

4. НАУКИ ПРО ЗЕМЛЮ

УДК 556.114(477.52)

DOI <https://doi.org/10.32782/naturalspu/2024.2.12>

ГІДРОХІМІЧНИЙ СКЛАД ПРИРОДНИХ ДЖЕРЕЛ М. СУМИ ТА С. СТЕПАНІВКА

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: 0000-0002-8722-7683

Web of Science Researcher ID: JHU-2265-2023

Мацак Станіслав Вячеславович,

здобувач вищої освіти спеціальності 014 Середня освіта (Хімія)

Сумського державного педагогічного університету імені А. С. Макаренка

ORCID ID: 0000-0002-5658-0433

У статті представлено результати дослідження гіdroхімічного складу природних джерел м. Суми та с. Степанівка, а також проведено порівняльний аналіз отриманих даних із діючими санітарно-гігієнічними нормами. Актуальність проведеного дослідження полягає у тому, що зростаюче антропогенне навантаження на довкілля, зміна клімату та інші фактори призводять до погіршення якості водних ресурсів. Даний процес в свою чергу веде до появи значних ризиків для здоров'я живих організмів, а також посилює дисбаланс у довкіллі загалом. Зважаючи на зазначені екологічні проблеми, надзвичайно важливим є дослідження якості водних ресурсів. Однією з основних груп забруднювачів питної води є неорганічні сполуки (нітрати, нітрити, сульфати, хлориди, флуориди, йони важких металів тощо). Їхнє надмірне накопичення у воді може призвести до розвитку різних захворювань та негативно вплинути на здоров'я населення. Нами проаналізовано низку важливих показників гіdroхімічного складу природних джерел м. Суми та с. Степанівка. У 2023 році було проведено визначення водневого показника (рН) та вмісту таких йонів: нітрити (NO_2^-), нітрати (NO_3^-), флуориди (F⁻), хлориди (Cl⁻), сульфати (SO_4^{2-}). У 2024 році окрім зазначених вище показників здійснено визначення вмісту йону амонію (NH_4^+), поліфосфатів (за PO_4^{3-}), важких металів (Купруму, Цинку та Феруму). За результатами дослідження нами було виявлено перевищення допустимих концентрацій нітратів та підвищений вміст флуоридів. Ці забруднювачі можуть спричинити серйозні захворювання. Відповідно вживання даної води, особливо тривалий період часу, становить суттєві ризики для здоров'я населення. Решта показників, що визначались, зафіксовані у кількостях, які не перевищують гранично допустимих концентрацій. На нашу думку, факторами, що призвели до забруднення джерельної питної води на досліджуваних територіях є стоки з комунальних і промислових об'єктів, а також активна сільськогосподарська діяльність людини. Одержані результати можуть бути використані для розробки рекомендацій щодо подальшого використання та охорони водних ресурсів досліджуваних територій.

Ключові слова: гіdroхімічний склад, кількісний аналіз, моніторинг якості питної води, питна вода, природні джерела, хімічне забруднення.

Vakal Yuliia, Matsak Stanislav. Hydrochemical composition of natural springs in the city of Sumy and the village of Stepanivka

The article presents the results of the study of the hydrochemical composition of natural springs in the city of Sumy and the village of Stepanivka, as well as a comparative analysis of the received data with current sanitary and hygienic standards. The relevance of the conducted research lies in the fact that the growing anthropogenic load on the environment, climate change and other factors lead to the deterioration of the quality of water resources. This process, in turn, leads to the appearance of significant risks for the health of living organisms, and also increases the imbalance in the environment in general. Considering the mentioned ecological problems, the study of the quality of water resources is extremely important. One of the main groups of drinking water pollutants are inorganic compounds (nitrates, nitrites, sulfates, chlorides, fluorides, heavy metal ions, etc.). Their excessive accumulation in water can lead to the development of various diseases and negatively affect the health of the population. We have analyzed a number of important indicators of the hydrochemical composition of natural springs in the city of Sumy and the village of Stepanivka. In 2023, the hydrogen index (pH) and the content of the following ions were determined: nitrites (NO_2^-), nitrates (NO_3^-), fluorides (F⁻), chlorides (Cl⁻), sulfates (SO_4^{2-}). In 2024, in addition to the above indicators, the content of ammonium ion (NH_4^+), polyphosphates (according to PO_4^{3-}), and heavy metals (copper, zinc, and ferrum) was determined. Based on the results of the research, we found an excess of permissible concentrations of nitrates and an increased content of fluorides. These pollutants can cause serious illness. Accordingly, the use of this water, especially for a long period of time, poses significant risks to the health of the population. The rest of the parameters that were determined were recorded in quantities that did not exceed the maximum permissible concentrations. In our opinion, the factors that led to the contamination of spring drinking water in the studied territories are effluents from communal and industrial facilities, as well

