

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Навчально - науковий інститут екології
Кафедра екології та менеджменту довкілля

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

магістра

на тему

ОЦІНКА РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ПІДЗЕМНИХ ВОД ДЛЯ ПИТНОГО ВОДОСПОЖИВАННЯ

Виконав: студент 2 курсу, групи ДЕ-62

спеціальності : «101 Екологія»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

_____ / Олександр ХРИСТЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник _____ / Наталія РИЧАК,
(підпис) (ім'я та прізвище)

Рецензент _____ / Катерина КРАВЧЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»

В.о. зав.кафедри _____ / Андрій АЧАСОВ
(підпис) (ім'я та прізвище)

Нормоконтроль _____ / Інна МИРНОВА
(підпис) (ім'я та прізвище)

Секретар ЕК _____ / Світлана БУРЧЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

Харків – 2024 рік

водах та вплив якості питних вод на стан здоров'я та умови проживання населення.

3. Провести оцінку ризику небезпеки концентрації певних речовин та вразливості для здоров'я населення.
4. Зробити аналіз отриманих даних про рівень забруднення підземних вод, розробити рекомендації щодо поліпшення стану підземних вод та зменшення вразливості населення.
5. Зробити висновки від зробленої роботи та узагальнити і охарактеризувати отримані дані.

4. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1	Огляд літературних джерел щодо проблеми забруднення підземних вод
2	Обґрунтування методів та відбір методик проведення дослідження
3	Обробка та аналіз результатів взятих проб підземних вод з різних місцевостей досліджуваної території
4	Розробка рекомендації щодо природоохоронних заходів з відновлення стану локальної екосистеми та заходів із запобігання вразливості населення
5	Формування загальних висновків кваліфікаційної роботи
6	Оформлення списку літературних джерел згідно встановлених вимог

5. Дата видачі завдання 08.05.2023 р.

Студент

_____ підпис

Олександр ХРИСТЕНКО

ім'я і прізвище

Керівник роботи

_____ підпис

доцент Наталія РИЧАК

посада, ім'я і прізвище

АНОТАЦІЯ

**ОЦІНКА РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ПРИ
ВИКОРИСТАННІ ПІДЗЕМНИХ ВОД ДЛЯ ПИТНОГО
ВОДОСПОЖИВАННЯ**

Олександр ХРИСТЕНКО

Кваліфікаційна робота «Оцінка ризику для здоров'я населення при використанні підземних вод для питного водоспоживання» містить 45 сторінок, 4 розділи, 4 таблиці, 5 рисунків, 2 формули, 14 використаних джерел.

Мета роботи: провести оцінку ризиків для здоров'я населення, які виникають при споживанні підземних вод для питних потреб.

Актуальність теми обумовлена зростаючою роллю підземних вод у системах водопостачання через дефіцит чистих поверхневих джерел. Це питання є особливо важливим у контексті поширення захворювань, викликаних вживанням неякісної води.

Завдання дослідження включають вивчення хімічного складу підземних вод, визначення ступеня забруднення та основних джерел небезпеки, проведення моделювання впливу забруднених вод на здоров'я, розробку рекомендацій щодо безпечного використання підземних вод.

Методи дослідження включають комплексний аналіз складу підземних вод, ризик-орієнтоване моделювання, а також використання геоінформаційних систем для оцінки вразливості різних територій.

Результати Для досліджень було обрано 2 пункти спостереження на території м. Харків. Визначено, що в усіх пунктах спостереження виявлено перевищення норм вмісту хлоридів в підземних водах.

ПІДЗЕМНІ ВОДИ, ПИТНЕ ВОДОПОСТАЧАННЯ, ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ, ОЦІНКА РИЗИКУ, ЗАБРУДНЕННЯ, ГІДРОХІМІЧНИЙ АНАЛІЗ.

ABSTRACT

ASSESSMENT OF HEALTH RISKS ASSOCIATED WITH THE USE OF GROUNDWATER FOR DRINKING WATER CONSUMPTION

Oleksandr Khrystenko

The qualification work "Assessment of Health Risks Associated with the Use of Groundwater for Drinking Water Consumption" comprises 45 pages, 4 sections, 4 tables, 5 figures, 2 formulas, and 14 references.

The purpose of the work: to assess the health risks for the population associated with groundwater consumption for drinking purposes.

Actuality of theme. This topic is of growing importance due to the increasing reliance on groundwater in water supply systems caused by the scarcity of clean surface water sources. It is particularly relevant in the context of the rising incidence of diseases linked to the consumption of poor-quality water.

Tasks. The study tasks include analyzing the chemical composition of groundwater, determining pollution levels and primary sources of contamination, modeling the impact of polluted water on health, and developing recommendations for the safe use of groundwater.

Methods. The study employs a comprehensive analysis of groundwater composition, risk-based modeling, and the use of geographic information systems (GIS) to assess the vulnerability of various areas.

The results. Two observation points in the city of Kharkiv were selected for the study. It was found that chloride content exceeded the allowable limits in all observation points, indicating a high level of contamination.

GROUNDWATER, DRINKING WATER SUPPLY, PUBLIC HEALTH, RISK ASSESSMENT, POLLUTION, HYDROCHEMICAL ANALYSIS.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. ПОДОЛАННЯ "ВОДНОЇ" КРИЗИ	9
1.1. Ресурси підземних вод та їх використання	9
1.2. Екологічний стан підземних вод	10
1.3. Характеристика якості питних вод децентралізованого водопостачання.	12
1.4. Вплив якості питних вод на стан здоров'я та умови проживання населення.....	15
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ	18
2.1. Методика визначення екологічного стану питних вод	18
2.2. Методика проведення оцінки ризику та вразливості для здоров'я населення.....	20
РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА РИЗИКУ ТА ВРАЗЛИВОСТІ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ПРИ СПОЖИВАННІ ПІДЗЕМНИХ ВОД РІЗНОЇ ЯКОСТІ.....	24
3.1. Аналіз екологічного стану підземних вод.....	24
3.2. Оцінка ризику для здоров'я населення при вживанні питних вод підземного походження.	25
3.3 Оцінка вразливості при споживанні підземних вод	34
РОЗДІЛ 4. Заходи з реформування та розвитку безпечного водопостачання для районів дослідження.....	38
ВИСНОВКИ.....	41
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	42
ДОДАТКИ.....	44

ВСТУП

Актуальність дослідження. Забезпечення населення чистою питною водою є важливим завданням, адже якість води має прямий вплив на здоров'я, екологію та економічний розвиток країни. Сучасні проблеми з доступом до якісної води пов'язані з зростаючим забрудненням поверхневих водойм, що змушує все більше звертатися до підземних джерел. Підземні води вважаються надійнішими і менш забрудненими, але, на жаль, вони теж зазнають значного впливу як природних факторів (присутність заліза, фтору, сульфатів тощо), так і антропогенного забруднення (хімічні речовини, пестициди, промислові відходи). Це підвищує актуальність досліджень, присвячених оцінці ризику та вразливості для здоров'я населення при використанні підземних вод.

Сутність проблеми полягає у необхідності комплексного підходу до оцінки якості підземних вод, що забезпечують питне водопостачання, адже навіть незначні перевищення концентрацій шкідливих речовин можуть призвести до хронічних отруєнь та серйозних проблем зі здоров'ям. Особливої уваги заслуговують регіони з активною сільськогосподарською діяльністю або близькістю до промислових зон, де можливе значне потрапляння забруднювачів до підземних джерел. Оцінка таких ризиків є важливим етапом для подальшого контролю та корекції ситуації з водозабезпеченням.

Мета роботи полягає у проведенні комплексної оцінки ризиків та вразливості для здоров'я населення при використанні підземних вод для питного водоспоживання, а також у розробці рекомендацій для зменшення негативного впливу забруднювачів на стан здоров'я населення.

Завдання дослідження:

1. Проаналізувати сучасний стан підземних вод, що використовуються для питного водопостачання в різних регіонах.
2. Визначити основні джерела та види забруднювачів підземних вод.

3. Провести гідрохімічний аналіз підземних вод у вибраних регіонах для виявлення небезпечних речовин.
4. Моделювати потенційні ризики для здоров'я населення, які можуть виникнути в результаті тривалого вживання забрудненої води.
5. Розробити рекомендації щодо запобігання та зниження ризиків для здоров'я.

Об'єктом дослідження є підземні води, які використовуються для питного водопостачання, з особливим фокусом на екологічну безпеку та здоров'я населення.

Предмет дослідження – ризики для здоров'я, пов'язані із забрудненням підземних вод, та методи їх оцінки.

Методи дослідження включають: гідрохімічний аналіз води, аналіз оцінки ризику для здоров'я при використанні підземних вод, а також методи екологічного моніторингу для оцінки якості води та визначення потенційної небезпеки для населення.

Наукова новизна полягає у визначенні нових підходів до оцінки ризиків для здоров'я, пов'язаних із тривалим використанням підземних вод у питному водозабезпеченні, а також у розробці методів оцінки вразливості підземних джерел до антропогенних забруднювачів.

Прикладне значення роботи полягає у можливості застосування її результатів для удосконалення системи моніторингу підземних вод, оптимізації очищення води та формування регіональних стратегій безпечного використання підземних вод для питного водоспоживання.

Отже, дослідження є актуальним та спрямованим на вирішення однієї з важливих екологічних і соціальних проблем сучасності – забезпечення населення безпечною питною водою, що має вирішальне значення для підтримки здоров'я нації та покращення якості життя.

РОЗДІЛ 1

ПОДОЛАННЯ "ВОДНОЇ" КРИЗИ

1.1. Ресурси підземних вод та їх використання

Підземні води є важливим природним ресурсом, що відіграє ключову роль у водопостачанні багатьох регіонів України, зокрема міста Харків та Харківської області. В умовах обмежених запасів поверхневих вод і їхнього забруднення, використання підземних вод стає одним із найбільш перспективних способів забезпечення стабільного водопостачання населення та промислових об'єктів. Особливо актуальним це питання є для регіонів зі значним навантаженням на водні ресурси, до яких належить і Харківщина.

