

СЕЗОННА ДИНАМІКА ВМІСТУ НІТРАТІВ У ПОВЕРХНЕВИХ І ГРУНТОВИХ ВОДАХ

С.В. Канівець¹, Л.Ю. Воронко², О.І. Чабовська², І.О. Глибовець³,
О.В. Коростін², І.Л. Шигимага², А.О. Щеглова²

¹ ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського»

² Харківська філія ДУ «Інститут охорони ґрунтів України»

³ Чернігівська філія ДУ «Інститут охорони ґрунтів України»

Встановлено, що у межах харківської схилово-височинної фізико-географічної області в колодязях і джерелах, що живляться інфільтраційними водами і розташовані безпосередньо в населених пунктах або поблизу останніх, навесні і восени спостерігається подвійне перевищення ГДК нітратів. Природні біоценози річок і водосховища шляхом асиміляційної і дисиміляційної нітратредукції сприяють низькому рівню вмісту нітратів, натомість стічні води населених пунктів, зокрема м. Харкова, значно підвищують вміст нітрат-іонів у річках і послаблюють інтенсивність протікання процесів самоочищення. Проаналізовано чинники сезонних змін умісту нітратів у водосховищі і ґрунтових водах. Розглянуто механізми перетворення нітратів у поверхневих і ґрунтових водах та в активному шарі ґрунту і профілі зони аерації. Висвітлено особливості міграції нітрат-іонів до водоносних горизонтів та імпульсивне насичення осадового перекриття нітратами. Запропоновано доступні заходи із захисту навколишнього природного середовища. Обґрунтовано необхідність систематичних моніторингових досліджень води.

Ключові слова: нітратне забруднення, ґрунтові води, поверхневі води, нітрифікація, зона аерації.

Відомо, що нітрати — високотоксичні сполуки, адже вміст 1 мг/кг маси людини, наприклад, азоту спричиняє легке отруєння, а доза 20 мг/кг є смертельною (для ціанідів 4 мг/кг) [1]. Починаючи з 60–70-х років минулого століття в усьому світі значна увага приділяється проблемі нітратного забруднення продуктів харчування і води, що зумовлено інтенсивним застосуванням азотних добрив. Упродовж 70–80-х років обсяг використання азотних туків у європейських країнах збільшився у 5–10 разів і в перерахунку на азот становив: на богарних землях — близько 200 кг/га, на іригаційних — 300 кг/га. За даними Міжнародної організації гідрогеологів (IAHS) вміст нітратів у ґрунтових водах сягнув (у

перерахунку на азот) 15–50 мг/л, а річні темпи збільшення концентрації становлять 1–3 мг/л [1].

У Харківській обл. пік надходження в ґрунт азоту з добривами зафіксовано у 1986–1990 рр., коли їх вносилося 62 кг/га з мінеральними і близько 37 кг/га у д.р. з органічними добривами, в перерахунку на азот — це близько 40 кг/га. Тому площинне забруднення могло спричинити загрозову ситуацію лише у місцях з підвищеним застосуванням азотовмісних добрив [2–4]. Найчастіше перевищення ГДК за вмістом нітратів спостерігається в приватних шахтних колодязях [5]. Залежно від умов навколишнього природного середовища, вміст нітратів змінюється, зокрема посезонно [6]. Джерела надходження не використаних рослинами і мікроорганізмами нітратів до поверхневих і підземних вод теж різноманітні.

Мета роботи — визначити вміст та динаміку нітрат-іонів у поверхневих та ґрунтових водах для прогнозування їх стану та обґрунтування і розробки заходів із захисту джерел питної води.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Досліджувалися поверхневі і ґрунтові води на території Харківської обл. у річках, колодязях, Харківському водогоні, джерелах і струмках, що з них витікають. Спостереження вели впродовж 2011–2014 рр. Обстежували колодязі, розташовані на плато правих корінних берегів долин річок Сіверський Донець (села Рубіжне і Шестакове) і Роганка (смт Рогань). Потужність осадового перекриття водоносних горизонтів зони аерації в селах Рубіжне і Шестакове становить 10–12 м, у смт Рогань — близько 15 м. Питні джерела і струмки досліджували на території межиріччя Роганки і Уди. Потужність осадового перекриття водоносних горизонтів питних джерел у селах Павленки і Федірці становить близько 15 м. Джерело Саржин Яр живиться водами міжпластового горизонту з глибини близько 20 м. Всі питні джерела розташовуються у балках і витікають з-під схилу на рівні дна балки. Відстань від об'єктів до людських поселень майже однакова, розташовані вони в одній кліматичній зоні. Їх активний шар (ґрунт) і підґрунтя мають важкосуглинковий гранулометричний склад.

