

4. НАУКИ ПРО ЗЕМЛЮ

УДК 556.114(477.52)

DOI <https://doi.org/10.32782/naturalspu/2025.2.18>

ГІДРОХІМІЧНИЙ СКЛАД ПОВЕРХНЕВИХ ВОД М. ОХТИРКА

Вакал Юлія Сергіївна,

доктор філософії,

старший викладач кафедри біології людини, хімії та методики навчання хімії

Сумського державного педагогічного університету імені А. С. Макаренка

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8722-7683>

Scopus Author ID: 59504267900

Мацак Станіслав Вячеславович,

викладач кафедри біології людини, хімії та методики навчання хімії

Сумського державного педагогічного університету імені А. С. Макаренка

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5658-0433>

Безбородова Єлизавета Ігорівна,

здобувач вищої освіти спеціальності 014 Середня освіта (Хімія)

Сумського державного педагогічного університету імені А. С. Макаренка

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5658-0433>

У статті розглянуто проблему погіршення стану водних ресурсів під впливом антропогенного чинника, зокрема забруднення неочищеними стічними водами, продуктами сільськогосподарської діяльності (добрива, органічні відходи, пестициди тощо), здійснення надмірної регуляції стоку та розорювання прибережних зон, їх механічне забруднення, що в свою чергу спричиняє деградацію водних об'єктів, зміну гідрологічного режиму та зниження рівня води, а подекуди призводить до пересихання водойм. Розглянуто вплив неорганічних забрудників на життєдіяльність живих організмів та функціонування водних екосистем. Виокремлено сполуки, перевищення вмісту яких найчастіше спостерігається в об'єктах під впливом активної аграрної діяльності людини. Представлено результати комплексного гідрохімічного аналізу водних об'єктів м. Охтирка (р. Охтирка, р. Гусинка, озера Біле, Чикалове та Ігнатенкове). Станом на сьогодні екологічний стан водних об'єктів Охтирщини перебуває у досить критичному стані, перевищення за гідрохімічними показниками зафіксовано майже в усіх досліджених об'єктах (крім р. Гусинка). На нашу думку, основною мірою такий стан досліджених водойм обумовлений антропогенним навантаженням: стоки та викиди з приватних та комунальних господарств, а також діяльність промислових підприємств. За результатами гідрохімічного аналізу нами було встановлено перевищення деяких показників, а саме: нітратів в 4-х із 7-ми зразків у діапазоні 2–6,9 ГДК, йонів амонію у 5-ти з 7-ми пробах в діапазоні 1,1–8,5 ГДК, а також помірні перевищення допустимого вмісту фосфатів, флуоридів, йонів Феруму, хлоридів та сульфатів у деяких пробах. Вважаємо доцільним проведення моніторингу водних об'єктів з метою фіксації змін їх стану, а також запровадження відповідних заходів у разі погіршення ситуації, оскільки від екологічного стану водних об'єктів напряму залежить здоров'я та добробут населення регіону.

Ключові слова: гідрохімічний склад, моніторинг водних об'єктів, поверхневі природні води та озера, хімічне забруднення, водні об'єкти м. Охтирка (річки Охтирка, Гусинка, озера Біле, Чикалове, Ігнатенкове).

Vakal Yuliia, Matsak Stanislav, Bezborodova Yelyzaveta. Hydrochemical composition of surface waters of Okhtyrka city

The article considers the problem of deterioration of water resources under the influence of anthropogenic factors, in particular, pollution by untreated wastewater, agricultural products (fertilizers, organic waste, pesticides, etc.), excessive regulation of runoff and plowing of coastal zones, their mechanical pollution, which in turn causes degradation of water bodies, changes in the hydrological regime and lowering of water levels, and in some places leads to drying up of water bodies. The impact of inorganic pollutants on the vital activity of living organisms and the functioning of aquatic ecosystems is considered. Compounds are identified, the excess content of which is most often observed in objects under the influence of active human agricultural activity. The results of a comprehensive hydrochemical analysis of water bodies in the city of Okhtyrka (Okhtyrka River, Gustinka River, Bile, Chykalove, and Ignatenkove Lakes) are presented. As of today, the ecological state of water bodies in the Okhtyrka region is in a rather critical state, with excess hydrochemical indicators recorded in almost all studied objects (except for the Gustinka River). In our opinion, this state of the studied water bodies is mainly due to anthropogenic load: effluents and emissions from private and communal farms, as well as the activities of industrial enterprises. According to the results of the hydrochemical analysis, we found an excess of some indicators, namely: nitrates in 4 out of 7 samples in the range of 2–6.9 MPC, ammonium ions in 5 out of 7 samples in the range of 1.1–8.5 MPC, as well as moderate excesses of the permissible content of phosphates, fluorides, iron ions, chlorides and sulfates in some samples. We consider it advisable to conduct monitoring of water bodies in order to record changes in their condition, as well as to introduce appropriate measures in case of deterioration of the situation, since the health and well-being of the population of the region directly depend on the ecological condition of water bodies.