as active human agricultural activity. The obtained results can be used to develop recommendations for the further use and protection of water resources of the studied territories.

Key words: hydrochemical composition, quantitative analysis, drinking water quality monitoring, drinking water, natural sources, chemical pollution.

Вступ. В умовах сучасної взаємодії людини і довкілля особливої актуальності набули проблеми раціонального використання і охорони природних ресурсів. Найбільш напружена ситуація складається в зоні інтенсивного навантаження на водні ресурси, тобто в межах міст з розвинутою промисловістю, які є значними споживачами води та джерелом господарсько-побутових стоків, а також на територіях, що активно залучені до процесів аграрного виробництва [11].

Ці проблеми не обминули і нашого регіону. Значення та динаміка основних гідрохімічних показників свідчать про складну екологічну ситуацію навколо водних ресурсів Сумської області [9; 10; 16]. Забруднення джерел питної води є основним фактором ризику для здоров'я населення, спричиняючи широкий спектр захворювань та знижуючи якість життя [3; 19].

За даними статистичного дослідження Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ, англ. World Health Organization) (2018) щороку 4,2 млн. людей передчасно помирають від хвороб, спричинених техногенним забрудненням навколишнього середовища [23; 24].

Щодо статистики захворювань по Україні протягом останніх п'яти років спостерігається значне зростання захворюваності (за всіма основними класами хвороб) як серед дитячого, так і серед дорослого населення. Така ситуація спричинена погіршенням екологічної ситуації в Україні, а саме – підвищенням рівня забруднення природних об'єктів, зокрема водних ресурсів [7; 19].

Серед основних забруднювачів водних ресурсів – важкі метали, сполуки хлору, фтору, азоту, фосфору, пестициди, нафтопродукти, стічні води. На території України суттєвим фактором забруднення є тривале ведення бойових дій [1; 5; 13], оскільки це призводить до потрапляння у водні об'єкти низки небезпечних хімічних елементів та сполук, особливо нафтопродуктів та важких металів. Внаслідок обстрілів промислових підприємств відбувається викид неконтрольованих об'ємів азотної кислоти, хлору та аміаку, що призводить до значного забруднення навколишнього середовища [7]. Однією з масштабних екологічних катастроф у 2024 році, що вплинула на стан водних об'єктів України став об'ємний викид неочищених промислових стоків, що відбувся внаслідок ведення бойових дій. Це призвело до масового мору риби та інших водних організмів, забруднення ґрунтових вод та підземних джерел, погіршення якості питної води, зниження біорізноманіття [6; 15].

Моніторинг якості питної води є критично важливим для забезпечення здоров'я населення. Якість води визначається комплексом природних та антропогенних факторів, а її забруднення різноманітними речовинами, зокрема нітратами, нітридами, сульфатами, хлоридами та флуоридами, становить серйозну загрозу [22]. Регулярний аналіз дозволяє своєчасно виявляти відхилення

від санітарних норм та вживати необхідних заходів для покращення якості питної води [4; 14].

Регулярний моніторинг фізико-хімічного складу питної води, включаючи визначення вмісту нітратів, нітридів та інших забруднювачів, є необхідною умовою для забезпечення належної якості питної води та збереження здоров'я населення.

Мета дослідження – визначення гідрохімічного складу природних джерел міста Суми та селища Степанівка.