Зразки води відбирали згідно із ГОСТ 17.1.5.05.85. («Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных вод и льда») та методами, описаними Ю.Ю. Лурье [7]. У колодязях зразки відбирали з-під поверхні води батометром, з джерел і у Харківському водогоні — безпосередньо із зливної труби, у річках (на бистрині) — з-під поверхні води батометром, у водосховищі (центральна частина, біля дамби) — з-під поверхні води батометром, у струмках — з-під поверхні води.

Аналіз з відібраними зразками води проводили в лабораторії Харківської філії ДУ «Держґрунтохорона» (вода колодязів, питних джерел, струмків і Харківського во-

догону) відповідно до чинної методики визначення кількості нітратів іонометричним методом (1981); у лабораторії Харківського управління водних ресурсів (поверхневі води) згідно з КНД 211.1.4.027-85 (1995).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Результати досліджень вмісту нітрат-іонів у поверхневих і ґрунтових водах засвідчили про їх істотну відмінність (табл. 1, 2). Так, показники питної води у колодязях і питних джерелах, які живляться інфільтраційними ґрунтовими водами, свідчать про значне перевищення ГДК навесні і восени. Натомість у річках і водосховищі вміст нітратів набагато менший. Улітку забруднення зменшується, і в деяких колодязях і джерелах досягає норми, але показники вмісту нітратів залишаються лише близькими до рівня ГДК. Така сезонна динаміка концентрації нітрат-іонів у воді колодязів спостерігається і в Чернігівській обл. У колодязях сіл Рубіжне і Шестакове, а також питних джерелах сіл Павленки і Федірці та у струмку, що витікає з джерела с. Федірці, вміст нітратів улітку нормалізується. У водоносних горизонтах смт Рогань теж спостерігалось зниження умісту нітратів, але не до безпечного рівня.

Потужне (10–15 м і більше) перекриття осадовими породами, переважно важкого гранулометричного складу, не є перешкодою для проникнення нітратів у водоносні горизонти зони аерації, що живлять колодязі і джерела, розташовані безпосередньо біля людських осель, де ведеться активна господарська діяльність.

Розбіжності літніх флуктуацій нітратного забруднення ґрунтових вод смт Рогань і всіх згаданих вище населених пунктів зумовлено надходженням нітрат-іонів з-під «похованого» міського сміттєзвалища, розташованого близько 1 км вище смт Рогань. Так, цілорічно перевищення ГДК нітратів у підземних водах спостерігається поблизу локальних забруднювачів (тваринницькі ферми, очисні споруди, багаторічні бурти гною) на всій території України [2].

Біоценоз великого струмка, що протікає поблизу сіл Павленки і Федірці, частково

Таблиця 1

Вміст нітратів у водах населених пунктів Харківської обл., мг/дм³ (середні показники за 2013–2014 рр.)

Населений пункт, вид об'єкта водопостачання	Місяць											
	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень					
с. Рубіжне, Вовчанський р-н, колодязь	101,45	65,10	40,78	40,20	37,62	37,40	57,10					
с. Шестакове, Вовчанський р-н, колодязь	96,85	65,25	49,32	36,54	34,96	36,98	56,05					
смт Рогань, Харківський р-н, колодязь	91,00	78,50	75,55	72,00	61,40	61,00	73,90					
смт Рогань, Харківський р-н, джерело	85,85	72,70	69,50	68,40	59,50	60,00	76,10					
с. Павленки, Харківський р-н, джерело	67,00	53,00	50,25	46,04	41,00	40,67	51,60					
с. Федірці, Харківський р-н, джерело	65,24	56,82	58,32	59,50	44,00	43,50	49,45					
с. Федірці, Харківський р-н, струмок (малий)	57,42	38,10	39,60	37,80	31,00	30,04	39,32					
м. Харків, струмок (великий), поблизу сіл Павленки, Федірці	38,24	23,11	23,85	19,87	20,50	21,08	26,50					
м. Харків, джерело Саржин Яр	14,90	12,09	11,35	8,70	8,45	8,30	11,40					
м. Харків, міський водопровід	2,35	2,08	1,97	1,95	1,95	1,98	2,10					

Таблиця 2

Вміст нітратів у водах річок Сіверський Донець і Уда, мг/дм³ (середні показники за 2011–2013 рр.)