Key words: hydrochemical composition, monitoring of water bodies, surface natural waters and lakes, chemical pollution, water bodies of Okhtyrka city (the Okhtyrka and Husynka rivers, the Bile, Chykalove, and Ihnatenkove lakes).

Вступ. Серед пріоритетних екологічних завдань сьогодення важливе місце займає охорона, раціональне та ефективне використання природних ресурсів, передусім водних, зокрема покращення їх екологічного стану та мінімізація впливу на них антропогенних чинників.

Зростання антропогенного впливу, зокрема гідротехнічне будівництво, забруднення стічними водами та сільськогосподарськими хімікатами, спричиняє деградацію водних об'єктів, зміну гідрологічного режиму та зниження рівня води, що подекуди призводить до пересихання водойм [1].

В межах міст з розвинутою промисловістю, які є значними споживачами води та джерелом господарсько-побутових стоків, складається найбільш напружена ситуація, тому що відбувається досить значне та інтенсивне навантаження на водні ресурси [2].

Окрім типових джерел антропогенного навантаження, руйнівний вплив на водні ресурси в Україні чинить війна, зокрема внаслідок знищення чи пошкодження інфраструктури, масового потрапляння у водні ресурси забруднюючих речовин під час вибухів і роботи важкої техніки [3].

Забруднення водних ресурсів різними хімічними сполуками несе вагомі ризики для різних живих організмів та екосистем в цілому. Серед поширених забрудників, що призводять до сильних негативних змін в екосистемах є нафтопродукти, важкі метали, сільськогосподарські добрива, пестициди, промислові відходи тощо. В контексті природних об'єктів, що забруднюються внаслідок активної сільськогосподарської діяльності, доцільно окремо виділити найбільш поширені неорганічні забрудники (нітрати, фосфати тощо), оскільки більшість цих речовин є кінцевим етапом перетворення різних органічних сполук у довкіллі [4]. Водночас вони є ключовими для живлення різних організмів, зокрема рослин, а відтак їх нестача чи надлишок веде до серйозних порушень у функціонуванні екосистем [5; 6].

Нижче більш детально розглянуто деякі неорганічні забрудники, перевищення за якими найчастіше спостерігаються у регіонах з активною сільськогосподарською діяльністю.

Нітроген (азот) у довкіллі існує в трьох основних неорганічних формах: йон амонію NH_4^+ (амонійний азот), нітрити NO_2^- (нітритний азот), нітрати NO_3^- (нітратний азот). Водночас варто зазначити, що серед наведених форм нітрити є нестабільними та доволі легко переходять у нітрати або йони амонію в ході окисно-відновних процесів у довкіллі.

Нітрати є поширеними забруднювачами як поверхневих, так і підземних вод. Вони можуть легко потрапляти в ґрунтовий розчин та поверхневі води зі стоків сільського господарства, приватних будинків або зі скидами промислової водоочистки, зачасти в концентраціях, що перевищують допустимі межі вмісту NO_3^- у природних об'єктах. Таке забруднення робить відповідно питні джерела води непридатними для використання за призначенням. Також воно спричиняє

активну евтрофікацію поверхневих водойм, оскільки Нітроген належить до біогенних елементів, особливо в теплу пору року, яка в свою чергу спричиняє стрімке скорочення кількостей розчиненого кисню у водоймі, втрату біорізноманіття та порушення екологічного балансу, що може також завдати суттєвої шкоди рибним господарствам та водним об'єктам рекреації.

У випадку ґрунтового розчину надлишок нітратів може призвести до їх надмірного накопичення у рослинах, що може спричинити отруєння організмів, що вживатимуть відповідну рослинну продукцію.

Хронічне отруєння нітратами може виникнути, якщо протягом тривалого часу вживати воду та овочі, забруднені нітратами. Воно проявляється у низці негативних ефектів на організм людини, зокрема метгемоглобінемії, яка веде до зменшення вмісту кисню в крові, а відтак до погіршення самопочуття, запаморочення, втрати свідомості та навіть летальних випадків, у разі потрапляння нітратів в організм у критично високих кількостях. Особливо вразливими до дії нітратів є діти, а також літні люди, які мають захворювання дихальної та серцево-судинної системи. Така дія нітратів основною мірою обумовлена їх частковим перетворенням на нітрити в організмі людини, які власне і спричиняють описані ефекти [5; 7; 8].

Основними джерелами забруднення водойм *йонами амонію* є неочищені побутові стоки приватних домогосподарств, стоки тваринницьких об'єктів та сільськогосподарські стоки з надлишком амонійних добрив.