Матеріали та методи. Вибір методик відбору проб та проведення аналізу є надзвичайно важливим етапом дослідження, оскільки безпосередньо впливає на його результати.

При проведенні дослідження, відбір проб, їх транспортування та зберігання здійснювалась згідно зі стандартними методиками [4; 17; 18].

Підбір методик для аналізу показників якості води здійснено в першу чергу спираючись на точність визначення показників складу води конкретними методами, а також із врахуванням швидкості та оптимальності аналізу.

Для аналізу гідрохімічних показників у зразках джерельної води нами обрано такі методи: потенціометричний метод (*pH* показник, *вміст нітратів, хлоридів, флуоридів, йонів амонію*); фотоколориметричний метод (визначення *нітридів, фосфатів, загального Феруму*); турбідиметричний метод (визначення *сульфатів*); атомно-абсорбційний метод (визначення *Цинку та Купруму*).

З метою оцінки динаміки хімічного складу водних об'єктів було проведено комплексні дослідження у 2023 та 2024 роках. В ході дослідження в 2023 році було проаналізовано показники вмісту сульфатів, нітридів, нітратів, хлоридів, флуоридів та значення показника рН. В 2024 р було здійснено повторний аналіз зазначених вище параметрів, а також додатково було виміряно концентрацію важких металів (Феруму, Купруму, Цинку), йону амонію та поліфосфатів у відповідних пробах.

Результати. Для дослідження гідрохімічного складу нами були обрані природні джерела питної води на території м. Суми та с. Степанівка. Вибір джерел обумовлений їх активним використанням місцевим населенням. В таблиці 1 наведено перелік досліджуваних джерел, їх стислий опис, географічні координати, а також шифр відповідно до якого далі будуть наводитись усі результати вимірювань.

Дослідження проводилось в період з жовтня 2023 року по жовтень 2024. В ході дослідження було відібрано 2 серії проб з кожного джерела (у жовтні 2023 та у жовтні 2024 відповідно). У зразках води вимірювались такі гідрохімічні показники: вміст нітратів, нітридів, флуоридів, сульфатів, хлоридів, а також показник рН. Результати відповідних вимірювань у 2023 році наведено нижче в таблиці 2.

Характеристика проб джерельної води

Шифр проби	Опис місця відбору	Географічні координати
1	с. Степанівка, Джерело 1	50°57'29.3"/34°36'39.8"
2	с. Степанівка, Джерело 2	50°57'25.6"/34°36'45.2"
3	с. Степанівка, Джерело 3	50°57'23.3"/34°36'49.4"
4	м. Суми, Веретенівський парк, джерело	50°56'20.8"/34°45'03.7"
5	м. Суми, джерело біля Сумської біофабрики	50°52'44.7"/34°47'36.6"

Таблиця 2

Показники гідрохімічного складу зразків джерельної води у 2023 р.

Показник	Одиниці виміру	ГДК [4]	Шифр проби				
			1	2	3	4	5
pH	Одиниці pH	6,5–8,5	7,62	7,42	7,40	7,26	7,31
NO ₂ ⁻	мг/л	3,3	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
NO ₃ ⁻	мг/л	50	86,9	54,0	27,5	80,3	164
F ⁻	мг/л	1,5	0,7	1,1	0,9	0,9	1,0
Cl ⁻	мг/л	350	44,2	39,5	24,4	119,8	155,1
SO ₄ ²⁻	мг/л	500	62,9	≤50	≤50	85,1	≤50

З таблиці 2 бачимо, що водневий показник в усіх зразках води знаходиться в межах нормального діапазону, всі зразки води є слабколужними за середовищем. В жодній із проб не було виявлено нітритів, їх вміст є меншим за нижню межу визначення (≤ 0,1 мг/л). Вміст хлоридів, флуоридів та сульфатів також знаходиться в межах норми. Водночас в 4-х з 5-ти проб спостерігається перевищення вмісту нітратів у діапазоні 1,1–3,2 ГДК (єдина проба, в якій вміст у нормі – № 3). Таке перевищення допустимої норми вмісту нітратів у джерельній воді, на нашу думку, спричинене антропогенними факторами: неочищені промислові та комунальні викиди, активна сільськогосподарська діяльність людини тощо [2; 12; 21].

