



УДК 543.3:628.1

ЕКОЛОГІЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ НЕЦЕНТРАЛІЗОВАНИХ ДЖЕРЕЛ КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ЗА СОЛЬОВИМ СКЛАДОМ ТА ПОКАЗНИКАМИ ФІЗІОЛОГІЧНОЇ ПОВНОЦІННОСТІ

М.П. Строкаль, аспірант*

В.А. Копілевич, доктор хімічних наук

Л.В. Войтенко, кандидат хімічних наук

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Наведено дані моніторингу показників вмісту мінеральних компонентів, які визначають солевміст та фізіологічну повноцінність питної води вододжерел аграрних територій Київської області, розташованих на межі зон Полісся та Лісостепу. Виявлено, що більшість підземних вод, за наданими показниками, можна віднести до I екологічного класу відмінної якості, тоді як ґрунтові води, що живлять криниці, мають гіршу якість внаслідок високої твердості та вмісту сухого залишку.

Актуальність дослідження. Державна цільова програма сталого розвитку сільських територій на період до 2020 р. [1] констатує тенденцію до занепаду українського села та руйнування його господарської інфраструктури, що призводить, разом з іншими чинниками, до відсутності економічного інтересу жити і працювати у сільській місцевості. Вказана програма передбачає забезпечення постійного контролю якості навколишнього середовища в сільських населених пунктах, у т. ч. джерел водопостачання, як одного з небагатьох чинників привабливості сільського життя. За даними Аналітичної записки "Еколого-техногенні проблеми в Україні, що потребують

першочергового реагування" [2], станом на вересень 2011 р. лише чверть сільських населених пунктів має доступ до централізованого водопостачання, яке більш-менш регулярно контролюється за основними хіміко-токсикологічними показниками. При цьому відзначається, що однією з перманентних екологічних проблем якості питної води аграрних територій є її висока твердість та загальна мінералізація.

Нецентралізовані джерела водопостачання представлено зрідка підземними (води свердловин) і переважно підґрунтовими (води криниць) водами. Державна санітарно-епідеміологічна служба здійснює періодичний контроль

*Науковий керівник — доктор хімічних наук В.А. Копілевич.



за станом громадських джерел водопостачання, але вона не в змозі охопити всі сільські території, особливо чисельні індивідуальні джерела питної води (криниці, каптажі), якими користується майже 12 млн сільського населення України. Проведення екологічного моніторингу якості нецентралізованих джерел питного водопостачання допоможе виявити проблемні екологічні ситуації, що, в свою чергу, сприятиме розробці шляхів їх усунення, запобігання в подальшому та покращенню якості води в цілому.

Важливо зазначити, що мінеральний склад води в Україні варіює в широких межах, що зумовлено переважно гідрохімічними та гідрометеорологічними факторами [4]. Тому аналіз їх якості доцільно проводити за вмістом основних йонів, що формують мінеральну матрицю води та визначають її фізіологічну повноцінність згідно з ДСанПіН 2.2.4-171-10 [5].

Отже, мета дослідження полягає в оцінці екологічного стану джерел нецентралізованого питного водопостачання за вмістом основних сольових компонентів на межі поділу Поліської та Лісостепової природно-кліматичних зон у Київській області, що дасть можливість прослідкувати динаміку зміни якості води як у просторовому, так і у часовому масштабі під впливом різних антропогенних чинників та природно-кліматичних умов.

Об'єкти та методи дослідження. Об'єктами досліджень були нецентралізовані джерела водопостачання, а саме підземні води (свердловини), водогін із них та підґрунтові води (криниці) на територіях Навчально-дослідного господарства (НДГ) Ворзель і Немішайвського агротехнічного коледжу (природно-кліматична зона Полісся) та Боярського коледжу екології і природних ресурсів і Боярської лісової дослідної станції (природно-кліматична зона Лісостепу).

Аналіз мінерального складу питних вод зазначених джерел проведено за показниками вмісту сухого залишку, загальної твердості, загальної лужності, вмісту натрію+калію, кальцію, магнію, сульфатів, хлоридів, фторидів проводилася на базі стаціонарної вимірювальної лабораторії якості поверхневих, підземних та стічних вод і об'єктів сільськогосподарського використання (свідомство про атестацію № ПТ - 0110/07 від 27.04.07) кафедри аналітичної і біонеорганічної хімії та якості води Національного університету біоресурсів і природокористування України за стандартизованими методиками. Відбір проб здійснено сезонно протягом 2008–2011 рр. відповідно до вимог ГОСТ 17.1.5.04-81 та ГОСТ 24481-80.