Річка, ділянка обстеження	Місяць											
	січень	лютий	березень	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень	листопад	грудень
р. Сіверський Донець, с. Огірцеве, кордон з РФ	4,74	8,96	6,62	6,30	4,73	3,60	2,95	3,65	4,23	3,12	3,50	4,55
р. Сіверський Донець, Печенізьке водосховище, смт Печеніги	0,57	1,44	0,97	1,04	0,50	0,46	0,57	0,42	0,64	0,60	0,78	0,95
р. Сіверський Донець (нижче р. Уда), смт Есхар	11,90	14,83	13,51	11,74	10,36	12,55	14,47	13,35	14,67	14,49	13,93	12,8
р. Сіверський Донець, с. Червона Гусарівка	9,58	9,56	9,74	9,03	9,15	9,58	8,85	8,48	9,80	10,99	9,32	9,76
р. Уда (вище м. Харкова), с. Березівське, міст	3,27	3,94	3,75	3,80	4,22	3,76	3,13	3,32	3,82	3,68	3,73	3,45
р. Уда (нижче м. Харкова), с. Хорошеве, міст	17,59	18,15	15,68	14,78	16,52	17,61	16,26	19,20	22,88	19,27	18,29	14,5

справляється з нітратним навантаженням. Меншою мірою це стосується струмка, що живиться водою з джерела с. Федірці та стічними водами з городів під час їх інтенсивного зрошування.

Джерело Саржин Яр живиться з міжпластового водоносного горизонту, однак аналіз зразків води свідчить про сезонну динаміку вмісту нітратів у ньому. Отже, незважаючи на глинисте перекриття, існує зв'язок напірної води з ґрунтовими водами зони аерації. На межі останніх і басейну артезіанських вод висхідний потік інфільтраційних вод значно слабшає, і в крайовій частині басейну вони змішуються. Крім того, відбувається розущільнення глин, що зумовлено осмотичним вбиранням більш прісних поверхневих вод. Цьому сприяє горизонтальна шаруватість глинистих порід водного походження [8].

Концентрація нітратів у водогоні, що забезпечує м. Харків питною водою, майже така сама, як і у Печенізькому русловому водосховищі, адже водовідбір з р. Сіверський Донець розташований на 20 км нижче від водосховища.

Дані проведених досліджень свідчать про значний вплив господарської діяльності людини на якість ґрунтових вод. Так, у приватному секторі застосовуються азотомісні добрива у значно більших кількостях, ніж у великих господарствах, до того ж городи добре обробляються і часто зрошуються, ведеться інтенсивне тваринництво. Елементарні санітарні норми, як правило, порушуються. Тому створюються оптимальні умови для розвитку ґрунтових мікроорганізмів і протікання процесів азотфіксації, амоніфікації, нітрифікації та денітрофікації. Крім того, слід додати і впливи на ситуацію відповідного гідротермального режиму та переважно близької до нейтральної або нейтральної реакції середовища.

Відомо, що нітрат-іони як рухомий компонент не утворюють нерозчинні з'єднання, не поглинаються ґрунтовим вбирним комплексом і не вступають з останнім в обмінні процеси. Навесні і восени при низьких температурах, максимальному

промочуванні ґрунту і за відсутності у ньому біологічного бар'єра спостерігаються найвищі рівні забрудненості ґрунтових вод і вимивання низхідними інфільтраційними водами нітратів з активного шару. З початком вегетаційного періоду посилюються процеси нітрифікації, але одночасно зростає інтенсивність асиміляційної і дисиміляційної нітратредукції та зменшується глибина промочування ґрунту. Забруднення води більшою кількістю колодязів і питних джерел поступово знижується до норми, але вміст NO_3^- залишається у межах ГДК. Вірогідно, рослини і мікроорганізми не спроможні засвоїти таку кількість нітрат-іонів та відновити процеси денітрифікації. Під тиском нових надходжень низхідної атмосферної чи іригаційної вологи NO_3^- просочуються в глиб зони аерації і з часом досягають водоносних горизонтів, де поступово формується профіль, насичений нітратами імпульсивного проникнення з низхідними інфільтраційними водами залежно від метеорологічних і гідрогеологічних умов та гранулометричного складу осадових порід.

Так, показники вмісту нітратів великих поверхневих водоймищ (табл. 2) свідчать про низький рівень нітратів у водах природних зон — у річках Сіверський Донець (поблизу с. Огірцеве) та Уда (поблизу с. Березівка) і Печенізькому русловому водосховищі. В останньому чітко простежується сезонна динаміка вмісту нітрат-іонів у воді. Течії річок протікають місцями через доволі щільно розташовані населені пункти, тому флуктуацію вмісту нітратів ($2,95\text{--}8,96\text{ мг/дм}^3$) зумовлено, безперечно, антропогенним впливом. Незначний середньорічний рівень вмісту нітратів спостерігається і в інших річках України: Західний Буг — $3,8\text{ мг/дм}^3$, Дністер — $3,5$, Дніпро — $2,2$, Дунай — $2,1\text{ мг/дм}^3$ [2].