Аналогічні показники (pH, вміст NO₂⁻, NO₃⁻, F⁻, Cl⁻, SO₄²⁻) в досліджуваних джерелах повторно визначались

у жовтні 2024. Окрім цього, додатково було виміряно вміст деяких важких металів (Ферум, Цинк, Купрум), а також поліфосфатів (за PO₄³⁻) та йону амонію (NH₄⁺). Результати даних вимірювань подано в таблиці 3.

За даними таблиці 3 спостерігаємо, що в 2024 році показник pH води у всіх відібраних пробах зберігається слабколужним та знаходиться в межах допустимого діапазону. Аналогічно із даними 2023 року нітрити присутні лише в слідових кількостях, їх вміст знаходиться за нижньою межею визначення. Вміст хлоридів, сульфатів, фосфатів та йону амонію є невисоким та не перевищує норми ГДК. Перевищень вмісту важких металів (Феруму, Купруму, Цинку) зафіксовано не було.

Кількість флуоридів в джерелах не перевищує ГДК, проте є відносно високою і перебуває в діапазоні 0,7–0,9 ГДК. Попередні дослідження ґрунтів даного

Таблиця 3

Показники гідрохімічного складу зразків джерельної води у 2024 р.

Показник	Одиниці виміру	ГДК [4]	Шифр проби				
			1	2	3	4	5
pH	Одиниці pH	6,5–8,5	7,88	7,81	7,7	7,36	7,51
NO ₂ ⁻	мг/л	≤ 3,3	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
NO ₃ ⁻	мг/л	≤ 50	65,8	60,5	16,4	65,8	113,5
F ⁻	мг/л	≤ 1,5	1,23	1,23	1,01	1,39	1,23
Cl ⁻	мг/л	≤ 350	18,36	23,18	11,52	83,58	54,51
SO ₄ ²⁻	мг/л	≤ 500	82,58	<50	<50	<50	<50
PO ₄ ³⁻	мг/л	≤ 3,5*	0,22	0,30	0,19	0,44	2,28
NH ₄ ⁺	мг/л	≤ 2,6	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8
Fe	мг/л	≤ 1,0	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25
Zn	мг/л	≤ 1,0*	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Cu	мг/л	≤ 1,0*	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5

Примітка: * – для порівняння наведено норму для питної води водопровідної, оскільки вміст даного показника не нормується для питної води з джерел та колодязів згідно з (ДСанПіН 2.2.4-171-10) [4].

регіону показали його забрудненість сполуками *Флуору*. Враховуючи вразливість досліджуваної території до забруднення даним полутантом (Флуором) важливим є подальший контроль за його вмістом у джерелах питної води, з метою вчасної фіксації можливих перевищень [8; 20; 25].

Відносно вмісту *нітратів* було виявлено перевищення в 4-х з 5-ти проб в діапазоні 1,2–2,3 ГДК (вміст *нітратів* у пробі № 3 залишивсь в межах норми).

Оскільки в ході досліджень було зафіксовано перевищення допустимого вмісту *нітратів* в зразках

джерельної води в 2023 та 2024 році, на рисунку 1 наводимо динаміку змін їх концентрації у джерельній воді.

З рисунку 1 бачимо, що в більшості джерел вміст *нітратів* дещо знизився у 2024 р. порівняно з 2023 р. (зменшення в діапазоні 18–40%), за винятком джерела № 2, де є невелике підвищення вмісту *нітратів* (збільшення на 12%). Попри такі зміни зберігається перевищення ГДК у пробах № 1, 2, 4, 5, а відповідно й загроза для здоров'я населення від споживання води з цих джерел.