Результати та їх обговорення. Відповідно до гідрогеологічного районування, територія проведення досліджень розташована на північно-східному схилі Українського щита [4]. Сольовий хімічний склад підземних вод, у т. ч. підґрунтових, визначається переважно складом осадових порід, де знаходяться водоносні горизонти, в основному за рахунок процесів обмінної сорбції на ґрунтових колоїдах та вилугування катіонів і розчинення солей, а тому на хімічний склад ґрунтових вод впливають метеорологічні, загально-геологічні та структурні умови території. Перш ніж досягти водоупору, води, що фільтруються вертикально, проходять через товщу осадових відкладів різної потужності і, майже завжди, через породи четвертинного віку, які вкривають територію Українського щита [4]. Внаслідок значної строкатості складу четвертинних відкладів хімічний склад ґрунтових вод на цій території дуже різноманітний [4]. Так, підвищений вміст розчинних солей у південній частині пов'язаний із загально кліматичними умовами пізньочетвертинного часу і



особливостями сучасних кліматичних умов. Автори [4] відзначають, що висока загальна мінералізація може бути пов'язана із випаровувальним концентруванням, тобто з природними процесами континентального засолення. Прісні води гідрокарбонатно-кальцієвого типу слід очікувати в північно-західній частині в області розвитку піщаних, переважно флювіогляціальних, відкладів. За даними [4] у напрямку на північний схід слід очікувати також гідрокарбонатно-кальцієвий тип води у бучацьких та харківських відкладах, які в південному напрямку ймовірно будуть змінюватися на сульфатно-гідрокарбонатні кальцієво-натрієві, причому їх мінералізація збільшується від 100–500 до 1000–3000 мг/дм³. У цілому, на території дослідження слід очікувати наступні тенденції зміни сольового складу підземних вод — в північно-західній частині — води з низькою мінералізацією (до 500 мг/дм³) гідрокарбонатно-кальцієвого або гідрокарбонатно-кальцієво-магнієвого типу, в центральній — появу відчутних кількостей сульфатів і натрію з підвищенням мінералізації до 500–1500 мг/дм³, а у крайній південній частині — зону розвитку сульфатно-натрієвих вод з мінералізацією 1000–3000 мг/дм³ [4].

В Україні нормування показників, що визначають фізіологічну повноцінність води та склад її мінеральної матриці, проведено як стосовно власне питної води різних видів водопостачання [5], так і вододжерел, що використовуються для організації централізованого водопостачання за екологічними класами (табл. 1). Слід відзначити, що у воді криниць ряд показників або зовсім не визначається (кальцій, магній, натрій), або їх ГДК суттєво перевищує значення, встановлені для води централізованого водопостачання (загальна твердість, сульфати, хлориди, сухий залишок). По суті, на

наш погляд, це є констатацією реально існуючої екологічної проблеми стосовно сольового складу підґрунтових вод, якими живляться криниці, відзначеної в [2] — їх високої твердості та мінералізації, що не усувається без додаткових витрат на операції водопідготовки.

У табл. 2 наведено узагальнені результати моніторингу показників, що визначають сольовий склад і фізіологічну повноцінність води, у вододжерелах, розташованих на території дослідження — криницях та свердловинах.

Судячи з наведених результатів, вододжерела зони Полісся значно відрізняються по ряду показників. Вода свердловин, за переважною їх більшістю, може бути віднесена до I екологічного класу якості за вимогами [6], тобто має відмінну якість — низьку мінералізацію та незначну загальну твердість. Це ж стосується і води свердловин у зоні Лісостепу, хоча їх твердість, а отже, вміст кальцію та магнію, дещо вищі. Ці дані підтверджують спільний тренд підвищення загальної мінералізації підземних вод у напрямку із північного заходу до південного на території дослідження [4].