У річках, водосховищі, серед цілинних ландшафтів, що з обох боків їх оточують, відбуваються процеси асиміляційної і дисиміляційної нітратредукції. Завдяки використанню NO_3^- як елемента живлення біота відновлює нітрат-іон, синтезуючи органічні азотомісні компоненти клітин.

Крім того, у ґрунті і поверхневих водах існує безліч видів бактерій, що використовують NO_3^- як окислювач органічних речовин для отримання енергії, а нітрати дуже легко редукуються до газів NO і N_2O та молекулярного азоту. Це означає, що водоймища здатні до самоочищення.

Проте потужне зовнішнє надходження нітрат-іонів різко підвищує вміст нітратів. Так, після вбирання у себе всіх стічних вод м. Харкова концентрація нітратів у водах р. Уда збільшується у 5–6 разів (порівнювали показники з ділянки річки поблизу с. Березівка, розташованого вище Харкова, і с. Хорошеве – нижче). Біля смт Есхар р. Уда впадає в екологічно чистий басейн Сіверського Дінця. Внаслідок цього вміст нітратів у змішаних водах варіює у межах 10,36–14,83 мг/дм³, але і через 70 км (с. Гусарівка) майже не знижується, що, безперечно, свідчить про негативний вплив стічних вод м. Харкова і послаблення здатності річки до самоочищення.

Результати проведених досліджень свідчать про доволі низький уміст нітратів у поверхневих водах екологічно чистої зони. Навіть після потужного впливу стічних вод м. Харкова та пригнічення ними інтенсивності процесів самоочищення максимальні показники вмісту нітратів у воді річки (22,88 мг/дм³) залишилися вдвічі меншими від рівня ГДК (45,00 мг/дм³). Натомість в зоні аерації поблизу населених пунктів спостерігається кардинально інший стан щодо нітратного забруднення ґрунтових вод. Нераціональне господарювання людини спричиняє безліч проблем, у т.ч. і високе забруднення питної води у колодязях і природних криницях (близько 101,45 мг/дм³).

Заходи з розв'язання проблеми нітратного забруднення ґрунтових вод повинні базуватися на аналізі багаторічних спостережень. Для виявлення тенденцій і розвитку процесу, що спричиняє реальну загрозу, необхідно використовувати як разові, так і систематичні обстеження водозборів різного призначення. Проте осно-

вою моніторингу нітратного забруднення вод є режимні їх дослідження у комплексі з метеорологічними спостереженнями, зокрема за водним режимом ґрунтів і порід зони аерації. Для дослідження чинників впливу на міграцію і перетворення нітратів у активному шарі та в осадовій товщі підґрунтя перспективним є використання лізиметрів. Експерименти повинні проводитися на зразках, що дають змогу найбільш достовірно розділити впливи певних чинників на переміщення і трансформацію нітратів. Без розгалуженої мережі різнобічних досліджень неможливо отримати інформацію, яка надасть можливість окреслити просторові обсяги небезпечних місць та з певною вірогідністю спрогнозувати направленість протікання процесів, що впливають на зміни вмісту нітратів. Нині на територіях населених пунктів, де зафіксовано перевищення ГДК нітратів у питній воді, найпростішим розв'язанням проблеми є перехід на централізоване водопостачання з безпечних джерел. На жаль, в Україні станом на сьогодні лише 24% селищ мають централізоване водопостачання.

ВИСНОВКИ

У колодязях і питних джерелах, що живляться інфільтраційними водами і розташовані безпосередньо в населених пунктах або поблизу них, уміст нітратів навесні і восени значно перевищує ГДК і не завжди відповідає нормі влітку. Рівень і сезонна динаміка вмісту нітратів у ґрунтових водах залежить від насиченості нітратами профілю осадових порід та метеорологічних і гідрогеологічних умов.