В Україні підземні води розподілені по декількох основних водоносних горизонтах, що залягають на різних глибинах та характеризуються різною потужністю. Водоносні горизонти в Харківській області мають потужність від 10 до 50 метрів і розташовані на глибині від 20 до 150 метрів залежно від геологічних умов конкретного району. Для Харківського регіону характерне використання кількох ключових горизонтів, таких як Дніпровсько-Донецький та Середньокам'яний горизонти, які забезпечують водозабір для міських і сільських водопостачальних систем [9]. Розташування та глибина цих горизонтів дозволяють використовувати їх як основні джерела питного водопостачання, оскільки вони мають відносно стабільну якість води з невеликим вмістом шкідливих речовин.

Ресурси підземних вод Харківщини оцінюються як перспективні, однак для їх ефективного використання важливо враховувати динаміку попиту та прогнози щодо змін клімату, які можуть впливати на відновлення водоносних горизонтів. У прогнозних оцінках застосовують як статистичні методи, так і моделювання гідрологічного циклу, що дає змогу врахувати сезонні та багаторічні коливання в кількості опадів і, відповідно, в поповненні підземних вод. Важливу роль у прогнозуванні також відіграють

гідрогеологічні моделі, що дозволяють оцінити вплив антропогенної діяльності, зокрема, інтенсивного водозабору на динаміку рівнів водоносних горизонтів.

У Харкові та його околицях основні запаси підземних вод зосереджені у водоносних шарах, розташованих на глибині до 150 метрів. Водоносні горизонти мають достатню потужність, щоб забезпечувати міський водозабір навіть у періоди підвищеного попиту. Потужність водоносних горизонтів в околицях Харкова дозволяє зберігати запас води на перспективу, але з огляду на зростаюче навантаження через інтенсивне споживання, прогнозовані запаси необхідно періодично переглядати і уточнювати. Зокрема, питання ефективного управління цими запасами включає моніторинг якості води, рівнів водоносних горизонтів, а також розробку рекомендацій щодо оптимального водокористування.

Отже, ресурси підземних вод у Харківській області є важливим джерелом для питного і технічного водопостачання, а їхня стійкість до антропогенних змін потребує систематичного контролю.

1.2. Екологічний стан підземних вод

За останні три роки стан підземних вод в Україні залишався складним, особливо у промислово розвинених регіонах, таких як Харківська область. Основними джерелами забруднення підземних вод залишаються аграрна діяльність, промислові відходи, зростаючий обсяг побутових стоків, а також недостатнє очищення стічних вод. Водночас у місті Харків та на його околицях спостерігається зниження рівня підземних вод, яке спричинене не лише високим рівнем водозабору, але й змінами клімату.

У загальному масштабі для України характерне забруднення підземних вод нітратами, пестицидами, важкими металами та органічними забруднювачами. За даними Національної доповіді про якість питної води за 2022 рік та звітами Всеукраїнської екологічної ліги, Харківщина є однією з

областей з підвищеним вмістом шкідливих речовин у водоносних горизонтах через сільськогосподарські та промислові забруднення [10].

Наприклад, у деяких районах області та самого Харкова концентрація нітратів та фторидів перевищує ГДК.

Таблиця 1.1

Екологічний стан підземних вод в Україні,
Харківській області та місті Харків (2020–2023)

<i>Параметр</i>	<i>Рік</i>	<i>Україна (загалом)</i>	<i>Харківська обл.</i>	<i>м. Харків</i>
Концентрація нітратів (мг/л)	2021	20–50	42–75	48–92
	2022	20–50	45–80	50–100
	2023	20–50	45–85	52–105
Концентрація хлоридів (мг/л)	2021	200–350	350–550	420–570
	2022	210–360	360–560	430–580
	2023	220–370	370–570	440–600
Концентрація сульфатів (мг/л)	2021	150–250	300–450	370–480
	2022	160–260	310–460	380–490
	2023	170–270	320–470	390–500
Температура води (°C)	2021	12–15	14–18	15–19
	2022	13–16	15–19	16–20
	2023	13–17	16–20	17–21
Концентрація важких металів	2021	Локальні перевищення	Зростання у зв'язку із посиленням аграрної діяльності	Перевищення у промислових зонах
	2022	Перевищення в окремих областях	Виявлено зростання концентрацій у водоносних горизонтах	Стабільні локальні перевищення
	2023	Перевищення в ряді регіонів	Подальше зростання у промислових зонах	Поступове зниження після запровадження очистки
Рівень підземних вод	2021	Спад на 5–12%	Спад на 12%	Спад на 15%
	2022	Спад на 8–15%	Спад на 10–15%	Спад на 18%
	2023	Стабілізація	Спад на 15%	Спад на 20%
Основні джерела забруднення	2021	Сільське господарство, відходи	Аграрна діяльність, промислові зони	Водозабір, промислові стоки
	2022	Аграрні відходи, побутові стоки	Сільське господарство	Інтенсивне водокористування
	2023	Побутові та промислові відходи	Сільське господарство, промисловість	Промислові стоки, водовідведення

Дані для таблиці взяті із Державного моніторингу поверхневих вод (включаючи Сіверсько-Донецьке басейнове управління), яке здійснює контроль за станом водних масивів, включаючи Харківську область [9].

1.3. Характеристика якості питних вод децентралізованого водопостачання

Децентралізоване водопостачання у місті Харків здійснюється за рахунок підземних джерел, які використовуються для задоволення потреб населення у питній воді. З огляду на сучасні екологічні умови, якість підземних вод постійно змінюється під впливом як природних, так і антропогенних факторів. Останніми роками у Харкові спостерігається підвищення рівня забруднення підземних вод через аграрну діяльність, промислові викиди, а також підвищене водоспоживання.

У цьому розділі проаналізовано якість питної води з децентралізованих джерел у місті Харків за останні три роки (2021–2023 роки), розглянуто основні показники якості води, а також проведено аналіз впливу цих показників на здоров'я населення.

Огляд стану питної води за останні три роки.

1. Концентрація нітратів

Нітрати є одним з найбільш поширених забруднювачів підземних вод у сільськогосподарських регіонах. Вони потрапляють у ґрунтові та підземні води внаслідок надмірного використання азотних добрив. Вміст нітратів у воді має значні коливання і перевищує допустимі норми, що становить загрозу для здоров'я, особливо для дітей і вагітних жінок.

1) 2021 рік: Вміст нітратів варіювався в межах 48–92 мг/л у джерелах міста, що перевищувало ГДК (50 мг/л).

2) 2022 рік: Спостерігалось подальше збільшення концентрації до 50–100 мг/л, особливо в районах з активною аграрною діяльністю.

3) 2023 рік: Незважаючи на спроби знизити використання добрив,

концентрація нітратів залишилася високою – 52–105 мг/л.

2. Концентрація хлоридів і сульфатів.

Концентрації хлоридів і сульфатів є індикаторами хімічного забруднення води в результаті промислових стоків та відходів. Хлориди і сульфати можуть змінювати смак води і становити небезпеку при тривалому вживанні.

1) Хлориди: За 2021–2023 роки їх концентрація збільшилася з 420 до 440 мг/л. Це перевищення ГДК (250 мг/л) свідчить про значний вплив промислових стоків і порушення гідрологічних умов у місті.

2) Сульфати: За ці роки концентрація сульфатів зросла з 370 до 390 мг/л. Перевищення ГДК (500 мг/л) поки не спостерігалось, проте наявна тенденція до зростання може призвести до проблем у майбутньому.

3. Забруднення важкими металами та органічними речовинами.

Джерела підземних вод у промислових зонах Харкова також страждають від забруднення важкими металами (свинець, кадмій, мідь). Локальні перевищення цих речовин можуть бути небезпечними для здоров'я людей, особливо при тривалому вживанні такої води. Органічні забруднювачі, як-от пестициди, також виявлялися у воді, особливо в районах з активною аграрною діяльністю.

1) Важкі метали: У 2021 році виявлено локальні перевищення, які зберігались протягом 2022 і 2023 років.

2) Органічні забруднювачі: У 2021–2023 роках концентрація пестицидів варіювалась у межах 0.12–0.22 мг/л, що перевищує допустимі норми для питної води.

4. Біологічна якість води.

За останні роки було зафіксовано збільшення мікробіологічних показників забруднення води. Це пов'язано з поганим станом систем водовідведення та недостатньою очисткою води на локальних рівнях. Вода, забруднена патогенними мікроорганізмами, може стати джерелом інфекційних захворювань.

- 1) 2021 рік: Біологічне забруднення спостерігалось у 12% джерел.
- 2) 2022 рік: У 18% децентралізованих джерел виявлено перевищення бактеріологічних норм.
- 3) 2023 рік: Незважаючи на спроби очищення, рівень забруднення залишився на високому рівні – близько 20% джерел не відповідали стандартам.

Для наочності представлено графік змін концентрації різних речовин і температури води, які безпосередньо впливають на її якість (рис.1.1). Кожен параметр показаний у межах мінімальних та максимальних значень, що дозволяє оцінити загальні тенденції та коливання.

1) Нітрати: Спостерігається поступове зростання як мінімальних, так і максимальних концентрацій нітратів протягом 2021–2023 років, що свідчить про збільшення антропогенного впливу на водоносні горизонти.