Сольовий склад ґрунтових вод зони Полісся, що живлять криниці, значно відрізняється від підземних вод. Показник вмісту сухого залишку збільшується вдвічі, як і показник загальної твердості, тому ці вододжерела слід віднести до II–III класу. Досить відчутно змінюються показники вмісту солей і в часовому відношенні. Так, у порівнянні з даними 2008 р. загальна твердість в 2011 р. підвищується на 1–1,5 ммоль/дм³, а в криницях на території Немішайвського коледжу сухий залишок зростає більш ніж удвічі за той же період. Причиною вказаного явища, скоріше за все, є кліматичний фактор, а саме температурний фон і кількість опадів, що значно відрізнялися у вказані роки проведення дослідження.



Таблиця 1. Державні нормативи та екологічна класифікація якості нецентралізованих джерел питної води за вмістом основних сольових компонентів

Показники мінерального складу питної води	Нормативи якості питної води за ДСанПіН 2.2.4-171-10, мг/дм ³ [5]			Екологічні класи якості за ДСТУ 4808:2007 [6], мг/дм ³			
	Безпечність води		Фізіологічна повноцінність води	I	II	III	IV
	Водопровідна, з пунктів розливу та бюветів	Колодязі, каптажі джерел					
Калій, (K ⁺)	-*	-	2-20	-	-	-	-
Кальцій, (Ca ²⁺)	Не визн.	Не визн.	25-75	-	-	-	-
Натрій, (Na ⁺)	200	Не визн.	2-20	-	-	-	-
Магній, (Mg ²⁺)	Не визн.	Не визн.	10-50	< 10	10-20	21-30	> 30
Фториди, (F)	Для кліматичних зон: IV – 0,7; III – 1,2; II – 1,5	1,5	0,7-1,2	< 0,7	0,7-1,0	1,001-1,5	> 1,5
Сульфати, (SO ₄ ²⁻)	250	500	-	<250	250-350	351-500	>500
Хлориди (Cl),	250	350	-	<250	250-300	301-350	>350
Сухий залишок	1000	1500	200-500	<500	500-1000	1001-1500	>1500
Загальна твердість, ммоль/дм ³	7	10	1,5-7,0	< 4	4-7	8-10	> 10
Загальна лужність, ммоль/дм ³	Не визн.	Не визн.	0,5-6,5	< 1,5	1,5-4,0	4,1-6,5	> 6,5

Примітки. I клас – відмінна, бажана якість води; II клас – добра, прийнятна якість води; IІІ – задовільна, прийнятна якість води; IV клас – посередня, обмежено придатна, небажана якість води.
* «-» вказує на те, що показники не порمюються.

Стосовно якості води ґрунтових вод, якими живляться криниці в зоні Лісостепу, коливання вмісту сольових компонентів за роками значно менші, тому в цілому їх можна віднести до I екологічного класу.

Спільним для всіх досліджених вододжерел є низький вміст такого фізіологічно важливого компоненту, як фториди. Максимальний їх вміст складав 0,1–0,3 мг/дм³ у воді свердловин, тоді як у воді всіх криниць фторидів менше у



Таблиця 2. Екологічні класи якості нецентралізованих джерел питного водопостачання в об'єктах дослідження