Амонійний нітроген є важливим елементом для росту рослин, проте його надлишок чинить токсичний вплив на кореневу систему, листя та процеси росту, залежно від виду рослин та їх стійкості.

Підвищені концентрації йону амонію негативно впливають на риб, пригнічуючи зв'язування кисню гемоглобіном, спричиняючи судоми та ураження еритроцитів, ЦНС і зябрового епітелію. Перевищення допустимих норм свідчить про активне забруднення водних об'єктів.

В організмі йони амонію можуть порушити метаболізм, роботу гормонів та кислотно-основний баланс, а також можуть перетворюватись на токсичні азосполуки [9].

Флуор може легко проникати в організми людей і тварин через споживання води, забрудненої його сполуками. В помірних кількостях важливий для захисту кісток та зубів. Водночас його надлишок викликає такі небезпечні для людини захворювання, як флюороз зубів і скелета. Його велика кількість також призводить до зв'язування йонів магнію та кальцію в організмі, що сприяє відкладенню його у нирках, легенях та м'язах. Флуор є стійким компонентом природних вод. Потрапляння Флуору у річки відбувається переважно з ґрунтовими водами, тому в період повені його вміст знижується. Концентрація у річних водах залежить також від зарегульованості річного стоку [8; 9].

Фосфати по-різному впливають на організм. Тому що сам фосфор входить до складу всіх тканин, бере участь у обміні речовин, необхідний для нормальної

роботи серця, мозку, м'язів і нервової системи. Захворювання кісток можуть виникнути через нестачу фосфору в організмі. Надмірне споживання фосфору може призвести до підвищення рівня фосфору в крові, що призведе до виникнення сечокам'яної хвороби тощо. Крім того, фосфати порушують кислотно-лужний баланс захисного шару клітин і можуть викликати захворювання шкіри [10; 11; 12].

Концентрації *хлоридів та сульфатів* у поверхневих водах підлягають помітним сезонним коливанням, що корелюється зі зміною мінералізації води. Загалом певний фоновий вміст даних сполук присутній майже у всіх водоймах, проте їх вкрай великі кількості, особливо в питних водах, можуть становити певну загрозу здоров'ю людини, зокрема шлунково-кишковому тракту.

Важкі метали, що потрапляють із антропогенних джерел забруднення, помітно впливають на водні системи. Це відбивається у підвищенні їх вмісту у воді, донних відкладеннях та біоті, що призводить до зниження продуктивності водних екосистем і до потенційної загрози для людства. Накопичення в організмі людини важких металів, зокрема кадмію, свинцю, міді, заліза може спричинити сильну токсичну дію на організм, зокрема призвести до порушень сну або викликати його відсутність, спровокувати нервові розлади, призвести до онкологічних захворювань [12; 13].

Підсумовуючи, зазначимо, що перевищення переважної більшості гідрохімічних показників (зокрема вмісту неорганічних речовин) призводить до суттєвих порушень у роботі екосистем та ставить під загрозу здоров'я та життя живих організмів, що власне й обумовлює необхідність регулярного моніторингу гідрохімічних показників у природних об'єктах.

Означені вище проблеми не минули і нашого регіону. Проблема забруднення природних вод тісно пов'язана з проблемою забезпеченості прісною водою, тому спостереженню та контролю за рівнем забруднення водних об'єктів має приділятися особлива увага. Зокрема, за результатами попередніх досліджень деяких водних об'єктів Сумської області було неодноразово зафіксовано перевищення вмісту неорганічних забрудників (нітратів, фосфатів, флуоридів, йону амонію тощо) у поверхневих та підземних водах [14; 15].

Згідно з гідрографічним та водогосподарським районуванням, територія Сумської області належить до басейну річки Дніпро. У межах області цей басейн поділяється на два суббасейни: приблизно 53 % території області знаходиться у суббасейні середнього Дніпра (де протікають річки **Псел, Охтирка, Боромля, Ворскла** та розміщені озера, зокрема оз. **Ігнатенкове**), а 47 % – у суббасейні річки Десна [16].

Місто Охтирка, як промисловий та населений центр Сумської області України, має ряд водних об'єктів, стан яких потребує постійного моніторингу та аналізу. Це обумовлено, зокрема, наявністю нафтогазовидобувної промисловості в регіоні та інших великих промислових об'єктів, що створює потенційні ризики забруднення підземних та поверхневих вод різноманітними хіміч-

ними речовинами, що може негативно впливати на якість водних ресурсів.

За даними екологічного паспорту в останні роки збільшився об'єм скидання забруднених зворотних вод у гідрологічні об'єкти м. Охтирка [16].

За результатами останніх досліджень 2024 року було встановлено, що стан р. Охтирка досить критичний – фіксується обміління, зменшення водності річки, перевищення допустимих норм розораності басейну, зміщення окремих природних утворів русла (до 20%) внаслідок діяльності людини, що призводить до підвищення вразливості водойми до антропогенного впливу [17].