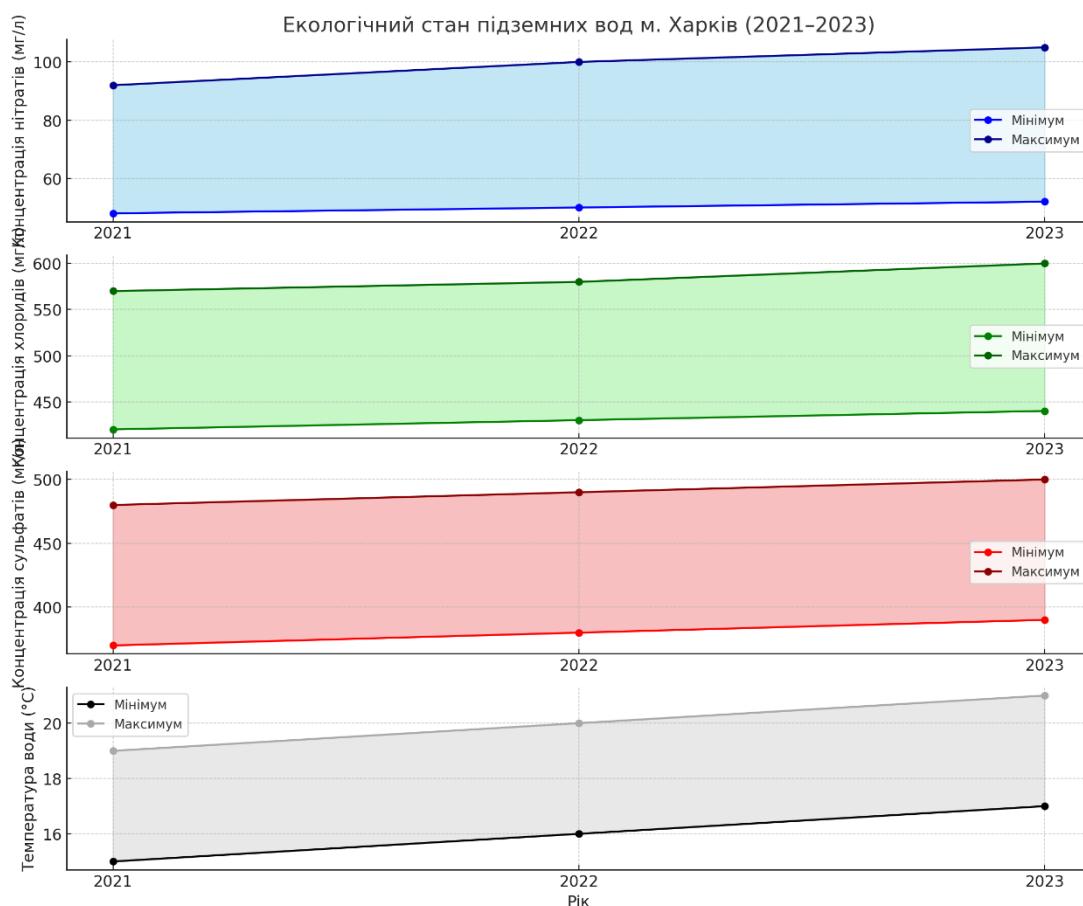


Рис. 1.1 – Екологічний стан підземних вод м. Харків за 2021-2023 роки

2) Хлориди: Концентрація хлоридів також зростає, особливо максимальні значення. Це може бути пов'язано з інфільтрацією побутових і промислових стоків.

3) Сульфати: Мінімальні й максимальні значення сульфатів повільно, але стабільно збільшуються, що може свідчити про зростання промислового забруднення та хімічного навантаження.

4) Температура води: Температура підземних вод має тенденцію до зростання, що може бути пов'язано з кліматичними змінами і впливом техногенних факторів.

Такі тенденції вказують на погіршення якості води, що становить потенційний ризик для екології регіону та здоров'я населення.

1.4. Вплив якості питних вод на стан здоров'я та умови проживання населення

Якість питної води має безпосередній вплив на здоров'я населення та умови його проживання. Від якості води залежить рівень захворюваності, а також загальний рівень комфорту та безпеки життя. Багато досліджень свідчать про те, що споживання забрудненої води може викликати широкий спектр захворювань, включаючи інфекційні, хронічні та онкологічні захворювання. Розглянемо основні аспекти впливу якості питної води на здоров'я населення на основі сучасної наукової літератури.

1. Вплив хімічних забруднювачів.

Згідно з дослідженнями, проведеними ВООЗ, найбільш небезпечними хімічними забруднювачами питної води є нітрати, важкі метали (свинець, кадмій, ртуть) та пестициди. Нітрати, що потрапляють у воду через аграрну діяльність, можуть викликати метгемоглобінемію у дітей, що призводить до зниження здатності крові переносити кисень. Статті, присвячені забрудненню води важкими металами, свідчать про те, що тривале вживання води з підвищеним вмістом свинцю може викликати неврологічні

порушення, зокрема у дітей, та сприяти розвитку онкологічних захворювань [8].

Також не менш важливими є пестициди, які використовуються в сільському господарстві. Відповідно до досліджень, пестициди можуть викликати отруєння, ендокринні порушення та збільшувати ризик розвитку ракових захворювань [13]. Наприклад, статті під редакцією Європейського агентства з охорони навколишнього середовища підкреслюють, що пестициди, такі як гліфосат та атразин, часто виявляються в питній воді у концентраціях, що перевищують допустимі норми.

2. Вплив біологічних забруднювачів.

Окремим важливим питанням є забруднення води патогенними мікроорганізмами. Згідно з дослідженнями у сфері громадського здоров'я, мікробіологічні забруднювачі можуть стати причиною спалахів гострих кишкових інфекцій, гепатиту А, холери та інших інфекційних хвороб. Стаття «Water Quality and Public Health: A Review» відзначає, що забрудненість питної води бактеріями групи кишкової палички є одним з найбільш поширених чинників, що викликають хвороби у регіонах із недостатньою системою водоочищення [12].

Крім того, дослідження в країнах, що розвиваються, свідчать, що діти віком до 5 років є найбільш вразливими до інфекцій, пов'язаних з водою. Багато наукових статей підкреслюють важливість дотримання санітарних норм та впровадження ефективних технологій очистки води для зниження рівня захворюваності.

3. Соціально-економічний вплив на умови проживання.

Якість води не лише впливає на здоров'я, але й визначає соціально-економічні умови життя населення. У регіонах з поганою якістю води спостерігається зниження якості життя, підвищення витрат на медичне обслуговування та зниження продуктивності праці через часті захворювання населення. Дослідження, опубліковані у журналі «Environmental Research», підтверджують, що покращення якості питної води позитивно корелює з

покращенням економічних показників на рівні домогосподарств та регіонів.

В оглядах світових практик також наголошується, що країни, які інвестують у систему водоочищення та забезпечення чистої питної води, знижують захворюваність серед населення, зменшують витрати на охорону здоров'я та покращують загальний добробут громадян. Це підтверджується даними досліджень, проведених у країнах Європи, де водоочисні споруди дозволили знизити ризики для здоров'я населення до мінімуму.

Аналіз актуальної наукової літератури свідчить про те, що якість питної води є ключовим фактором, який впливає на здоров'я населення і умови проживання. Забруднення води хімічними, біологічними і фізичними агентами призводить до серйозних ризиків для здоров'я, зокрема для дітей та людей з ослабленим імунітетом. Для мінімізації цих ризиків необхідне систематичне покращення водоочисних технологій, посилений контроль за станом води, а також інформування населення про можливі небезпеки.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Методика визначення екологічного стану питних вод

Оцінка екологічного стану питних вод базується на комплексі заходів, спрямованих на моніторинг, контроль якості та дотримання нормативів для підземних вод, що використовуються для питного водопостачання. Дана методика спирається на положення Наказу № 325 від 11.05.2023 р. "Про затвердження Правил охорони підземних вод" та Державних санітарних норм і правил "Показники безпечності та окремі показники якості питної води" (Наказ МОЗ України), які визначають вимоги до безпечності питної води, обов'язкові для всіх суб'єктів, що займаються експлуатацією водозаборів підземних вод [3].

Основні етапи методики визначення екологічного стану наведено на рис. 2.1.



Рис. 2.1 – Етапи визначення екологічного стану підземних вод

Моніторинг та відбір проб. Відповідно до Правил охорони підземних вод (Наказ № 325), кожне підприємство з водозабору зобов'язане проводити регулярний моніторинг та відбір проб для аналізу хімічного складу

підземних вод, що постачаються населенню [3]. Моніторинг здійснюється на основі спостережень за кількісними та якісними характеристиками підземних вод, зокрема на ділянках, де можливе значне антропогенне навантаження (промислові зони, сільськогосподарські об'єкти). Згідно з Державними санітарними нормами і правилами, проби води повинні відповідати критеріям якості за мікробіологічними, органолептичними, фізико-хімічними та токсикологічними показниками.

Гігієнічна оцінка якості води. Державні санітарні норми передбачають контроль за такими параметрами, як концентрація нітратів, нітритів, важких металів (ртуть, свинець, кадмій), органічних забруднювачів (пестициди, тригалогенметани) та радіаційна безпека води. Дослідження проводяться на основі затверджених методик, що гарантують точність результатів та відповідність вимогам безпечності. Вода вважається придатною для пиття, якщо всі показники не перевищують допустимі норми. У разі виявлення перевищень здійснюються повторні аналізи для підтвердження результатів і вживаються заходи для усунення джерела забруднення.

Контроль зон санітарної охорони. Наказ № 325 визначає необхідність створення зон санітарної охорони водозаборів, що поділяються на три пояси: суворого режиму, обмежень і спостереження. Встановлення цих зон спрямоване на захист підземних вод від мікробного та хімічного забруднення. Розрахунок меж санітарних зон базується на гідродинамічних розрахунках, що враховують швидкість просування забруднювачів у водоносних горизонтах [3]. Цей підхід забезпечує безпечність джерел водопостачання та мінімізує ризик забруднення.