Зона	Роки	ПОКАЗНИКИ СОЛЬОВОГО СКЛАДУ ТА ФІЗІОЛОГІЧНОЇ ПОВНОЦІННОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ, мг/дм ³									
		K ⁺⁺⁺	Ca ²⁺⁺⁺	Na ⁺⁺⁺	Mg ²⁺	F	SO ₄ ²⁻	Cl	Сухий залишок	Загальна твердість, ммоль/дм ³	Загальна лужність, ммоль/дм ³
Зона Полісся	НДГ «Ворзель»										
	<i>Локальний водогін з підземних джерел (свердловин, n)</i>										
	2008 (n=7)	-	- [*]	-	-	I (0,071) [*]	I (7,48)	I (5,86)	I (309)	II (4,78)	-
	<i>Підгрунтові води (критичні)</i>										
	2008 (n=4)	-	-	-	-	I (0,072)	I (63,62)	I (65,44)	II (698)	III (8,95)	-
	2011 (n=3) ¹	0,9	162,6	6,3	III (25,8)	I (0,082)	I (84,60)	I (83,30)	II (738)	IV (10,23)	III (6,47)
	Територія Немішайвського коледжу										
	<i>Підземні джерела - артезіанські свердловини (n)</i>										
	2008 (n=4)	-	-	-	-	I (0,205)	I 7,82	I (2,86)	I (204)	I (3,36)	-
	<i>Локальний водогін з підземних джерел (свердловин, n)</i>										
Зона Лісостепу	2008 (n=8)	-	-	-	-	I (0,170)	I (6,05)	I (2,10)	I (205)	I (3,30)	-
	<i>Підгрунтові води (критичні)</i>										
	2008 (n=5)	-	-	-	-	I (0,040)	I (58,5)	I (77,26)	II (610)	II (6,81)	-
	2011 (n=9) ²	1,4	190,2	7,5	IV (55,7)	I (0,058)	I (89,10)	I (98,00)	III (1138)	IV (14,10)	II (2,9)
	Територія Боярського коледжу										
	<i>Підземні джерела - артезіанські свердловини (n)</i>										
	2009 (n=2)	1,4	-	8,2	-	I (0,239)	I (14,96)	I (3,80)	I (293)	II (5,05)	-
	<i>Локальний водогін з підземних джерел (свердловин, n)</i>										
	2009 (n=8)	1,5	-	8,9	-	I (0,272)	I (9,24)	I (3,88)	I (270)	II (5,08)	-
	<i>Підгрунтові води, (критичні, n)</i>										
	2009 (n=2)	3,6	-	19,7	-	I (0,180)	I (56,17)	I (32,85)	I (495)	II (5,57)	-
	2011 (n=4) ^{1,2}	0,8	77,2	6,9	III (21,9)	I (0,067)	I (64,60)	I (23,40)	I (360)	II (5,68)	II (3,9)
	Територія Боярської лісової дослідної станції										
	<i>Підземні джерела - артезіанські свердловини (n)</i>										
	2009 (n=7)	1,1	-	11,0	-	I (0,110)	I (12,91)	I (5,73)	I (207)	II (4,56)	-
	<i>Локальний водогін з підземних джерел (свердловин, n)</i>										
	2009 (n=1)	0,2	-	5,6	-	I (0,100)	I (12,87)	I (3,97)	I (176)	II (5,53)	-
	<i>Підгрунтові води, (критичні, n)</i>										
	2009 (n=18)	1,6	-	16,8	-	I (0,080)	I (55,32)	I (56,88)	II (529)	II (6,68)	-
	2011 (n=17) ¹	1,6	105,9	15,9	III (25,4)	I (0,076)	I (65,00)	I (73,20)	I (498)	II (7,40)	III (4,5)

Примітки. 1 – літній сезон; 2 – осінній сезон; * - в дужках наведено дані, усереднені за результатами n кількості зразків води у 3-кратній повторності (за осінніх, літніх та весняних сезонів) у 2008 і 2009 рр. та в одній кратності (за літній або осінній сезон) у 2011 р. ** показники не визначалися. *** Екологічні класи для вмісту калію, кальцію та натрію не встановлено.



2–3 рази. Хімічна природа цього явища очевидна — у присутності значних кількостей кальцію концентрація фторидів контролюється низькою розчинністю флюориту CaF_2 .

Дещо випадає із загальної оцінки води віднесення ґрунтових вод усіх досліджених вододжерел до III–IV класу за вмістом магнію. Тут було б доречним відзначити неузгодженість нормування вмісту цього компонента в групі показників фізіологічної повноцінності питної води [5] та її екологічної класифікації [6]. Якщо перший документ лімітує

бажаний вміст Mg^{2+} в діапазоні 10–50 мг/дм³, то екологічна класифікація за [6] (табл. 1) відносить воду, де вміст магнію перевищує 30 мг/дм³, вже до обмежено придатної, небажаної якості. Хоч однозначного підтвердження кореляції вмісту магнію в питній воді та захворюваності серцево-судинними хворобами і смертності від інфаркту немає [7–9], до того ж є гіпотеза про позитивний вплив цього компонента в складі питної води на здоров'я людей [10].