Окрім хімічного забруднення, спостерігається фізичне забруднення русла річки. Накопичення твердих побутових відходів, будівельного сміття та рослинних залишків призводить до зменшення проточності, замулення та зміни гідрологічного режиму. Особливо негативний вплив мають гідротехнічні споруди, такі як дамби, які спричиняють застій води та погіршення її якості [18; 19].

Біологічне забруднення проявляється у евтрофікації водойми, що характеризується інтенсивним розвитком водоростей та інших гідрофітів. Це явище зумовлене надмірним надходженням біогенних елементів, таких як азот і фосфор, з сільськогосподарських угідь та комунальних стоків [10].

Водночас кількість комплексних актуальних досліджень гідрохімічного складу водних об'єктів м. Охтирка недостатня, що створює інформаційні прогалини та ускладнює прийняття обґрунтованих рішень щодо охорони та раціонального використання водних ресурсів.

Таким чином, дослідження гідрохімічного складу водних об'єктів м. Охтирка є актуальним, результати якого матимуть значення для забезпечення екологічної безпеки регіону, охорони здоров'я населення та раціонального використання водних ресурсів в умовах сучасних екологічних викликів.

Мета дослідження – комплексний аналіз гідрохімічного складу водних об'єктів міста Охтирка з визначенням якісних та кількісних показників хімічного складу води, оцінкою екологічного стану водних ресурсів та встановленням ступеня їх відповідності санітарно-гігієнічним та екологічним нормативам.

Матеріали та методи. Враховуючи, що результати одержані в ході вимірювань гідрохімічних показників безпосередньо залежать від обраних методик, їх підбір здійснювався враховуючи співвідношення точності, швидкості та оптимальності проведення аналізу. Всі використані методики є стандартними та мають достатню точність, для досягнення поставленої мети [20].

Відбір зразків природної поверхневої води для даного дослідження здійснено з верхнього шару води (до 0,5 м). Після відбору, для збереження складу зразків води, їх було охолоджено до температури 2–4 °С. Аналіз гідрохімічних показників проведено в найкоротші терміни після відбору, пріоритет у визначенні було надано

показникам, що найшвидше зазнають змін (показник рН, вміст нітритів і т.д.) [21].

Для вимірювання гідрохімічних показників у відібраних пробах використано наступні методи:

- Пряма потенціометрія – вміст йонів амонію, флуоридів, хлоридів, нітратів, а також значення рН показника.

- Атомна абсорбція – вміст йонів Купруму.

- Колориметрія – вміст ортофосфатів та нітритів.

- Турбідиметрія – вміст сульфатів.

Результати. Для дослідження було обрано цілу низку водойм на території м. Охтирка та в його околицях. Аналіз гідрохімічних показників було здійснено в зразках води з найбільших водойм даної місцевості для отримання комплексного уявлення про стан поверхневих природних вод у м. Охтирка. Серед обраних для вивчення об'єктів наступні водойми:

- р. Охтирка – притока р. Ворскла, найбільша річка міста, довжина складає близько 28 км (відібрано проби №1–3: штучний ставок на початку річки, на середині річки – в районі центрального парку міста, на кінцевій ділянці річки – на західній околиці міста);

- озеро Ігнатенкове (проба №4) – велика водойма на південно–західній околиці міста, що зазнає суттєвого антропогенного впливу, зокрема через стоки з промислових об'єктів;

- озеро Біле (проба №5) – розміщене в західній частині міста, зазнає впливу від прилеглих домогосподарств;

- озеро Чикалове (проба №6) – знаходиться в центрі міста, щільно оточене приватними домогосподарствами;

- р. Гусинка – притока р. Ворскла, довжина близько 20 км, частково протікає на північній околиці міста (проба №7).

На рисунку 1 подано відповідну картосхему відбору проб.

Дослідження проведене в період другої половини жовтня 2024 року. Під час нього відібрано 7 проб води

з вказаних вище об'єктів для кількісного дослідження значень за низкою гідрохімічних показників: основні неорганічні сполуки Нітрогену (вміст нітратів, нітритів, йонів амонію), вміст флуоридів, ортофосфатів, сульфатів, хлоридів, рН показник, а також вміст йонів Феруму та Купруму. Результати відповідних вимірювань подано нижче в таблиці 1.

З таблиці 1 бачимо, що водневий показник у всіх досліджених зразках перебуває в діапазоні, що відповідає слабколужному середовищу. Щодо основних неорганічних сполук Нітрогену ситуація наступна:

- перевищень допустимого вмісту нітритів в жодній з проб не фіксувалось, вони були виявлені лише в малих кількостях;

- кількість нітратів була перевищена в 4-х із 7-ми зразків, а саме в усіх пробах з р. Охтирка та оз. Ігнатенкове, перевищення в діапазоні 2–6,9 ГДК;

- зафіксовані надмірні кількості йонів амонію у 5-ти з 7-ми пробах в діапазоні 1,1–8,5 ГДК, найвищі значення у оз. Ігнатенкове та оз. Біле.