Тестування додаткових параметрів в особливих умовах. У випадках надзвичайних ситуацій, таких як воєнний стан або загроза забруднення токсичними речовинами, додатково перевіряються специфічні речовини, що можуть потрапити у воду. До таких речовин належать хлорорганічні сполуки, фосфорорганічні отрути, іприт та інші небезпечні хімікати. Контроль здійснюється із застосуванням спеціальних тест-наборів та за підтримки

мобільних лабораторій. Цей етап є обов'язковим для захисту здоров'я населення у випадках хімічного або біологічного забруднення.

Регулярний виробничий контроль та документування. Підприємства водопостачання зобов'язані організувати постійний виробничий контроль за безпечністю та якістю води, включаючи періодичне тестування на вміст хімічних елементів та бактеріологічну чистоту. Програма контролю розробляється з урахуванням специфіки регіону, інтенсивності використання водних ресурсів та можливих джерел забруднення. Відповідно до вимог Державного водного кадастру, підприємства подають звітність про якість води до Держгеонадр, що забезпечує прозорість та контроль за використанням підземних вод.

Аналіз результатів та прийняття заходів. Після отримання результатів аналізу проб здійснюється оцінка відповідності якості води встановленим нормативам. У разі виявлення відхилень проводяться додаткові дослідження, визначаються можливі джерела забруднення, і вживаються заходи для їх усунення. За необхідності залучаються державні органи для впровадження заходів щодо покращення стану водозаборів або запровадження більш жорстких умов експлуатації.

Методика визначення екологічного стану питних вод охоплює комплекс заходів з регулярного контролю якості води, моніторингу стану водоносних горизонтів, створення санітарних зон і виробничого контролю. Впровадження цієї методики відповідно до нормативних документів України забезпечує підтримку належної якості питної води та безпеку населення, а також дозволяє своєчасно виявляти й усувати джерела забруднення, зберігаючи екологічний баланс водних ресурсів.

2.2. Методика проведення оцінки ризику та вразливості для здоров'я населення

Оцінка ризику є ключовим етапом у процесі забезпечення безпеки

питної води, особливо коли йдеться про підземні води. Підземні води часто є важливим джерелом водопостачання, однак їх якість може бути під загрозою через забруднення від різноманітних джерел. Ця методика передбачає комплексний аналіз, що дозволяє визначити, як забруднення підземних вод може вплинути на здоров'я населення, а також виявити вразливі групи людей, які можуть постраждати внаслідок використання таких вод.

Основні етапи оцінки ризику

Оцінка ризику складається з кількох етапів, кожен з яких має своє значення для формування загальної картини можливих загроз (див. рис. 2.2).

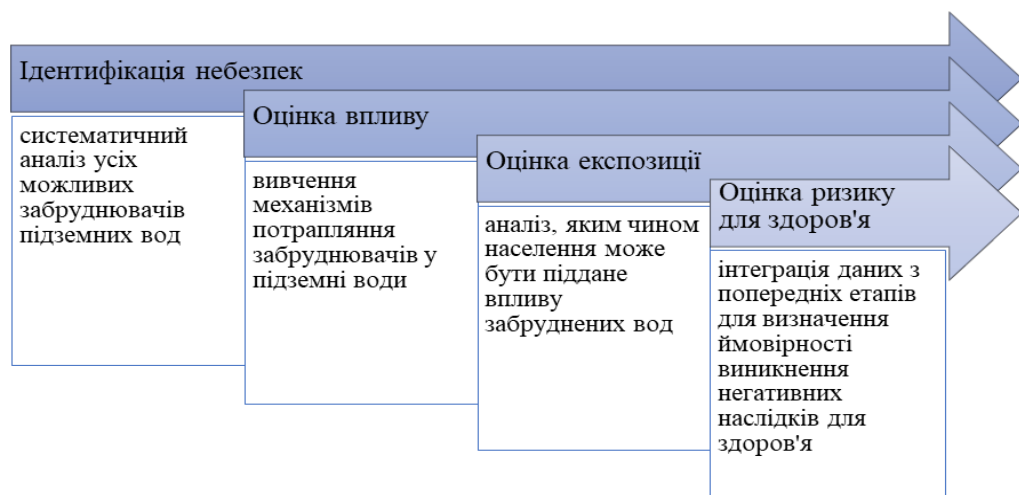


Рис. 2.2 – Етапи оцінки ризику

При ідентифікації небезпек важливо також враховувати географічні, кліматичні та екологічні чинники, які можуть вплинути на якість води. Наприклад, наявність сільськогосподарських угідь поблизу може підвищувати ризик забруднення нітратами.

Процес оцінки впливу може включати оцінку впливу певних виробництв, сільськогосподарських практик або інфраструктурних проектів.

Необхідно проводити аналіз токсичних властивостей забруднюючих речовин та визначити їх можливі наслідки для здоров'я людини, зокрема, вивчити, які хвороби можуть виникнути внаслідок споживання забрудненої

води.

На етапі оцінки експозиції варто враховувати не лише пряме споживання води, а й інші можливі шляхи, такі як вживання продуктів, які були вирощені з використанням забрудненої води.

Крім того, слід визначити групи населення, які є найбільш вразливими до ризиків, що виникають через використання підземних вод. Це можуть бути діти, вагітні жінки, люди з хронічними захворюваннями або особи похилого віку.

На етапі оцінки ризику для здоров'я потрібно використовувати статистичні дані та епідеміологічні дослідження для оцінки зв'язку між споживанням забрудненої води та захворюваннями. Важливо також враховувати фактори, які можуть змінювати ризик, такі як рівень обізнаності населення про небезпеку, медичне обслуговування та доступ до альтернативних джерел води.

Для ефективного проведення оцінки ризику використовуються різноманітні методи та інструменти зображенні в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Методи оцінки ризику

Метод	Опис
Моделювання ризику	Комп'ютерні моделі для прогнозування сценаріїв забруднення (дозволяє прогнозувати ризику та планувати заходи з їх мінімізації)
Геоінформаційні системи (ГІС)	Аналіз просторових даних для візуалізації ризиків (дозволяє візуалізувати інформацію про забруднення, потенційні джерела небезпеки та вразливі зони)
Епідеміологічні дослідження	Збір даних про здоров'я населення та зв'язок із забрудненням

Вразливість населення до ризиків, пов'язаних із забрудненням підземних вод, визначається декількома ключовими факторами (рис. 2.3).



Рис. 2.3 – Ключові фактори вразливості населення

1. Соціально-економічний статус: низький рівень доходу або бідність може обмежити доступ до чистих і безпечних джерел води, що робить такі верстви населення більш вразливими.

2. Стан здоров'я: особи з хронічними захворюваннями або ослабленим імунітетом мають підвищений ризик негативного впливу від споживання забрудненої води.

3. Обізнаність і поведінкові фактори: знання про ризики, пов'язані з використанням підземних вод, а також поведінкові практики (наприклад, фільтрація води перед споживанням) можуть істотно вплинути на рівень вразливості.

Методика оцінки ризику та вразливості для здоров'я населення при використанні підземних вод є незамінним інструментом у забезпеченні безпеки водопостачання. Вона дозволяє виявити ключові небезпеки, оцінити потенційні наслідки для здоров'я та розробити відповідні рекомендації для зменшення ризиків. Застосування системного підходу до оцінки ризику допоможе не лише поліпшити якість води, але й сприяти підвищенню рівня здоров'я населення в цілому.

РОЗДІЛ 3

ОЦІНКА РИЗИКУ ТА ВРАЗЛИВОСТІ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ПРИ СПОЖИВАННІ ПІДЗЕМНИХ ВОД РІЗНОЇ ЯКОСТІ

3.1. Аналіз екологічного стану підземних вод

Підземні води є важливим ресурсом для забезпечення населення питною водою. Проте їх якість може бути під загрозою через різні фактори, включаючи забруднення від сільськогосподарських та промислових діяльностей. У цьому розділі буде проведено аналіз екологічного стану підземних вод на основі проб, відібраних 11 жовтня 2024 року у м. Харкові. Проба 1 – парк Юність (джерело), проба 2 – джерело біля Немишлі. (Додаток А). Для порівняння буде використано гранично допустимі концентрації (ГДК) речовин відповідно до норм України.

Таблиця 3.1 містить результати вимірювань для кожної з проб, що були відібрані, а також порівняння з ГДК відповідно до норм українського законодавства.

Аналіз результатів показав, що більшість показників якості підземних вод відповідають установленим нормам України [4]. Проте, слід зазначити кілька критичних моментів:

1. Нітрати: У першій пробі було виявлено 18 мг/дм³ нітратів, що все ще знаходиться в межах ГДК (45 мг/дм³), але вказує на можливе забруднення з сільськогосподарських практик.

2. Хлориди: Вміст хлоридів у першій пробі (504 мг/дм³) перевищує ГДК (350 мг/дм³). Це може свідчити про забруднення з побутових чи промислових джерел, що потребує подальшого вивчення.

3. Лужність та жорсткість: Перша проба показала підвищену лужність (8,2 ммоль/дм³) та жорсткість (11,6 ммоль/дм³), що перевищує допустимі норми. Це може свідчити про наявність у воді кальцію та магнію, які є наслідком геохімічних процесів у ґрунті.

4. Залізо та цинк: У другій пробі виявлено підвищений вміст заліза (0,516 мг/дм³) і цинку (0,918 мг/дм³). Хоча обидва показники не перевищують ГДК, такі концентрації можуть впливати на смакові якості води та вимагати контролю.