Узагальнення класів води за складом сольових компонентів вододжерел, дос-

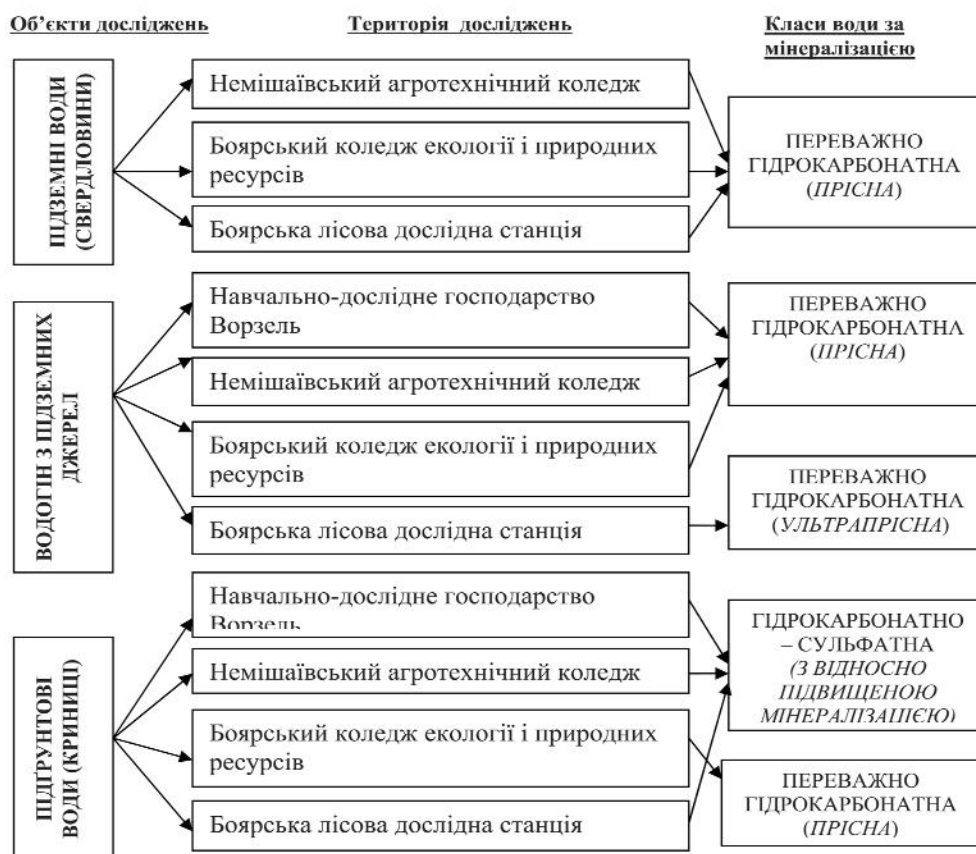


Рис. 1. Класифікація нецентралізованих джерел питного водопостачання за загальною мінералізацією (дані усереднені по території) протягом 2008–2011 рр.



ліджених у даній роботі, наведено на рис. 1. Більшість їх слід віднести до прісних за показником сухого залишку (загальної мінералізації), а за хімічним складом — до гідрокарбонатно-кальцієвих, що погоджується з даними [4]. У ряді криничних вод обох природно-кліматичних зон спостерігається поява сульфатної складової, вміст якої, проте, суттєво не впливає на їх екологічну класифікацію.

На рис. 2 і 3 представлено дані щодо варіабельності показників загального складу та сухого залишку і їх відповідності вимогам безпечності та фізіологічної повноцінності питної води. Із даних, наведених на рис. 2, виходить, що за хімічним складом, який узагальнений показником її твердості, вода локального водогону та свердловин в цілому відповідає нормативам, причому, судячи з діапазону варіабельності, хімічний склад води цих

джерел є практично стабільним по всій території.

У криницях зони Полісся встановлено суттєві перевищення нормативу безпечності за усередненим показником загальної твердості в 2011 р., тоді як у 2008 р. він був у цілому прийнятним, за деякими винятками. У зоні Лісостепу така тенденція не спостерігалась. Синхронну динаміку в часовому та зональному відношенні виявлено і для показника сухого залишку криниць (рис. 3).

При цьому спільним для зони Полісся і Лісостепу є напрям зменшення показників загальної твердості води та її мінералізації від поверхні до глибини земної кори.