Проаналізувавши наведені дані, бачимо суттєве забруднення водойм м. Охтирка неорганічними сполуками Нітрогену, попри відсутність нітритів, значний вміст йонів амонію та нітратів у багатьох об'єктах свідчить про довготривале забруднення, що продовжується.

Також в ході аналізу зафіксовано значний вміст хлорид– та сульфат–аніонів у декількох озерах:

- хлориди – в 3-х з 7-ми пробах в межах 1,1–1,3 ГДК (всі досліджені озера);

- сульфати – в 2-х з 7-ми пробах в кількості 1,8 ГДК (озера Чикалове та Біле).

Стосовно інших досліджуваних гідрохімічних показників було зафіксовано помірні перевищення деяких з них у кількох пробах:

- вміст флуоридів – у 2-х з 7-ми пробах (до 1,3 ГДК);

- вміст йонів Феруму – у 2-х з 7-ми пробах (1,3–1,9 ГДК);

- вміст фосфатів – у 1-й з 7-ми проб (до 1,7 ГДК);

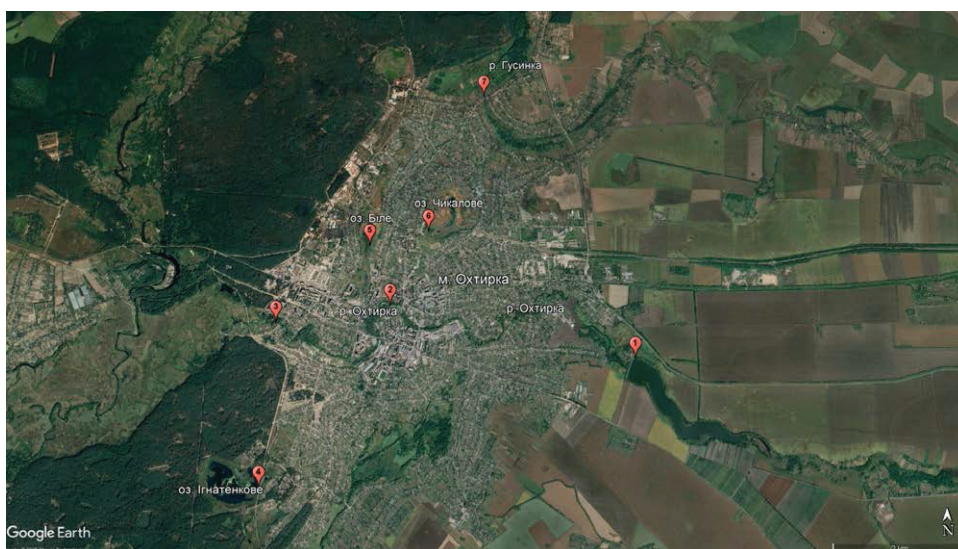


Рис. 1. Картосхема точок відбору зразків води у м. Охтирка

Показники гідрохімічного складу зразків з водою м. Охтирка

Показник	Одиниці виміру	№ Проби							ГДК[18] (мг/л)
		1	2	3	4	5	6	7	
NH_4^+	мг/л	1,43	2,90	3,72	22,15	4,58	8,89	1,49	2,6
Cl^-	мг/л	69,1	108,1	138,0	397,8	431,6	468,2	155,9	350
F^-	мг/л	1,18	1,22	1,04	1,56	0,61	0,59	0,72	1,2
NO_2^-	мг/л	< 0,1	< 0,1	0,11	0,11	< 0,1	< 0,1	0,23	3,3
NO_3^-	мг/л	308,9	97,5	89,2	151,9	43,9	36,7	40,1	45
SO_4^{2-}	мг/л	243,4	324,8	332,2	281,7	890,1	915,1	152,1	500
PO_4^{3-}	мг/л	0,27	1,97	2,04	5,89	0,25	1,28	0,46	3,5
Fe	мг/л	0,13	0,24	0,40	0,56	0,13	0,13	0,10	0,3
Cu	мг/л	0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1
pH	–	8,40	8,09	7,80	8,14	7,45	7,32	7,24	–

Примітка: помаранчевим кольором в таблиці виділено значення, що становлять 1-2 ГДК, червоним – ті, що перевищують ГДК більш ніж в 2 рази.

– вміст йонів Купруму – не було перевищено в жодній з проб.

Отже, за результатами комплексного гідрохімічного аналізу водних об'єктів м. Охтирка було зафіксовано перевищення низки показників.