Таблиця 3.1

Аналіз відібраних проб підземних вод

Назва речовини	Проба 1	Проба 2	ГДК (мг/дм ³)	Висновок
рН	6,658	6,893	6,5-8,5	В межах норми
Аміак	0,08	0,04	<0,5	В межах норми
Запах	0	0	0	В межах норми
Прозорість	25	24	>20	В межах норми
Нітрити	0,02	0,002	<0,1	В межах норми
Нітрати	18	0	<45	В межах норми
Хлориди	504	416	<350	Перевищення норми
Лужність	8,2	7,5	4-8	Перевищення норми
Жорсткість	11,6	9,0	7-10	1 проба перевищує норму
Залізо	0,001	0,516	0,3	2 проба перевищує норму
Цинк	0,006	0,918	1,0	2 проба близька до межі
Мідь	0,001	0,00914	1,0	В межах норми
Марганець	0	0,002	0,1	В межах норми
Кадмій	0,001	0,0001	0,005	В межах норми
Хром	0	0	0,05	В межах норми

Результати аналізу якості підземних вод вказують на переважно задовільний стан, однак існують деякі показники, які потребують подальшого контролю і дослідження. Особливу увагу слід приділити високим концентраціям хлоридів, а також моніторингу нітратів у воді. Регулярний моніторинг якості підземних вод допоможе виявити потенційні загрози для здоров'я населення і вжити заходів для їх усунення.

3.2. Оцінка ризику для здоров'я населення при вживанні питних вод підземного походження.

У цьому розділі розглядається ризик для здоров'я від споживання

підземної води, зокрема води з джерела біля Немишлі в місті Харкові, де показники якості перевищують норми більше, ніж у пробі з джерела парку Юність.

Методика оцінки базується на розрахунку індексів небезпеки для кожного забруднювача та загального ризику для здоров'я. Процес передбачає визначення неканцерогенного ризику для основних виявлених забруднювачів підземної води. Розрахунок здійснюється на основі середньодобової дози (LADI), яка надходить в організм людини при споживанні води, і порівнюється з безпечними референтними дозами для визначення індексу небезпеки (HQ) [11].

Формули для розрахунку ризику.

1. Середньодобова доза (LADI) розраховується за формулою:

$$LADI = \frac{C_w \cdot V \cdot EF \cdot ED}{BW \cdot AT \cdot 365} \quad (3.1)$$

Де C_w – концентрація речовини у воді, мг/л;

V – середнє споживання води на добу, л/добу (2 л для дорослих та 1 л для дітей);

EF – частота експозиції, діб/рік (350 діб/рік);

ED – тривалість експозиції, роки (30 років для дорослих, 6 років для дітей);

BW – маса тіла, кг (70 кг для дорослих, 15 кг для дітей);

AT – період експозиції, роки (30 років для дорослих, 6 років для дітей).

2. Індекс небезпеки (HQ) визначається як відношення середньодобової дози (LADI) до референтної дози (RfD):

$$HQ = \frac{LADI}{RfD} \quad (3.2)$$

Для більш наочного аналізу впливу забруднень на дорослих і дітей

проведемо розрахунки для всіх виявлених речовин у обох пробах.

1. LADI для дорослих:

$$LADI_{\text{дорослі}} = \frac{C_w * \frac{2\text{л}}{\text{добу}} * \frac{350\text{діб}}{\text{рік}} * 30\text{років}}{70\text{кг} * 30\text{років} * 365}$$

2. LADI для дітей:

$$LADI_{\text{діти}} = \frac{C_w * \frac{1\text{л}}{\text{добу}} * \frac{350\text{діб}}{\text{рік}} * 6\text{років}}{15\text{кг} * 6\text{років} * 365}$$

Розрахунки для першої проби:

1. Нітрати

$$\bullet LADI (\text{дорослі}) = \frac{18 * 2 * 350 * 30}{70 * 30 * 365} = 0,4931 \frac{\text{мг}}{\text{кг} * \text{доба}}$$

$$\bullet HQ (\text{дорослі}) = \frac{0,4931}{1,6} = 0,3082$$

$$\bullet LADI (\text{діти}) = \frac{18 * 1 * 350 * 6}{15 * 6 * 365} = 1,1507 \frac{\text{мг}}{\text{кг} * \text{доба}}$$

$$\bullet HQ (\text{діти}) = \frac{1,1507}{1,6} = 0,7192$$

2. Хлориди

$$\bullet LADI (\text{дорослі}) = \frac{504 * 2 * 350 * 30}{70 * 30 * 365} = 13,8082 \frac{\text{мг}}{\text{кг} * \text{доба}}$$

$$\bullet HQ (\text{дорослі}) = \frac{13,8082}{0,3} = 46,0274$$

$$\bullet LADI (\text{діти}) = \frac{504 * 1 * 350 * 6}{15 * 6 * 365} = 32,2192 \frac{\text{мг}}{\text{кг} * \text{доба}}$$

$$\bullet HQ (\text{діти}) = \frac{32,2192}{0,3} = 107,3973$$

3. Залізо

$$\bullet LADI (\text{дорослі}) = \frac{0,001 * 2 * 350 * 30}{70 * 30 * 365} = 0,0000274 \frac{\text{мг}}{\text{кг} * \text{доба}}$$

$$\bullet HQ (\text{дорослі}) = \frac{0,0000274}{0,7} = 0,0000391$$

$$\bullet LADI (\text{діти}) = \frac{0,001 * 1 * 350 * 6}{15 * 6 * 365} = 0,000064 \frac{\text{мг}}{\text{кг} * \text{доба}}$$

$$\bullet HQ (\text{діти}) = \frac{0,000064}{0,7} = 0,0000913$$

4. Цинк

$$\bullet \text{LADI (дорослі)} = \frac{0,006 \cdot 2 \cdot 350 \cdot 30}{70 \cdot 30 \cdot 365} = 0,0001644 \frac{\text{мг}}{\text{кг} \cdot \text{доба}}$$

$$\bullet \text{HQ (дорослі)} = \frac{0,0001644}{0,3} = 0,0005479$$

$$\bullet \text{LADI (діти)} = \frac{0,006 \cdot 1 \cdot 350 \cdot 6}{15 \cdot 6 \cdot 365} = 0,000384 \frac{\text{мг}}{\text{кг} \cdot \text{доба}}$$

$$\bullet \text{HQ (діти)} = \frac{0,000384}{0,3} = 0,001279$$

5. Мідь

$$\bullet \text{LADI (дорослі)} = \frac{0,001 \cdot 2 \cdot 350 \cdot 30}{70 \cdot 30 \cdot 365} = 0,0000274 \frac{\text{мг}}{\text{кг} \cdot \text{доба}}$$

$$\bullet \text{HQ (дорослі)} = \frac{0,0000274}{0,04} = 0,00685$$

$$\bullet \text{LADI (діти)} = \frac{0,001 \cdot 1 \cdot 350 \cdot 6}{15 \cdot 6 \cdot 365} = 0,000064 \frac{\text{мг}}{\text{кг} \cdot \text{доба}}$$

$$\bullet \text{HQ (діти)} = \frac{0,000064}{0,04} = 0,0016$$

6. Марганець

$$\bullet \text{LADI (дорослі)} = \frac{0,0 \cdot 2 \cdot 350 \cdot 30}{70 \cdot 30 \cdot 365} = 0,0 \frac{\text{мг}}{\text{кг} \cdot \text{доба}}$$

$$\bullet \text{HQ (дорослі)} = \frac{0,000055}{0,14} = 0,0$$

$$\bullet \text{LADI (діти)} = \frac{0,0 \cdot 1 \cdot 350 \cdot 6}{15 \cdot 6 \cdot 365} = 0,0 \frac{\text{мг}}{\text{кг} \cdot \text{доба}}$$

$$\bullet \text{HQ (діти)} = \frac{0,0}{0,14} = 0,0$$

7. Кадмій

$$\bullet \text{LADI (дорослі)} = \frac{0,001 \cdot 2 \cdot 350 \cdot 30}{70 \cdot 30 \cdot 365} = 0,0000274 \frac{\text{мг}}{\text{кг} \cdot \text{доба}}$$

$$\bullet \text{HQ (дорослі)} = \frac{0,0000027}{0,0001} = 0,0274$$

$$\bullet \text{LADI (діти)} = \frac{0,001 \cdot 1 \cdot 350 \cdot 6}{15 \cdot 6 \cdot 365} = 0,000064 \frac{\text{мг}}{\text{кг} \cdot \text{доба}}$$

$$\bullet \text{HQ (діти)} = \frac{0,000064}{0,0001} = 0,0639$$

8. Хром

$$\bullet \text{LADI (дорослі)} = \frac{0 \cdot 2 \cdot 350 \cdot 30}{70 \cdot 30 \cdot 365} = 0,0 \frac{\text{мг}}{\text{кг} \cdot \text{доба}}$$

- HQ (дорослі) = $\frac{0}{0,003} = 0,0$
- LADI (діти) = $\frac{0*1*350*6}{15*6*365} = 0,0 \frac{\text{мг}}{\text{кг*доба}}$
- HQ (діти) = $\frac{0}{0,003} = 0,0 \frac{\text{мг}}{\text{кг*доба}}$

9. Нітрити

- LADI (дорослі) = $\frac{0,02*2*350*30}{70*30*365} = 0,0005 \frac{\text{мг}}{\text{кг*доба}}$
- HQ (дорослі) = $\frac{0,00055}{0,1} = 0,0055$
- LADI (діти) = $\frac{0,02*1*350*6}{15*6*365} = 0,0013 \frac{\text{мг}}{\text{кг*доба}}$
- HQ (діти) = $\frac{0,0013}{0,1} = 0,0128$

10. Аміак

- LADI (дорослі) = $\frac{0,08*2*350*30}{70*30*365} = 0,0022 \frac{\text{мг}}{\text{кг*доба}}$
- HQ (дорослі) = $\frac{0,0022}{0,1} = 0,0219$
- LADI (діти) = $\frac{0,08*1*350*6}{15*6*365} = 0,0051 \frac{\text{мг}}{\text{кг*доба}}$
- HQ (діти) = $\frac{0,0051}{0,1} = 0,0511$