Висновки

Встановлено екологічну проблему обмеження придатності води криниць для питного водопостачання зони Полісся і

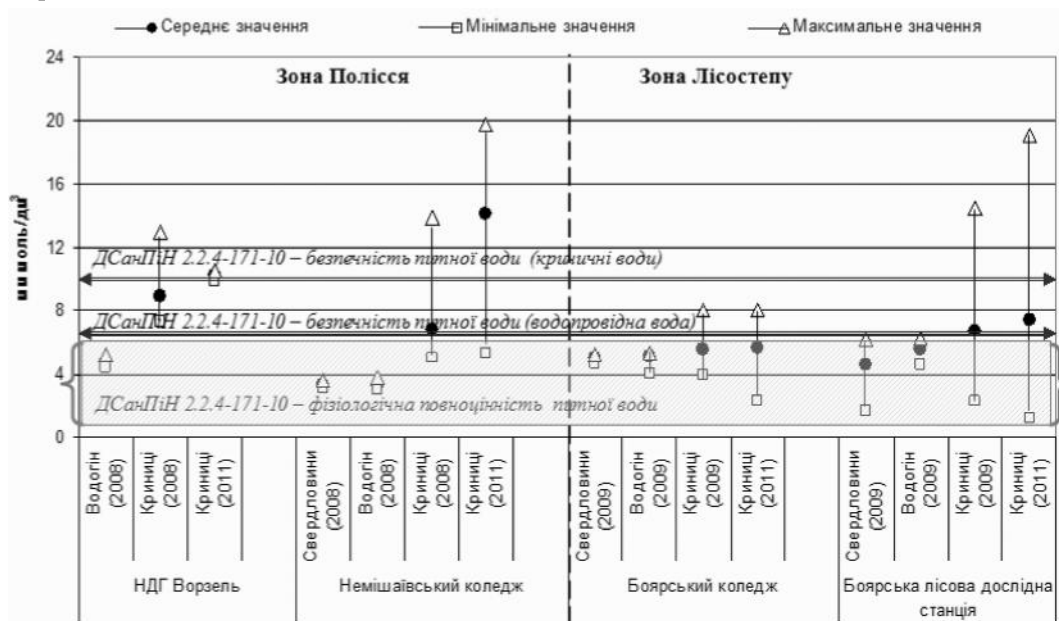


Рис. 2. Загальна твердість (ммоль/дм³) у водах нецентралізованого питного водопостачання на територіях "НДГ" Ворзель, Немішаївського і Боярського коледжів та Боярської лісової дослідної станції за період 2008/2009 та 2011 рр. Дані джерела представлені свердловинами (підземні води), водогонями (з підземних джерел) та криницями (підґрунтові води)

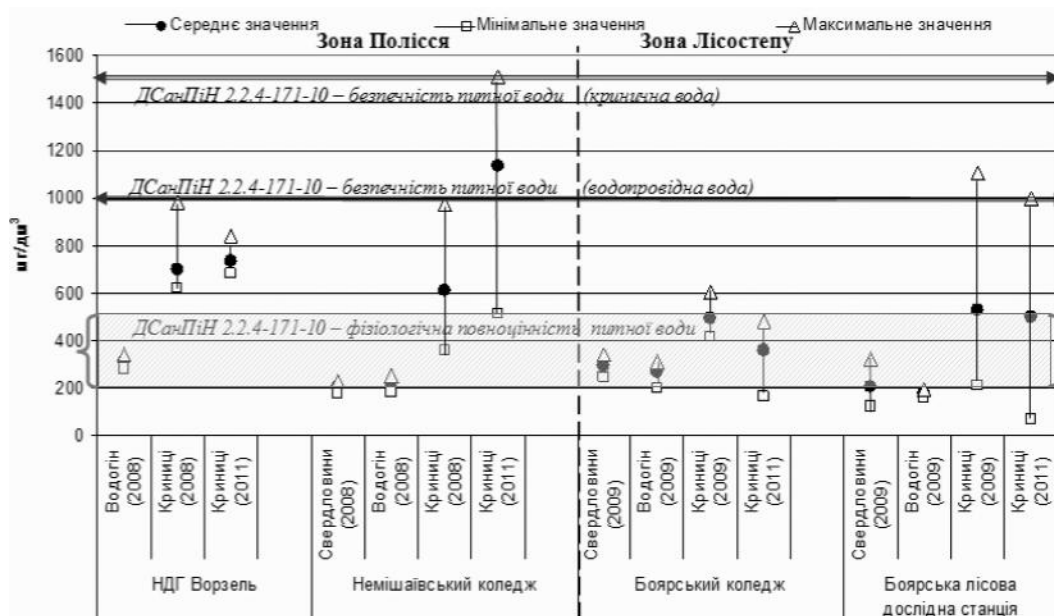


Рис. 3. Вміст сухого залишку (мг/дм^3) у водах нецентралізованого питного водопостачання на територіях "НДГ" Ворзель, Немішаївського і Боярського коледжів та Боярської лісової дослідної станції за період 2008/2009 та 2011 рр. Дані джерела представлені свердловинами (підземні води), водогами (з підземних джерел) та криницями (підґрунтові води)

Лісостепу Київської області за показниками загальної твердості та загальної мінералізації.