Якщо порівняти одержані нами результати, з даними попередніх досліджень гідрохімічного складу поверхневих вод на території м. Охтирка, зокрема р. Охтирка, спостерігаємо суттєве погіршення екологічної ситуації. Найавне помірно зростання вмісту у воді хімічних речовин, що значно впливають на рівень мінералізації водою (сульфати, хлориди), а також значні перевищення ГДК за вмістом у воді деяких неорганічних форм Нітрогену (йони амонію, нітрат-йони) [22; 23].

Означена негативна динаміка змін гідрохімічного складу поверхневих вод даного регіону зумовлює необхідність проведення подальших досліджень з метою контролю та запобігання подальшому погіршенню екологічної ситуації.

Висновки. В ході вивчення гідрохімічного складу поверхневих природних вод м. Охтирка, ми дійшли

висновку, що майже всі досліджені об'єкти (р.Охтирка, озера Біле, Чикалове та Ігнатенкове) знаходяться в незадовільному стані за їх гідрохімічними показниками. На нашу думку, основною мірою такий стан досліджених водою обумовлений антропогенним навантаженням: стоки та викиди з приватних та комунальних господарств, а також діяльність промислових підприємств. Антропогенний характер забруднення водою підтверджується показниками одержаними при дослідженні води з р. Гусинка (перевищень за жодним з вимірюваних показників не виявлено), ця річка знаходиться на околицях міста та віддалена від щільної забудови і промислових об'єктів, а відтак зазнає меншого впливу від людської діяльності. Вважаємо доцільним моніторинг даних водою у майбутньому з метою фіксації змін в їх екологічному стані, а також запровадження відповідних заходів у разі погіршення ситуації. Ці об'єкти є одними з ключових водних ресурсів даного регіону. Відповідно від їх стану напругу залежить здоров'я та добробут населення.

Література:

1. Державна екологічна інспекція в Сумській області. URL: <https://deisumy.gov.ua/> (дата звернення: 22.05.2025)
2. Xu Z., et al. Urban river pollution control in developing countries. *Nature Sustainability*. 2019. Vol. 2, No. 3. P. 158–160.
3. Строкаль В.П., Ковпак А.В. Воєнні конфлікти та вода: наслідки й ризики. *Екологічні науки*. 2022. № 5. С. 94–102.
4. Мацак С.В., Вакал Ю.С. Вплив сільськогосподарської діяльності на стан водних ресурсів. Матеріали VI Всеукраїнської студентської наукової конференції «Експериментальні та теоретичні дослідження в контексті сучасної науки», м. Рівне, 21 червня 2024 р. Рівне, 2024. С.154–155.
5. Walker D.B., et al. Surface water pollution. *Environmental and Pollution Science*. Academic Press, 2019. P. 261–292.
6. Шестопапов О.В. та ін. Аналіз показників якості води: сучасні аспекти і виклики. *Екологічні науки*. 2024. № 3 (54). С. 76–82.
7. Vardhan K.H., Kumar P.S., Panda R.C. A review on heavy metal pollution, toxicity and remedial measures: Current trends and future perspectives. *Journal of Molecular Liquids*. 2019. Vol. 290. Article ID: 111197.
8. Craswell E. Fertilizers and nitrate pollution of surface and ground water: an increasingly pervasive global problem. *SN Applied Sciences*. 2021. Vol. 3, No. 4. Article ID: 518.
9. Boschiero B. N., Mariano E., Azevedo R. A., Trivelin P. C. O. Influence of nitrate–ammonium ratio on the growth, nutrition, and metabolism of sugarcane. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2019. 139. P. 246–255.
10. Wan K., Huang L., Yan J., Ma B., Huang X., Luo Z., Xiao T. Removal of fluoride from industrial wastewater by using different adsorbents: A review. *Science of the Total Environment*. 2021. 773. P. 145535.
11. Wang M., Li X., He W. Y., Li J. X., Zhu Y. Y., Liao Y. L., Yang X. E. Distribution, health risk assessment, and anthropogenic sources of fluoride in farmland soils in phosphate industrial area, southwest China. *Environmental Pollution*. 2019. 249. P. 423–433.