11. Лужність

- LADI (дорослі) = $\frac{8,2*2*350*30}{70*30*365} = 0,2247 \frac{\text{мг}}{\text{кг*доба}}$
- HQ (дорослі) = $\frac{0,2247}{0,02} = 11,2329$
- LADI (діти) = $\frac{8,2*1*350*6}{15*6*365} = 0,5242 \frac{\text{мг}}{\text{кг*доба}}$
- HQ (діти) = $\frac{0,5242}{0,02} = 26,2100$

12. Жорсткість

- LADI (дорослі) = $\frac{11,6*2*350*30}{70*30*365} = 0,3178 \frac{\text{мг}}{\text{кг*доба}}$
- HQ (дорослі) = $\frac{0,3178}{0,03} = 10,5933$
- LADI (діти) = $\frac{11,6*1*350*6}{15*6*365} = 0,7418$
- HQ (діти) = $\frac{0,7418}{0,03} = 24,7256$

Розрахунки для другої проби:

1. Нітрати

$$\bullet \text{LADI (дорослі)} = \frac{0 \cdot 2 \cdot 350 \cdot 30}{70 \cdot 30 \cdot 365} = 0,0 \frac{\text{мг}}{\text{кг} \cdot \text{доба}}$$

$$\bullet \text{HQ (дорослі)} = \frac{0,0}{1,6} = 0,0$$

$$\bullet \text{LADI (діти)} = \frac{0 \cdot 1 \cdot 350 \cdot 6}{15 \cdot 6 \cdot 365} = 0,0 \frac{\text{мг}}{\text{кг} \cdot \text{доба}}$$

$$\bullet \text{HQ (діти)} = \frac{0}{1,6} = 0,0$$

2. Хлориди

$$\bullet \text{LADI (дорослі)} = \frac{416 \cdot 2 \cdot 350 \cdot 30}{70 \cdot 30 \cdot 365} = 11,40 \frac{\text{мг}}{\text{кг} \cdot \text{доба}}$$

$$\bullet \text{HQ (дорослі)} = \frac{11,40}{0,3} = 37,99$$

$$\bullet \text{LADI (діти)} = \frac{416 \cdot 1 \cdot 350 \cdot 6}{15 \cdot 6 \cdot 365} = 26,59 \frac{\text{мг}}{\text{кг} \cdot \text{доба}}$$

$$\bullet \text{HQ (діти)} = \frac{26,59}{0,3} = 88,65$$

3. Залізо

$$\bullet \text{LADI (дорослі)} = \frac{0,516 \cdot 2 \cdot 350 \cdot 30}{70 \cdot 30 \cdot 365} = 0,0141 \frac{\text{мг}}{\text{кг} \cdot \text{доба}}$$

$$\bullet \text{HQ (дорослі)} = \frac{0,0141}{0,7} = 0,0202$$

$$\bullet \text{LADI (діти)} = \frac{0,516 \cdot 1 \cdot 350 \cdot 6}{15 \cdot 6 \cdot 365} = 0,0330 \frac{\text{мг}}{\text{кг} \cdot \text{доба}}$$

$$\bullet \text{HQ (діти)} = \frac{0,0330}{0,7} = 0,0471$$

4. Цинк

$$\bullet \text{LADI (дорослі)} = \frac{0,918 \cdot 2 \cdot 350 \cdot 30}{70 \cdot 30 \cdot 365} = 0,0251 \frac{\text{мг}}{\text{кг} \cdot \text{доба}}$$

$$\bullet \text{HQ (дорослі)} = \frac{0,0252}{0,3} = 0,0838$$

$$\bullet \text{LADI (діти)} = \frac{0,918 \cdot 1 \cdot 350 \cdot 6}{15 \cdot 6 \cdot 365} = 0,0587 \frac{\text{мг}}{\text{кг} \cdot \text{доба}}$$

$$\bullet \text{HQ (діти)} = \frac{0,0587}{0,3} = 0,796$$

5. Мідь

$$\bullet \text{LADI (дорослі)} = \frac{0,00914 \cdot 2 \cdot 350 \cdot 30}{70 \cdot 30 \cdot 365} = 0,0025 \frac{\text{мг}}{\text{кг} \cdot \text{доба}}$$

$$\bullet \text{HQ (дорослі)} = \frac{0,00025}{0,04} = 0,00626$$

$$\bullet \text{LADI (діти)} = \frac{0,00914 \cdot 1 \cdot 350 \cdot 6}{15 \cdot 6 \cdot 365} = 0,000584 \frac{\text{мг}}{\text{кг} \cdot \text{доба}}$$

$$\bullet \text{HQ (діти)} = \frac{0,00058}{0,04} = 0,0146$$

6. Марганець

$$\bullet \text{LADI (дорослі)} = \frac{0,002 \cdot 2 \cdot 350 \cdot 30}{70 \cdot 30 \cdot 365} = 0,000055 \frac{\text{мг}}{\text{кг} \cdot \text{доба}}$$

$$\bullet \text{HQ (дорослі)} = \frac{0,000055}{0,14} = 0,00039$$

$$\bullet \text{LADI (діти)} = \frac{0,002 \cdot 1 \cdot 350 \cdot 6}{15 \cdot 6 \cdot 365} = 0,000128 \frac{\text{мг}}{\text{кг} \cdot \text{доба}}$$

$$\bullet \text{HQ (діти)} = \frac{0,000128}{0,14} = 0,00091$$

7. Кадмій

$$\bullet \text{LADI (дорослі)} = \frac{0,0001 \cdot 2 \cdot 350 \cdot 30}{70 \cdot 30 \cdot 365} = 0,00000274 \frac{\text{мг}}{\text{кг} \cdot \text{доба}}$$

$$\bullet \text{HQ (дорослі)} = \frac{0,0000027}{0,0001} = 0,0027$$

$$\bullet \text{LADI (діти)} = \frac{0,0001 \cdot 1 \cdot 350 \cdot 6}{15 \cdot 6 \cdot 365} = 0,00000639 \frac{\text{мг}}{\text{кг} \cdot \text{доба}}$$

$$\bullet \text{HQ (діти)} = \frac{0,00000639}{0,0001} = 0,0064$$

8. Хром

$$\bullet \text{LADI (дорослі)} = \frac{0 \cdot 2 \cdot 350 \cdot 30}{70 \cdot 30 \cdot 365} = 0,0 \frac{\text{мг}}{\text{кг} \cdot \text{доба}}$$

$$\bullet \text{HQ (дорослі)} = \frac{0}{0,003} = 0,0$$

$$\bullet \text{LADI (діти)} = \frac{0 \cdot 1 \cdot 350 \cdot 6}{15 \cdot 6 \cdot 365} = 0,0 \frac{\text{мг}}{\text{кг} \cdot \text{доба}}$$

$$\bullet \text{HQ (діти)} = \frac{0}{0,003} = 0,0 \frac{\text{мг}}{\text{кг} \cdot \text{доба}}$$

9. Нітрити

$$\bullet \text{LADI (дорослі)} = \frac{0,002 \cdot 2 \cdot 350 \cdot 30}{70 \cdot 30 \cdot 365} = 0,0000472 \frac{\text{мг}}{\text{кг} \cdot \text{доба}}$$

$$\bullet \text{HQ (дорослі)} = \frac{0,0000027}{0,1} = 0,00047$$

$$\bullet \text{LADI (діти)} = \frac{0,002 \cdot 1 \cdot 350 \cdot 6}{15 \cdot 6 \cdot 365} = 0,00011 \frac{\text{мг}}{\text{кг} \cdot \text{доба}}$$

$$\bullet \text{HQ (діти)} = \frac{0,00011}{0,1} = 0,0011$$

10. Аміак

$$\bullet \text{LADI (дорослі)} = \frac{0,04 \cdot 2 \cdot 350 \cdot 30}{70 \cdot 30 \cdot 365} = 0,0011 \frac{\text{мг}}{\text{кг} \cdot \text{доба}}$$

$$\bullet \text{HQ (дорослі)} = \frac{0,0011}{0,1} = 0,0109$$

$$\bullet \text{LADI (діти)} = \frac{0,04 \cdot 1 \cdot 350 \cdot 6}{15 \cdot 6 \cdot 365} = 0,0026 \frac{\text{мг}}{\text{кг} \cdot \text{доба}}$$

$$\bullet \text{HQ (діти)} = \frac{0,0026}{0,1} = 0,0256$$

11. Лужність

$$\bullet \text{LADI (дорослі)} = \frac{7,5 \cdot 2 \cdot 350 \cdot 30}{70 \cdot 30 \cdot 365} = 0,2054 \frac{\text{мг}}{\text{кг} \cdot \text{доба}}$$

$$\bullet \text{HQ (дорослі)} = \frac{0,2054}{0,02} = 10,2687$$

$$\bullet \text{LADI (діти)} = \frac{7,5 \cdot 1 \cdot 350 \cdot 6}{15 \cdot 6 \cdot 365} = 0,4791$$

$$\bullet \text{HQ (діти)} = \frac{0,4791}{0,02} = 23,9565$$

12. Жорсткість

$$\bullet \text{LADI (дорослі)} = \frac{9,0 \cdot 2 \cdot 350 \cdot 30}{70 \cdot 30 \cdot 365} = 0,2456 \frac{\text{мг}}{\text{кг} \cdot \text{доба}}$$

$$\bullet \text{HQ (дорослі)} = \frac{0,2456}{0,03} = 8,2169$$

$$\bullet \text{LADI (діти)} = \frac{9,0 \cdot 1 \cdot 350 \cdot 6}{15 \cdot 6 \cdot 365} = 0,5747$$

$$\bullet \text{HQ (діти)} = \frac{0,5747}{0,03} = 19,1578$$

Розрахунок ризиків (LADI та HQ) для параметрів, таких як рН, запах та прозорість є не зовсім коректним, оскільки рН не є хімічною речовиною, яку організм може засвоїти чи накопичувати. Це характеристика кислотності або лужності води. Сам по собі рівень рН впливає на смак та можливий корозійний вплив на трубопроводи, але не має середньодобової дози для розрахунку індексу небезпеки. Індекс HQ для нього не визначається, адже рН не є токсином.