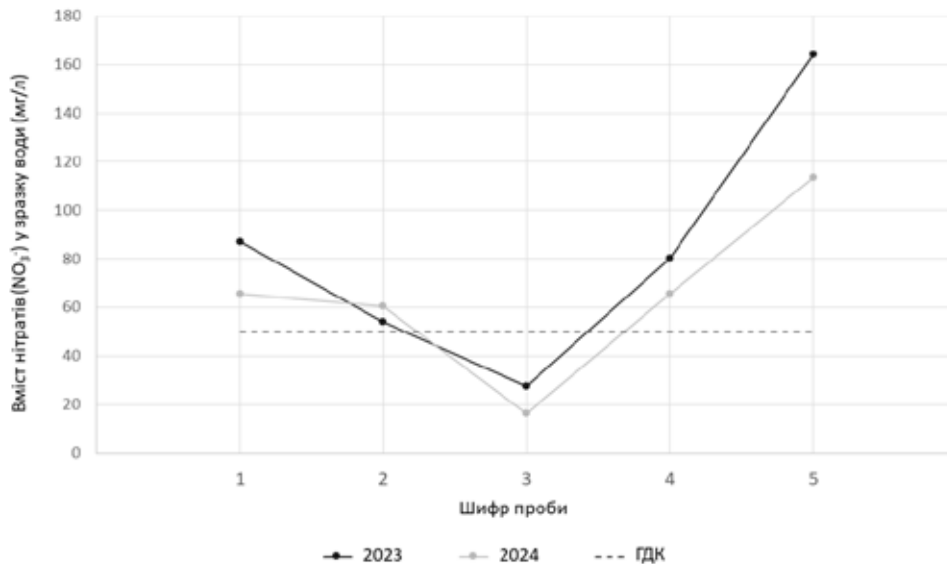


Рис. 1. Динаміка змін вмісту нітратів у зразках води з природних джерел у 2023–2024 рр.

Висновки. В ході дослідження гідрохімічного складу природних джерел м. Суми та с. Степанівка в 2023 році нами проаналізовано низку важливих показників (водневий показник, вміст нітратів, хлоридів, флуоридів, сульфатів, нітритів). Порівняльний аналіз за тими ж показниками було проведено в 2024 році, з додатковим визначенням вмісту йону амонію, поліфосфатів, важких металів (Феруму, Купруму, Цинку).

Серед вимірюваних показників не було виявлено перевищень норми за вмістом флуоридів, хлоридів, сульфатів, нітритів та рівнем рН в жодній пробі. При цьому встановлено серйозні перевищення допустимого вмісту нітратів у пробах № 1, 2, 4, 5 (у 4-х з 5-ти проб). Враховуючи такі результати, вживання води з джерел

№ 1, 2, 4, 5 є небажаним, оскільки становить значні ризики для здоров'я, особливо у разі регулярного вживання такої води, через надмірний вміст нітратів у них. Водночас джерело № 3, розміщене на території с. Степанівка, за всіма досліджуваними показникам відповідає вимогам, що встановлені для джерел чистої питної води.

Природні джерела станом на сьогодні зазнають негативного впливу з боку промисловості, аграрного виробництва, ведення військових дій на прилеглих територіях, що погіршує екологічну ситуацію в регіоні та Україні в цілому. Для вирішення проблеми, на нашу думку, необхідно вживати термінові комплексні заходи на державному та місцевому рівнях.

Література:

1. Ангурець О., Хазан П., Колесникова К., Куш М., Чернохова М., Гавранек М. Наслідки для довкілля війни росії проти України. Електронне науково-популярне видання. 2022. URL: <http://surl.li/kgblr> (дата звернення: 17.06.2024).
2. Верголяс М. Р. Оцінка токсичності нітратів у воді з використанням цитоморфологічних показників тест-організмів. *Екологічні науки*. 2020. 3 (30). С. 129–132.
3. Вплив хімічного складу та мікроелементів води питної на організм людини. Чернігівський обласний центр контролю та профілактики хвороб. 2022. URL: <http://surl.li/smrm> (дата звернення: 19.08.2024).
4. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10). К., 2010. URL: <http://surl.li/hhckgt>
5. Держводагентство: вплив війни на водні ресурси проникає в усі сектори економіки і вже давно перетнув національні кордони. URL: <http://surl.li/ehvgzn>