12. Василенко, Л., Березницька, Ю., Кравченко, М., Шевченко, О., Цьома, Т. Забруднення поверхневих вод фосфатами та важкими металами. Проблеми водопостачання, водовідведення та гідраліки, (38), 2022. С. 4–17. URL: <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2022.38.4-17> (дата звернення: 22.05.2025)
13. Кобилянський В.Я., Сорокіна К.Б., Кравченко О.В. Характеристика потенційних хімічних, біологічних, радіаційних та ядерних забруднень води в умовах воєнного стану. *Науковий вісник будівництва*. 2024. № 110. С. 53–61.
14. Вакал Ю.С., Мацак С.В., Гідрохімічний склад природних джерел м. Суми та с. Степанівка. *Слобожанський науковий вісник. Серія: Природничі науки*. 2024. Вип. 2. С. 92–97.
15. Касьяненко Г.Я., Мацак С.В. Техногенні флуоропохідні в природних об'єктах м. Суми. 36. мат. Всеукр. наук. конф. «Шості Сумські наукові географічні читання» Суми, 2021. С. 121–124. URL: chitannya_2021_cc0dd.pdf (sspu.edu.ua). (дата звернення: 22.05.2025)
16. Екологічний паспорт Сумської області за 2023 рік. URL: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/ekologichnyj-monitoryng/ekologichni-rasporty/> (дата звернення: 22.05.2025)
17. Данильченко О.С. Оцінка екологічного стану малої річки Охтирка. Матеріали XI Міжнародної наукової конференції «Актуальні проблеми дослідження довкілля», м. Суми, 22–23 травня 2025 р. Суми 2025. С. 18–22
18. Забруднення водних об'єктів на Сумщині з початку року. URL: <https://sumy.dei.gov.ua/post/481> (дата звернення: 22.05.2025)
19. Головатюк Л.М., Бондар О.Б., Кратко О.В. Небезпека та наслідки забруднення водою для організму людини. Біологічна безпека: Науково-практичний журнал. *Екологічні науки*. 2023. № 5. С. 50.
20. Гігієнічні нормативи якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення. *Наказ МОЗ України № 721 від 02 травня 2022 року*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0524-22#Text> (ата звернення: 22.05.2025)
21. Відомчі нормативні документи. Інструкція з відбирання, підготовки проб води і ґрунту для хімічного та гідробіологічного аналізу гідрометеорологічними станціями і постами. Київ, 2016. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0030388-16#Text> (дата звернення: 22.05.2025)
22. Данильченко О.С. Мінералізація та вміст головних іонів у воді малих річок різних фізико-географічних провінцій Сумського Придніпров'я. *Наукові записки Сумського державного педагогічного університету ім. А.С.Макаренка. Географічні науки*. 2012. Вип. 3. С. 96–103.
23. Батура В.В., Касьяненко Г.Я. Роль р. Охтирка у формуванні хімічного складу поверхневих природних вод р. Ворскла. *Природничі науки*. 2012. Вип. 9. С. 197–201.

References:

1. Derzhavna ekolohichna inspektsiia v Sumskii oblasti [State Environmental Inspectorate in Sumy region]. [in Ukrainian]
2. Xu, Z., Xu, J., Yin, H., Jin, W., Li, H., & He, Z. (2019). Urban river pollution control in developing countries. *Nature Sustainability*, 2(3), 158–160. [in English].
3. Stokal, V. P., & Kovpak, A. V. (2022). Voienni konflikty ta voda: naslidky i ryzyky. [Military conflicts and water: consequences and risks Environmental sciences]. *Ekolohichni nauky*, (5), 44. [in Ukrainian].
4. Matsak, S. V., & Vakal, Y. S. (2024). Vplyv silskohospodarskoi diialnosti na stan vodnykh resursiv. [Impact of agricultural activities on water resources]. In *Proceedings of the 6th All-Ukrainian Student Scientific Conference "Experimental and Theoretical Research in the Context of Modern Science"*, Rivne, June 21, 2024 (pp. 154–155). [in Ukrainian].
5. Walker, D. B., Baumgartner, D. J., Gerba, C. P., & Fitzsimmons, K. (2019). Surface water pollution. In *Environmental and pollution science* (pp. 261–292). Academic Press. [in English].
6. Shestopalov, O. V., Sakun, A. O., Lizantan, P. S., Kanunnikova, N. O., Haiduchek, O. H., Tomashevskyi, R. S., & Vorobiov, B. V. (2024). Analiz pokaznykiv yakosti vody: suchasni aspekty i vyklyky. [Analysis of water quality indicators: modern aspects and challenges. Environmental sciences]. *Ekolohichni nauky*, 3(54), 76–82. [in Ukrainian].
7. Vardhan, K. H., Kumar, P. S., & Panda, R. C. (2019). A review on heavy metal pollution, toxicity and remedial measures: Current trends and future perspectives. *Journal of Molecular Liquids*, 290, 111197. [in English].
8. Craswell, E. (2021). Fertilizers and nitrate pollution of surface and ground water: an increasingly pervasive global problem. *SN Applied Sciences*, 3(4), 518. [in English].
9. Boschiero, B. N., Mariano, E., Azevedo, R. A., & Trivelin, P. C. O. (2019). Influence of nitrate–ammonium ratio on the growth, nutrition, and metabolism of sugarcane. *Plant Physiology and Biochemistry*, 139, 246–255. [in English].
10. Wan, K., Huang, L., Yan, J., Ma, B., Huang, X., Luo, Z., ... & Xiao, T. (2021). Removal of fluoride from industrial wastewater by using different adsorbents: A review. *Science of the Total Environment*, 773, 145535. [in English].
11. Wang, M., Li, X., He, W. Y., Li, J. X., Zhu, Y. Y., Liao, Y. L., ... & Yang, X. E. (2019). Distribution, health risk assessment, and anthropogenic sources of fluoride in farmland soils in phosphate industrial area, southwest China. *Environmental Pollution*, 249, 423–433. [in English].
12. Vasylenko, L. O., Berezhnyska, Yu. O., & Kravchenko, M. V. (2022). Zabrudnennia poverkhnevyykh vod fosfatamy ta vazhky my metalamy. [Surface water pollution by phosphates and heavy metals]. *Problemy vodopostachannia, vodovidvedennia ta hidravliki*, (38), 4–17. [in Ukrainian].
13. Kobylanskyi, V. Ya., Sorokina, K. B., & Kravchenko, O. V. (2024). Kharakterystyka potentsiinykh khimichnykh, biolohichnykh, radiatsiinykh ta yadernykh zabrudnen vody v umovakh voiennoho stanu. [Characteristics of potential chemical, biological, radiation and nuclear water contamination under martial law. Scientific Bulletin of Construction]. *Naukovyi visnyk budivnytstva*, (110), 53–61. [in Ukrainian].