Сольовий склад підґрунтових вод значно змінюється у часі, що свідчить про їх незахищеність від впливу як природно-кліматичних, так і антропогенних чинників.

Напрямок зменшення показників загальної твердості води та її мінералізації від поверхні до глибини земної кори може свідчити про промивний характер концентрування забруднення підземних вод, зумовлений, у першу чергу, антропогенними чинниками.

Література

1. Програма сталого розвитку сільських територій на період до 2020 року. — К.: Міністерство аграрної політики і продовольства України, 2010. — [Режим доступу]: — <http://minagro.gov.ua/page/-10006>.
2. Аналітична записка "Еколого-техногенні проблеми в Україні, що потребують першочергового реагування". — К.: Національний інститут стратегічних досліджень при Президентові України, 2011. — [Режим доступу]: — <http://www.niss.gov.ua/articles/577/>
3. Корж В.Д. Геохимия элементного состава гидросферы. — М., Недра, 1991. — 243 с.
4. Камзіст Ж.С., Шевченко О.Л. Гідрогеологія України: Навчальний посібник. — К.: Фірма "ІН-КОС", 2009. — 614 с.
5. Державні санітарні норми та правила "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною": ДСанПіН 2.2.4-171-10. — [Чинний від 2010-05-12]. К.: Міністерство



- охорони здоров'я України, 2010. — [Режим доступу]: — <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10/>.
6. ДСТУ 4808:2007 Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання. К.: Держспоживстандарт України, 2007. — 40 с. — [Чинний від 2012-01-01].
 7. Schroeder H.A. Relation between Mortality from Cardiovascular Disease and Treated Water Supplies Variations in States and 163 Largest Municipalities of the United States, J. Am. Med. Assoc. — 1960. — **72**. — P. 1902–1908.
 8. Magnesium in drinking water supplies and mortality from acute myocardial infarction in north west England / R. Maheswaran, S. Morris, S. Falconer, et al. // Heart. — 1999. — **82**. — P. 455–460.
 9. Рудько Г.І. Мацієвська О.О. Вплив твердості питної води на здоров'я людини // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". — 2010. — № 677. — С. 17–21.
 10. Постникова С.Л., Касатова Т.Б., Верещагина Г.С., Мальшева Н.В. Магний и сердечно-сосудистые заболевания // Кардиология. — 2007. — № 20. — С. 1498–1501.

АННОТАЦІЯ

Строкаль М.П., Копилевич В.А., Войтенко Л.В. Экологическая оценка качества питьевой воды нецентрализованных источников Киевской области по солевого составу и показателями физиологической полноценности // Биоресурсы и природопользование. — 2012. — **4**, № 3–4. — С. 47–56.

Приведены данные мониторинга показателей содержания минеральных компонентов, которые определяют солесодержание и физиологическую полноценность питьевой воды водоисточников аграрных территорий Киевской области, расположенных на границе зоны Полесья и Лесостепи. Установлено, что большинство подземных вод можно отнести, по проанализированным показателям, к I экологическому классу отличного качества, тогда как грунтовые воды, которыми питаются колодцы, имеют худшее качество вследствие высоких жесткости и содержания сухого остатка.

SUMMARY

M. Strokal, V. Kopilevych, L. Voytenko. An ecological estimation of drinking water quality of local water supply sources in Kyiv oblast on total solid and parameters of the physiological indicators // Biological Resources and Nature Management. — 2012. — **4**, № 3–4. — P. 47–56.

The monitoring data on mineral components which, determined total solid and physiological value of drinking water of agrarian area water sources located on a boundary between Polissya and Forest-Steppe territories in Kyiv oblast' is given. The most of the examined open hole waters may be classified to the I ecological class (perfect quality) on monitored indexes, while the soil waters of dug wells have lower quality due to high hardness and total solid.