoyi-vodi-z-vodogonu-umani> (дата звернення: 11.04.2025).