Запах і прозорість — це фізичні характеристики води, які сигналізують про можливі органолептичні відхилення, але не свідчать про кількісну

концентрацію конкретних токсичних речовин. Як і рН, вони не мають середньодобової дози та індексу HQ.

Для кращого розуміння отриманих результатів подамо розрахунки у табличному форматі (див. табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Результати розрахунків індексу небезпеки

Забруднювач	Проба	LADI для дорослих	HQ для дорослих	LADI для дітей	HQ для дітей	Референтна доза $RfD, \frac{mg}{kg} - \text{доба}$
Нітрати	1	0,493	0,308	1,15	0,719	1,6
	2	0	0	0	0	
Хлориди	1	13,81	46,03	32,22	107,40	0,3
	2	11,40	37,99	26,59	88,65	
Залізо	1	0,0000274	0,0000391	0,000064	0,0000913	0,7
	2	0,0141	0,020	0,033	0,0471	
Цинк	1	0,0001644	0,0005479	0,000384	0,001279	0,3
	2	0,0251	0,0838	0,0587	0,796	
Мідь	1	0,0000274	0,000685	0,000064	0,0016	0,04
	2	0,0025	0,00626	0,000584	0,0146	
Марганець	1	0	0	0	0	0,14
	2	0,000055	0,00039	0,000128	0,00091	
Кадмій	1	0,0000274	0,0274	0,000064	0,0639	0,0001
	2	0,00000274	0,0027	0,00000639	0,0064	
Хром	1	0	0	0	0	0,003
	2	0	0	0	0	
Нітриди	1	0,0005	0,0055	0,0013	0,0128	0,1
	2	0,0000472	0,00047	0,00011	0,0011	
Аміак	1	0,0022	0,0219	0,0051	0,0511	0,1
	2	0,0011	0,0109	0,0026	0,0256	
Лужність	1	0,2247	11,2329	0,5242	26,2100	0,02
	2	0,2054	10,2687	0,4791	23,9565	
Жорсткість	1	0,3178	10,5933	0,7418	24,7256	0,03
	2	0,2465	8,2169	0,5747	19,1578	

Спираючись на отримані дані з табл.3.2 маємо наступні результати.

Хлориди: Значення HQ для хлоридів в обох пробах перевищує 1 як для дорослих, так і для дітей, що вказує на підвищений ризик для здоров'я. Показник для дітей особливо високий, що потребує посиленого контролю.

Нітрати: HQ для нітратів у першій пробі у дітей вдвічі вище, ніж у дорослих, але все ще нижче за 1. Це свідчить про прийнятний рівень ризику, хоча варто враховувати можливість накопичення з часом.

Значення HQ для заліза, цинку, міді, марганцю, кадмію і хрому показують мінімальні ризики при вживанні води з даних джерел.

Таким чином, найбільш ризиковим фактором є підвищений рівень хлоридів, особливо для дітей. Тож, необхідно періодично проводити моніторинг та розробити заходи для зниження концентрації цих речовин у воді.

3.3. Оцінка вразливості при споживанні підземних вод

Оцінка вразливості при споживанні підземних вод є важливим етапом у розумінні та попередженні ризиків, пов'язаних із забрудненням води, яка використовується для питного водопостачання [7]. Вразливість оцінюється не лише на основі якості самої води, а й з урахуванням впливу забруднюючих речовин на організм людини, її стан здоров'я, спосіб життя та соціально-економічні фактори.

Визначення вразливості підземних вод ґрунтується на аналізі таких чинників:

1. Геологічна структура регіону, яка може сприяти або перешкоджати проникненню забруднюючих речовин у підземні води. Наприклад, високопористі породи пропускають більше води й забруднень порівняно з менш пористими чи водонепроникними породами.

2. Наявність природного або штучного захисту підземних вод, як-от глинисті шари чи спеціально створені захисні споруди, які можуть обмежувати надходження забруднювачів у водоносні горизонти.

3. Джерела забруднення поблизу водозабірних пунктів, зокрема сільськогосподарські об'єкти, промислові зони, автостради чи звалища, які можуть сприяти забрудненню води.

4. Глибина водоносного горизонту та швидкість потоку підземних вод, що впливає на перенесення забруднювачів і їх концентрацію у воді.

Проаналізуємо кожен з чинників більш докладно на основі досліджуваних даних.

1. Геологічні та гідрогеологічні фактори. Харків знаходиться в регіоні, де підземні води можуть бути піддані забрудненню з поверхні через високий рівень пористості ґрунтів і недостатній природний захист у вигляді глинистих шарів. Це означає, що забруднення від промислових об'єктів, сільськогосподарської діяльності, автострад та інших джерел може легко проникати до водоносних горизонтів. Цей фактор підвищує загальну вразливість підземних вод до забруднення.

2. У Харківській області захист підземних вод від забруднень базується на поєднанні природних бар'єрів і штучних методів. Основні водоносні горизонти регіону — це палеогеновий, мергельно-крейдяний і сеноман-нижньокрейдяний шари. Природні захисні бар'єри, як-от глинисті породи, значно уповільнюють просочення шкідливих речовин, створюючи природний фільтр, що зменшує ризик забруднення питних вод.

Проте, через високе антропогенне навантаження, включно зі стічними водами від промислових і комунальних підприємств, природних бар'єрів не завжди достатньо для забезпечення безпеки. В таких умовах зростає потреба в додаткових захисних спорудах біля водозаборів для запобігання поширенню забруднень у підземні горизонти

Слід зазначити, що після скасування регуляцій у 2014 році неконтрольоване буріння приватних свердловин стало серйозним фактором ризику для водоносних горизонтів. Це послаблює природний захист підземних вод, адже створює нові канали для можливих забруднювачів. Введення суворішого обліку і контролю використання підземних вод могло б допомогти знизити цей ризик, а також забезпечити ефективніше застосування природних та штучних бар'єрів для захисту водоносних горизонтів

3. Джерела забруднення поблизу водозабірних пунктів. На території Харківської області діють кілька техногенних джерел забруднення, які суттєво впливають на якість підземних вод. До них належать промислові зони, зокрема великі підприємства, що займаються хімічним виробництвом

та важкою промисловістю. Також, значну частку забруднення вносять сільськогосподарські об'єкти, які застосовують добрива та пестициди, що можуть проникати у підземні горизонти через пористі ґрунти. Додатковими джерелами є автостради, що сприяють надходженню нафтових продуктів і важких металів у ґрунтові води, а також звалища, зокрема незаконні, що виділяють токсичні речовини, які можуть мігрувати у підземні води [14].

4. Глибина водоносного горизонту та швидкість потоку підземних вод. Харківська область має різноманітні водоносні горизонти, включаючи палеогеновий, мергельно-крейдяний та сеноман-нижньокрейдяний горизонти. Глибина залягання цих горизонтів варіюється, що впливає на їх захищеність від поверхневого забруднення. Наприклад, палеогенові горизонти часто залягають на відносно невеликій глибині, що робить їх більш вразливими до техногенних забруднювачів. Крім того, швидкість потоку підземних вод у цих горизонтах може сприяти розсіюванню забруднень на великі відстані, що підвищує ризик забруднення питної води у широких зонах впливу.

Слід окремо розглянути вразливість населення до ризиків, пов'язаних із забрудненою підземною водою. Вона залежить від декількох факторів (рис.5).



Рис. 3.1 – Фактори впливу забрудненої підземної води

Розберемо окремо кожен з факторів.

Стан здоров'я та імунітет: Люди з хронічними захворюваннями, слабким імунітетом, літні особи, діти та вагітні жінки є особливо вразливими до забруднень у питній воді. Вплив токсичних речовин у таких груп може призвести до більш серйозних наслідків для здоров'я, ніж у здорових дорослих.

Соціально-економічний статус: Бідніші верстви населення можуть мати обмежений доступ до альтернативних джерел води або очисного обладнання. Вони часто покладаються на одне джерело води, що збільшує їхню вразливість до забруднень, які в ньому присутні.

Рівень обізнаності та поведінкові фактори: Низький рівень обізнаності про можливі забруднення та ризики, пов'язані з водою, може збільшити вразливість населення. Наприклад, невміння або відсутність звички фільтрувати або кип'ятити воду може призвести до підвищення ризику споживання шкідливих речовин.

Частота та обсяг споживання води: Вразливість також залежить від кількості води, яку людина споживає щодня, та частоти її вживання. Чим більша частка підземної води у загальному споживанні, тим вищий ризик для здоров'я за наявності забруднень.

Аналіз вразливості при споживанні підземних вод у м. Харкові показує, що певні групи населення мають підвищений ризик для здоров'я, особливо діти, літні люди, люди з хронічними захворюваннями та представники бідніших верств населення.

Рекомендується впровадження таких заходів:

1. Регулярний моніторинг якості підземних вод у різних районах міста, особливо поблизу промислових об'єктів.
2. Забезпечення доступу до інформації про якість води та ризики для здоров'я, а також пропаганда очищення та фільтрації води.
3. Створення або вдосконалення програм підтримки для вразливих груп населення, включаючи безкоштовні або субсидовані фільтри для очищення води.

Ці заходи допоможуть зменшити вразливість населення Харкова до можливих негативних наслідків при споживанні підземної води.

РОЗДІЛ 4

ЗАХОДИ З РЕФОРМУВАННЯ ТА РОЗВИТКУ БЕЗПЕЧНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ ДЛЯ РАЙОНІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Вище вже були згадані можливі заходи для підвищення рівня безпечного водопостачання та вживання підземних вод. В цьому розділі більш докладно розглянуто можливі шляхи з реформування безпечного водопостачання.