14. Vakal, Yu. S., & Matsak, S. V. (2024). Hidrokhimichniy sklad pryrodnykh dzherel m. Sumy ta s. Stepanivka. [Hydrochemical composition of natural springs in the city of Sumy and the village of Stepanivka]. *Slobzhanskyi Scientific Bulletin. Series: Natural Sciences*, (2), 92–97. [in Ukrainian].
15. Kasyanenko, H. Ya., & Matsak, S. V. (2021). Tekhnohenni fluoropokhidni v pryrodnykh ob'ekтах m. Sumy. [Technogenic fluorine derivatives in natural objects of Sumy]. *Sixth Sumy Scientific Geographical Readings: Collection of Materials*, 121. [in Ukrainian].
16. Ekologichnyi pasport Sumskoi oblasti za 2023 rik. [Ecological passport of Sumy region for 2023]. [in Ukrainian]
17. Danilchenko, O. S. (2025). Otsinka ekolohichnoho stanu maloi richky Okhtyrka [Assessment of the ecological state of the small river Okhtyrka]. *Materials of the 11th International Scientific Conference "Actual Problems of Environmental Research" (Sumy, May 22–23, 2025)* (pp. 18–22). Sumy.
18. Zabrudnennia vodnykh ob'ektiv na Sumshchyni z pochatku roku [Pollution of water bodies in Sumy region since the beginning of the year]. [in Ukrainian].
19. Holovatyuk, L. M., Bondar, O. B., & Kratko, O. V. (2023). Danger and consequences of water pollution for the human body. *Biological safety: Scientific and practical journal, ecological sciences*, (5), 50. [in Ukrainian].
20. Ministerstvo okhorony zdorovia Ukrainy. (2022, May 2). Hihienichni normatyvy yakosti vody vodnykh ob'ektiv dlia zadovolennia pytnykh, hospodarsko-pobutovykh ta inshykh potreb naselennia. [Hygienic standards for water quality of water bodies to meet drinking, household and other needs of the population]. Ministry of Health of Ukraine. (2022, May 2). (Nakaz No. 721). [in Ukrainian]
21. Vidomchi normatyvni dokumenty. Instruktsiia z vidbyrannia, pidhotovky prob vody i gruntu dlia khimichnoho ta hidrobiolohichnoho analizu hidrometeorolohichnymy stantsiiamy i postamy. [Departmental regulatory documents. Instructions for the collection and preparation of water and soil samples for chemical and hydrobiological analysis by hydrometeorological stations and posts]. (2016). Kyiv. [in Ukrainian]
22. Danylchenko O.S. (2012). Mineralizatsiia ta vmist holovnykh ioniv u vodi malykh richok riznykh fizyko-heohrafichnykh provintsii Sumskoho Prydniprovia. [The mineralization and the main ions in the water of small rivers of physiographic provinces of Sumy Prydniprovia]. *Naukovi zapysky Sumskoho derzhavnoho pedahohichnoho universytetu im. A.S. Makarenka. Heohrafichni nauky*, 3, 96-103. [in Ukrainian]
23. Batura V.V., Kasyanenko G.Ya. (2012). Rol r. Okhtyrka u formuvanni khimichnoho skladu poverkhnevyykh pryrodnykh vod r. Vorskla. [Okhtyrka river role in shaping the chemical composition of superficial natural waters Vorskla river]. *Pryrodnychi nauky*. 2012, 9, 197-201. [in Ukrainian]

Дата першого надходження рукопису до видання: 20.08.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 23.09.2025

Дата публікації: 31.10.2025