Басейни відкритих водоймищ у природних умовах мають низьку концентрацію нітратів, високу здатність до самоочищення, а також проявляють сезонну динаміку вмісту нітратів. Проте антропогенний тиск на поверхневі води зумовлює значне зростання концентрації нітрат-іонів, погіршення умов протікання процесів самоочищення, внаслідок чого нівелюється сезонна динаміка їх вмісту.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Брилинг И.А.* Нитратное загрязнение подземных вод удобрениями / И.А. Брилинг. — М., 1985. — 49 с. — (Гидрогеолог. и инж. геология: Обзор ВИЭМС).
2. Проблема забруднення доквілля нітратами: посібник / В.К. Пузік, В.І. Філон, М.К. Ключко, С.С. Шевченко. — Х.: ХНАУ, 2013. — 95 с.
3. *Фатеев А.И.* Локальный способ внесения удобрений. Почвенно-агрохимические аспекты / А.И. Фатеев. — Х., 2002. — 160 с.
4. *Носко Б.С.* Азотний режим ґрунтів і його трансформація в агросистемах / Б.С. Носко. — Х., 2013. — 130 с.
5. Нітратне забруднення поверхневих вод у Харківській області / С.В. Канівець, Л.Ю. Воронко, О.І. Чабовська, Л.М. Дерев'яно // Вісник Харківського нац. аграр. ун-ту ім. В.В. Докучаєва. — 2012. — № 3. — С. 225–228. — (Серія: Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство).
6. *Нечитайло Л.Я.* Аналіз сезонної динаміки змін рівня нітратів у водоймищах Прикарпаття та їх вплив на мікроелементний склад печінки та нирок експериментальних тварин / Л.Я. Нечитайло Г.М. Ерстенюк // Наук. вісник Ужгород. ун-ту. — 2011. — № 1 (25). — С. 102–106. — (Серія: Хімія).
7. *Лурье Ю.Ю.* Унифицированные методы анализа вод. — М.: Химия, 1973. — 376 с.
8. *Брилинг И.А.* Фильтрация в глинистых породах / И.А. Брилинг. — М., 1984. — 59 с. — (Гидрогеолог. и инж. геология: Обзор ВИЭМС).

REFERENCES

1. Briling I.A. (1985). *Nitratnoe zagryaznenie podzemnykh vod udobreniyami* [Nitrate contamination of groundwater by fertilizers]. *Gidrogeolog. i inzh. Geologiya* [Hydrogeology and Engineering Geology], Obzor VIEMS Publ., Moscow, 49 p. (*in Russian*).
 2. Puzik V.K., Filon V.I., Klochko M.K., Shevchenko S.S. (2013). *Problema zabrudnennia dovkillia nitratamy: posibnyk* [The problem of nitrates pollution: handbook]. Kharkiv: KhNAU Publ., 95 p. (*in Ukrainian*).
 3. Fateev A.I. (2002). *Lokalnyy sposob vneseniya udobreniy. Pochvenno-agrokhimicheskie aspekty* [The local method of fertilizer application. Soil-agrochemical aspects]. Kharkov, 160 p. (*in Ukrainian*).
 4. Nosko B.S. (2013). *Azotnyi rezhym gruntiv i yoho transformatsiia v ahrossystemakh* [Method of soil nitrogen and its transformation in igrosystems]. Kharkiv, 130 p. (*in Ukrainian*).
 5. Kanivets S.V., Voronko L.Yu., Chabovska O.I., Derevianko L.M. (2012). *Nitratne zabrudnennia poverkhnemykh vod u Kharkivskii oblasti* [Nitrate pollution of surface waters in the Kharkiv region]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu im. V.V. Dokuchaieva (ser. «Gruntoznavstvo, ahrokhimiia, zemlerobstvo, lisove hospodarstvo»)* [Visnyk Kharkivskoho NAU im. V.V. Dokuchaieva], No. 3, p. 225–228 (*in Ukrainian*).
 6. Nechytailo L.Ya., Ersteniuk H.M. (2011). *Analiz sezonnoi dynamiky zmin rivnia nitrativ u vodiimyschakh Prykarpattia ta yikh vplyv na mikroelementnyi sklad pechinky ta nyrok eksperymentalnykh tvaryn* [The analysis of seasonal dynamics of changes in the level of nitrates in the Carpathians waters and their impact on trace element composition of the liver and kidneys of experimental animals]. *Nauk. visnyk Uzhgorod. un-tu (ser. Khimiia)* [Scientific Bulletin of the Uzhgorod University], No. 1 (25), p. 102–106 (*in Ukrainian*).
 7. Lurye Yu.Yu. (1973). *Unifitsirovanye metody analiza vod* [Standardizing methods of water analysis]. Moscow: Khimiya Publ., 376 p. (*in Russian*).
 8. Briling I.A. (1984). *Filratsiya v glinistikh porodakh* [Filtering in clay rocks]. *Gidrogeolog. i inzh. Geologiya*. Obzor VIEMS Publ., Moscow, 59 p. (*in Russian*).
-