По-перше, створення системи комплексного моніторингу якості підземних вод. Моніторинг є ключовим елементом безпечного водопостачання, оскільки дозволяє виявляти джерела забруднення і оперативно реагувати на зміни якості води. Рекомендовані заходи включають:

- Регулярний відбір проб води для аналізу хімічного, бактеріологічного та фізико-хімічного складу.
- Створення бази даних з інформацією про джерела підземних вод, результати аналізів, типи і рівні забруднення, яка буде доступною для відповідних державних органів і організацій.
- Впровадження автоматизованих сенсорів та систем раннього оповіщення про відхилення у якості води, які будуть відслідковувати показники забруднювальних речовин у режимі реального часу.

Регулярний моніторинг якості підземних вод дозволить знизити ризики для здоров'я населення, швидко виявляти проблеми та реалізовувати відповідні коригувальні заходи.

По-друге, важлива модернізація і реконструкція інфраструктури водопостачання. Однією з головних причин ризиків забруднення води є зношеність та неефективність систем водопостачання. Для цього пропонується:

- Оновлення водопровідних мереж з метою зменшення витоків, які можуть призводити до забруднення води.

- Установка сучасного фільтраційного обладнання, здатного видаляти забруднювальні речовини, такі як важкі метали, нітрати та інші.
- Встановлення резервуарів для зберігання чистої води у стратегічних місцях, що забезпечить резерви води на випадок аварій або порушення водопостачання.

Інвестиції в модернізацію водопостачальної інфраструктури зменшать ризики для здоров'я та покращать якість питної води в досліджуваних районах.

По-третє, для ефективного управління водопостачанням потрібна надійна законодавча база, яка регулюватиме всі аспекти використання підземних вод. Основні заходи включають:

- Розробка стандартів якості підземних вод, які враховуватимуть міжнародний досвід і специфічні вимоги для питного водопостачання.
- Встановлення обов'язкових вимог до підприємств, які можуть забруднювати підземні води, зокрема сільськогосподарських підприємств, промислових заводів та комунальних господарств.
- Запровадження системи штрафів і стимулів для підприємств та організацій, що використовують підземні води, щоб стимулювати дотримання екологічних норм.

Чітка регуляторна база дозволить більш ефективно керувати ресурсами та захистити джерела підземних вод від забруднення.

Для впровадження заходів з реформування звісно стає питання в необхідності значних фінансових ресурсів. Можливими джерелами фінансування можуть стати:

- Залучення міжнародних грантів та інвестицій для реалізації проектів з модернізації водопостачання та охорони підземних вод.
- Партнерство з приватним сектором для спільної реалізації інфраструктурних проектів.
- Впровадження механізмів субсидування для малозабезпечених груп населення, щоб забезпечити доступ до чистої питної води.

Залучення інвестицій дозволить реалізувати довгострокові проекти та забезпечити стабільне фінансування водопостачальних мереж.

Для зменшення ризиків забруднення важливо залучати громадян до процесу управління водними ресурсами. Це можна здійснити через:

- Просвітницькі програми для населення щодо значення збереження чистоти підземних вод і безпечного поводження з водними ресурсами.
- Організація освітніх кампаній у школах і громадах, спрямованих на підвищення екологічної свідомості та розуміння важливості економії води.
- Інформування про шкідливі наслідки неправильного використання та забруднення підземних вод, включаючи захворювання, що можуть виникнути через вживання забрудненої води.

Підвищення обізнаності населення допоможе знизити ризики забруднення і сприятиме формуванню культури раціонального використання підземних вод.

На завершення вважаємо за необхідне підкреслити важливість впровадження альтернативних джерел водопостачання для зниження навантаження на підземні води. Зокрема:

- Використання дощової води для технічних потреб, що зменшить навантаження на питні підземні джерела.
- Запровадження технологій очистки та повторного використання води для зменшення обсягів води, що вимагає постійного водозабору.
- Використання поверхневих вод, де це можливо, з попередньою очисткою для задоволення частини потреб.

Ці альтернативні джерела можуть допомогти забезпечити водопостачання і знизити залежність від підземних вод.

Комплексні заходи з реформування та розвитку систем безпечного водопостачання в досліджуваних районах сприятимуть покращенню якості життя населення, збереженню природних ресурсів та захисту здоров'я. Важливо впроваджувати ці заходи у комплексі з оновленням інфраструктури, посиленням контролю, залученням інвестицій та підвищенням рівня обізнаності серед громадян.

ВИСНОВКИ

Аналіз забруднення підземних вод показав, що низка джерел водопостачання в Україні має концентрації забруднювачів, які перевищують допустимі норми. Основними забруднювачами є нітрати, важкі метали, пестициди та хлориди, які потрапляють у воду внаслідок промислової діяльності, сільського господарства та побутових стоків.

Виявлені ризики для здоров'я населення свідчать про підвищену небезпеку, особливо для дітей та осіб з хронічними захворюваннями, які можуть бути більш вразливими до тривалого впливу забрудненої води. Використання таких вод призводить до збільшення випадків захворювань, пов'язаних з метгемоглобінемією, отруєнням важкими металами та іншими патологіями.

Запропоновані рекомендації включають розробку ефективних заходів щодо очищення води, вдосконалення системи моніторингу підземних вод, підвищення якості фільтрації води на регіональному рівні, а також впровадження програм інформування населення про потенційні ризики.

Наукова новизна дослідження полягає у використанні ризик-орієнтованих методів моделювання для оцінки впливу забруднювачів на здоров'я населення, а також у пропозиціях щодо підвищення стійкості регіонів до антропогенних змін у якості підземних вод.

Застосування результатів роботи дозволить поліпшити систему контролю за якістю підземних вод в Україні та підвищити безпеку питного водопостачання, знижуючи вплив на здоров'я та покращуючи якість життя населення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСанПіН 2.2.4-171-10 Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. [Електронний ресурс]: <https://ecosoft.ua/ua/blog/trebovaniya-k-kachestvu-pitevoy-vody/> (дата звернення: 15.10.2024).
2. Державна служба України з надзвичайних ситуацій. Методичні рекомендації з моніторингу якості води підземних джерел від 2020.
3. Наказ №325 Про затвердження Правил охорони підземних вод від 11.05.2023. [Електронний ресурс]: https://zakononline.com.ua/documents/show/520297___756348 (дата звернення: 15.10.2024).
4. Наказ МОЗ України №145 Про затвердження Державних санітарних норм та правил утримання територій населених місць від 17.03.2011. [Електронний ресурс]: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0457-11#Text> (дата звернення: 18.10.2024).
5. Постанова № 758 Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод» від 19.09.2018. [Електронний ресурс]: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/758-2018-%D0%BF#Text> (дата звернення: 15.10.2024).
6. Постанова № 391 «Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля» від 30.03.1998. [Електронний ресурс]: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/391-98-%D0%BF#Text> (дата звернення: 15.10.2024).
7. Положення № 393 про Державне агентство водних ресурсів України, затвердженим постановою Кабінету Міністрів України від 20.08.2014
8. Державна служба геології та надр України. Щорічна доповідь про якість води в Україні від 2023.
9. Сіверсько-Донецьке басейнове управління водних ресурсів. [Електронний ресурс]: <https://sdbuvr.gov.ua/derzhavnyu-monitorynh-poverkhnevukh-vod> (дата звернення: 23.10.2024).

10. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання та водовідведення в Україні у 2022 році. Харків, 2023.397 с. [Електронний ресурс]: <https://geologists.org.ua/ua/news/natsionalna-dopovid-pro-yakist-pitnoyi-vodi-ta-stan-pitnogo-vodopostachannya-ta-vodovidvedennya-v-ukrayini-u-2022-rotsi>_(дата звернення: 13.10.2024).

11. Бригада О.В., Рибалова О.В., Росколотько А.В. Оцінка ризику для здоров'я населення при вживанні питної води з джерел м. Харкова. Стаття, Харків, 2017 р.

12. Насальська К. Екологічні проблеми природних водних об'єктів – джерел питного водопостачання в Україні. [Електронний ресурс]: <https://ecology.udau.edu.ua/assets/files/aspiranti/publikacii/shutak/stattya-shutak-4.pdf>_(дата звернення: 15.10.2024).

13. Пашков А. П. Проблеми забруднення поверхневих, підземних і стічних вод та заходи щодо їх ліквідації і запобігання в Україні. [Електронний ресурс]: <https://ekmair.ukma.edu.ua/server/api/core/bitstreams/3960536b-e8fb-4670-bf7e-7c9a2d09e67d/content>_____(дата звернення: 23.10.2024).

14. Прибилова В.М., Підземні водні ресурси Харківської області та стратегія їх використання для водопостачання населення. Стаття, Харків, 2015 р.

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Навчально-науковий інститут екології

Навчально-дослідна лабораторія аналітичних екологічних досліджень

ПРОТОКОЛ №2122-2123
дослідження води джерел водокористування
від 18 жовтня 2024 р.

Відібрав студент

Христенко Олександр

Місце відбору проби:

м. Харків

Проба 1. Парк Юність (джерело)

Проба 2. Джерело біля Немишлі

Дата відбору проби 11.10.2024 р.

Назва речовини	Проба 1	Проба 2	Одиниці вимірювання
<u>pH</u>	6,658	6,893	-
Аміак	0,08	0,04	мг/дм ³
Запах	0	0	-
Прозорість	25	24	См
Нітрити	0,02	0,002	мг/дм ³
Нітрати	18	0	мг/дм ³
Хлориди	504	416	мг/дм ³
Лужність	8,2	7,5	ммоль/дм ³
Жорсткість	11,6	9,0	ммоль/дм ³
Залізо	0,001	0,516	мг/дм ³
Цинк	0,006	0,918	мг/дм ³
Мідь	0,001	0,00914	мг/дм ³
Марганець	0	0,002	мг/дм ³
Кадмій	0,001	0,0001	мг/дм ³
Хром	0	0	мг/дм ³

Завідувачка лабораторією

Анна ЛІПЧАНСЬКА