6. Зміна якісного стану води в р. Сейм. Державне агентство водних ресурсів України. Регіональний офіс водних ресурсів у Сумській області. UBL: <http://surl.li/cr1ikm>
7. Карнаушенко Д., Вакал Ю. Зміна гематологічних показників крові під впливом техногенного забруднення. *Наукові записки. Біологічні науки (Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя)*. № 1-2, 2024. С. 52–64, doi:10.31654/2786-8478-2024-BN-1-2-52-64.
8. Мацак С., Вакал Ю., Касьяненко Г.Я. Дослідження явища міграції рухомих сполук фтору в ґрунтах прибережної зони р. Гуска. *Український журнал природничих наук*. № 3, 2023. С. 144–154 doi: 10.35433/naturaljournal.3.2023.144-154.
9. Мацак С.В., Вакал Ю.С. Аналіз питної води: оцінка якості та впливу хімічних забруднень. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Екологія і раціональне природокористування: освіта, наука і практика». 15 листопада 2023 р., MANS w Łomży, Польща. 2023. pp. 145–149.
10. Мацак С.В., Вакал Ю.С. Вимірювання вмісту рухомих сполук Фосфору в ґрунтах на сільськогосподарських територіях вздовж р. Гуска. Актуальні проблеми дослідження довкілля: Матеріали X Міжнародної наукової конференції (Суми-Тростянець, 25–27 травня 2023 р.,) Суми, 2023. С. 224–227.
11. 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». 21 червня 2024, м. Рівне. С. 154–155.
12. Мацак С.В., Вакал Ю.С. Неорганічні сполуки Нітрогену в природних водах та особливості їх визначення. Дев'яті Сумські наукові географічні читання: збірник матеріалів Всеукраїнської наукової конференції. 4–5 жовтня 2024 р., м. Суми. С. 80083.
13. Мацак С.В., Вакал Ю.С. Оцінка впливу військових дій на ґрунти та водойми Сумської області. Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція «Нові педагогічні виміри професійного розвитку майбутніх учителів: сучасні реалії та виклики» (15 листопада 2023 р.). м. Бердянськ, Україна. 2023
14. Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року: Закон України №2697-VIII від 28.02.2019. URL: <http://surl.li/akoef> (дата звернення: 20.09.2024).
15. Реагування на надзвичайну подію на річках Сейм та Десна. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Київ. 2024. URL: <http://surl.li/iszhpe> (дата звернення: 20.09.2024).
16. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Сумській області у 2023 році. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. 2023. URL: <http://surl.li/hfgsf> (дата звернення: 18.09.2024).
17. Римар З. І., Гордієнко О. А. Визначення показників фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води. *Науково-технічна конференція підрозділів ВНТУ*. 2021. 2 с. URL: <http://surl.li/yarpo>
18. Хільчевський В. К., Забокрицька М. Р. Хімічний аналіз та оцінка якості природних вод : навч. посіб. Луцьк : Вежа-Друк, 2021. 76 с.
19. Щорічний звіт про стан здоров'я населення України та епідемічну ситуацію за 2022 рік. Міністерство охорони здоров'я України. Київ. 2023. URL: <http://surl.li/rebhj> (дата звернення: 10.09.2024)
20. Fuge R. Fluorine in the environment, a review of its sources and geochemistry. *Applied Geochemistry*. 2019. 100. P. 393-406.
21. Miller J. D., Workman C. L. Panchang S. V., Sneegas G., Adams E. A., Young S. L., Thompson A. L. Drinking water nitrate and human health: an updated review. *International journal of environmental research and public health*. 2018. 15 (7). P. 1557.
22. Omer N. H. Water quality parameters. *Water quality-science, assessments and policy*. 2019. 18. P. 1–34.
23. World Health Organization. *Guidelines for drinking-water quality: incorporating the first and second addenda*. World Health Organization, 2022.
24. World Health Organization: *Air quality, energy and health*. 2018. URL: <http://surl.li/xxewnd> (дата звернення: 10.09.2024).
25. Yu Ya-qi, Yang Jin-yan. Health risk assessment of fluorine in fertilizers from a fluorine-contaminated region based on the oral bioaccessibility determined by Biomimetic Whole Digestion-Plasma in-vitro Method (BWDPM). *Journal of hazardous materials*. 2020. 383. 121124.

References:

1. Angurets, O., Khazan, P., Kolesnikova, K., Kushch, M., Chernykhova, M., & Gavranek, M. (2022). Naslidky dlia dovkillia viiny rosii proty Ukrainy. [Environmental consequences of russia's war against Ukraine]. *Electronic scientific-popular publication*. [in Ukrainian].
2. Vergolias, M. R. (2020). Otsinka toksychnosti nitrativ u vodi z vykorystanniam tsytomorfolohichnykh pokaznykiv test-orhanizmiv. [Assessment of nitrate toxicity in water using cytomorphological indicators of test organisms]. *Ecological Sciences*, 3(30), 129–132. [in Ukrainian].
3. Vplyv khimichnoho skladu ta mikroelementiv vody pytnoi na orhanizm liudyny. [Influence of chemical composition and trace elements of drinking water on the human body]. (2022). *Chernihiv Regional Center for Disease Control and Prevention*. [in Ukrainian].
4. Derzhavni sanitarni normy ta pravyla «Hihienichni vymohy do vody pytnoi, pryznachenoї dlia spozhyvannia liudynoiu» (DSanPiN 2.2.4-171-10). [State sanitary norms and rules “Hygienic requirements for drinking water intended for human consumption” (DSanPiN 2.2.4-171-10)]. (2010). Kyiv. [in Ukrainian].

5. Derzhvodahentstvo: vplyv viiny na vodni resursy pronykaie v usi sektory ekonomiky i vzhe davno peretnuv natsionalni kordony. [State Water Agency: the impact of war on water resources penetrates all sectors of the economy and has long crossed national borders]. [in Ukrainian].
6. Zmina yakisnoho stanu vody v r. Seim. [Change in water quality in the Seym River]. State Water Resources Agency of Ukraine. Regional Office of Water Resources in Sumy Region. [in Ukrainian].
7. Karnaushenko, D., & Vakal, Y. (2024). Zmina hematolohichnykh pokaznykiv krovi pid vplyvom tekhnogenoho zabrudnennia. [Changes in hematological blood parameters under the influence of technogenic pollution]. *Scientific Notes. Biological Sciences (Mykola Gogol Nizhyn State University)*, (1-2), 52-64. doi: 10.31654/2786-8478-2024-BN-1-2-52-64 [in Ukrainian].
8. Matsak, S., Vakal, Y., & Kasyanenko, G. Y. (2023). Doslidzhennia yavlyshcha mihratsii rukhomykh spoluk fluoru v gruntakh pryberezhnoi zony r. Huska. [Research on the migration of mobile fluorine compounds in soils of the Huska River coastal zone]. *Ukrainian Journal of Natural Sciences*, (3), 144–154. doi: 10.35433/naturaljournal.3.2023.144-154 [in Ukrainian].
9. Matsak, S. V., & Vakal, Y. S. (2023). Analiz pytnoi vody: otsinka yakosti ta vplyvu khimichnykh zabrudnen. [Drinking water analysis: quality assessment and impact of chemical pollution]. In *Proceedings of the International Scientific-Practical Conference "Ecology and Rational Use of Natural Resources: Education, Science and Practice"*, MANS w Łomży, Poland, November 15, 2023 (pp. 145–149) [in Ukrainian].
10. Matsak, S. V., & Vakal, Y. S. (2023). Vymiriuvannia vmistu rukhomykh spoluk Fosforu v gruntakh na silskohospodarskykh terytoriakh vzdovzh r. Huska. [Measurement of mobile phosphorus compounds in soils in agricultural areas along the Huska River]. In *Proceedings of the 10th International Scientific Conference "Current Environmental Research Problems"*, Sumy-Trostianets, May 25–27, 2023 (pp. 224–227) [in Ukrainian].
11. 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].
12. Matsak, S. V., & Vakal, Y. S. (2024). Neorhanichni spoluky Nitrohenu v pryrodnykh vodakh ta osoblyvosti yikh vyznachennia. [Inorganic nitrogen compounds in natural waters and features of their determination]. In *Proceedings of the 9th Sumy Scientific Geographical Readings: Collection of Materials of the All-Ukrainian Scientific Conference*, Sumy, October 4–5, 2024 (pp. 80–83). [in Ukrainian].
13. Matsak, S. V., & Vakal, Y. S. (2023). Otsinka vplyvu viiskovykh dii na grunty ta vodoimy Sumskoi oblasti. [Assessment of the impact of military actions on soils and water bodies in the Sumy region]. In *Proceedings of the All-Ukrainian Scientific-Practical Internet Conference "New Pedagogical Dimensions of Professional Development of Future Teachers: Modern Realities and Challenges"*, Berdyansk, Ukraine, November 15, 2023. [in Ukrainian].
14. Pro Osnovni zasady (stratehiu) derzhavnoi ekolohichnoi polityky Ukrainy na period do 2030 roku: Zakon Ukrainy № 2697-VIII vid 28.02.2019. [On the Basic Principles (Strategy) of the State Environmental Policy of Ukraine for the Period Until 2030. (2019). Law of Ukraine No. 2697-VIII from February 28, 2019]. [in Ukrainian].
15. Reahuvannia na nadzvychainu podiiu na richkakh Seim ta Desna. Ministerstvo zakhystu dovkilia ta pryrodnykh resursiv Ukrainy. [Response to an emergency event on the Seym and Desna rivers]. (2024). *Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine. Kyiv*. [in Ukrainian].
16. Rehionalna dopovid pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha v Sumskii oblasti u 2023 rotsi. [Regional report on the state of the environment in Sumy region in 2023]. (2023). *Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine*. [in Ukrainian].
17. Rymar, Z. I., & Gordienko, O. A. (2021). Vyznachennia pokaznykiv fiziolohichnoi povnotsinnosti mineralnoho skladu pytnoi vody. [Determination of indicators of physiological completeness of the mineral composition of drinking water]. In *Proceedings of the Scientific and Technical Conference of VNTU Units*. [in Ukrainian].
18. Khilchevskiy, V. K., & Zabokrytska, M. R. (2021). Khimichniy analiz ta otsinka yakosti pryrodnykh vod: navch. posib. [Chemical analysis and water quality assessment: textbook]. Lutsk: Vezha-Druk. [in Ukrainian].
19. Shchorichnyi zvit pro stan zdorovia naseleння Ukrainy ta epidemichnu sytuatsiiu za 2022 rik. [Annual report on the health status of the population of Ukraine and the epidemiological situation for 2022]. (2023). *Ministry of Health of Ukraine. Kyiv*. [in Ukrainian].
20. Fuge, R. (2019). Fluorine in the environment, a review of its sources and geochemistry. *Applied Geochemistry*, 100, 393-406. [in English].
21. Miller, J. D., Workman, C. L., Panchang, S. V., Sneegas, G., Adams, E. A., Young, S. L., & Thompson, A. L. (2018). Drinking water nitrate and human health: an updated review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(7), 1557. doi: 10.3390/ijerph15071557. [in English].
22. Omer, N. H. (2019). Water quality parameters. In *Water Quality - Science, Assessments, and Policy* (p. 1–34). [in English].
23. *World Health Organization*. (2022). Guidelines for drinking-water quality: incorporating the first and second addenda. [in English].
24. *World Health Organization*. (2018). Air quality, energy, and health. [in English].
25. Yu, Y. Y., & Yang, J. Y. (2020). Health risk assessment of fluorine in fertilizers from a fluorine-contaminated region based on the oral bioaccessibility determined by Biomimetic Whole Digestion-Plasma in-vitro Method (BWDPM). *Journal of Hazardous Materials*, 383, 121124. [in English].