

УДК 504.4:546.95

ІНТЕГРАЛЬНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ ДЛЯ РІЗНИХ ВИДІВ ВОДОСПОЖИВАННЯ ЗА ВМІСТОМ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ

Л.В. Войтенко, кандидат хімічних наук

В.А. Копілевич, доктор хімічних наук

Національний університет біоресурсів і природокористування України

У роботі запропоновано методологію інтегральної оцінки якості води для різних видів водопостачання за вмістом важких металів у вигляді об'єднаної функції бажаності Харрінгтона. На прикладі десяти джерел децентралізованого водопостачання на території навчально-дослідного господарства НУБіП України «Великоснітинське» показано, що якість води в жодному з них не є придатною до споживання без очищення для питних потреб за вмістом кадмію, міді, цинку та свинцю.

Вступ. Екологічна оцінка стану довкілля не завжди має сенс не лише у кількісних термінах або вимірах, але й у зрозумілому для нефахівців психо-фізіологічному описі [1]. В роботі [2] було представлено принцип інтегральної оцінки якості води, що базується на показниках гранично допустимих концентрацій, та узагальнення її з використанням об'єднаної функції бажаності Харрінгтона (ОФБ). Розвиваючи дану теоретичну концепцію, необхідно більш детально проаналізувати прикладні аспекти з точки зору відповідності меті роботи – одержанню достовірної екологічної оцінки якості води для різного виду споживання, зокрема аспекти, які слід оцінити у даному контексті.

І. Як інтерпретувати результат оцінки якості води, коли хоча б одна із часткових бажаностей $d_i = 0$, тобто вміст певного компонента чи характеристика виходить за межі закладеного для розрахунку діапазону їхніх значень? Адже тоді за всіх умов ОФБ Харрінгтона D буде рівною нулю, тобто вода взагалі не придатна до вживан-

ня. В роботі [3] вказується, що у цьому разі використовується, наприклад, спосіб з «умовними» межами, які відрізняються від реальних на певну кількість відсотків у кожному випадку. Крім того, ОФБ достатньо чутлива до низьких значень часткових функцій бажаностей (ЧФБ). Наприклад, студент склав іспити з оцінками (d_i) 5, 5, 5, 2 і хоча середнє геометричне ОФБ при цьому достатньо високе:

$$D = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n d_i} = \sqrt[4]{5 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 2} = 3,97 \approx 4,$$

але підсумок невтішний – сесію не складе-но, студента відраховують.

II. Об'єктивність інтегральної оцінки в тому випадку, коли відсутні аналітичні дані з усіх нормованих груп показників. Наприклад, було проаналізовано органо-лептичні, загальносанітарні хімічні, деякі токсикологічні неорганічні, мікробіологічні, паразитологічні показники джерела централізованого питного водопостачання за ДСТУ 4808:2007, які відповідають І–II класам якості за всіма показниками, аналіз яких виконано. Впевнено можна

стверджувати, що при цьому і ОФБ буде не гіршою за рівень «добре». Але чи можна стверджувати про придатність такої води для питного водопостачання, якщо відсутні дані про її радіоактивність та вміст органічних токсикантів? Звичайно не можна, оскільки дана оцінка є неповною. Однак саме така ситуація характерна для реалій роботи санітарно-епідеміологічних служб, які не мають аналітичної бази для визначення всіх нормованих показників якості. Яким є алгоритм дій у даній ситуації в нормативному документі ДСТУ 4808:2007 вказівок немає. Відзначено тільки, що в цьому випадку інтегральна оцінка обчислюється як середнє арифметичне із семи наявних нормованих середніх та найгірших значень групових індексів.

III. Як уникнути такого парадоксального варіанту, щоб абсолютна якість для будь-якого виду водоспоживання не відповідала дистильованій стерилізованій воді.

Теоретична частина. Принцип визначення значень діапазонів ОФБ – складний процес, на який впливає ряд чинників. На наш погляд, основними з них є наступні.

1. *Правильність та точність аналітичного визначення вмісту поллютанту води.* Тут слід відзначити парадоксальну ситуацію. Більшість новітніх нормативних документів України щодо якості води для різних видів користування, що встановлюють показники ГДК вмісту важких металів, (наприклад, [4–6]) посилаються на Державний стандарт ДСТУ ISO 11885 Якість води. Визначення 33 елементів методом атомно-емісійної спектроскопії з індуктивно-зв'язаною плазмою [7]. Проте у цьому стандарті взагалі не згадано про таку важливу аналітичну характеристику як погрішність вимірювання. В оновленому європейському стандарті для аналізу різних видів води, який уточнює, що для одержання аналітичного сигналу використовується електротермічна атомізація

в графітовій пічці [8], дослівно перекладеному та затвердженому в Україні [9] стандарті, наведено аналітичні характеристики визначення вмісту важких металів (табл. 1). Тому, виходячи із чутливості методу, нелогічним виглядає діапазон концентрації, наприклад, кадмію, який для 1 класу якості визначено на рівні чутливості методу. Очевидно, що при складанні стандарту щодо оцінки якості джерел водопостачання не було прийнято до уваги характеристики аналітичних методів, рекомендованих для визначення нормованих показників якості.

2. *Обмеження ЧФБ для важких металів,* очевидно, носять односторонній характер, оскільки ідеалом слід вважати повну відсутність цих поллютантів у воді. Хоча з точки зору аналітичних характеристик неможливо встановити концентрацію, що дорівнює 0. Насправді, правою межею буде величина чутливості методу, наприклад, для свинцю – 1 мкг/дм^3 (табл. 2). Це зауваження, до речі, стосується стандартів, де стосовно будь-якого показника в якості нормованого значення вказується «відсутність», а правильно було б вказувати «менше значення чутливості методу».

3. *Для найвищого класу якості діапазон ЧФБ* слід визначати у таких випадках як: «величина чутливості методу (γ) – значення чутливості методу плюс погрішність визначення показника ($\gamma + \delta$)». Погрішність визначення є достатньою варіабельною величиною, яка залежить від ряду чинників – діапазону вимірюваних концентрацій, методу пробопідготовки (концентрування), типу приладу, чистоти використаного аналітичного посуду та реактивів. Різні джерела [10, 11] наводять середні величини погрішності, в т. ч. одержані в міжлабораторному міждержавному експерименті, на рівні 10–20% (відн.) для кадмію [12] та 5–10% (відн.) для міді та цинку [13]. Добра якість відповідатиме діапазону концентрацій 2 класу якості і т. д.

Таблиця 1. Оцінювання класу якості джерел централізованого питного водопостачання за вмістом важких металів відповідно до ДСТУ 4808 та пропонувані діапазони значень ЧФБ

Вид вододжерела	Токсикологічний показник хімічного складу води	Діапазони вмісту (мкг/дм ³) відповідно до класів якості				Діапазони вмісту (мкг/дм ³) важких металів для розрахунку ЧФБ				
		Клас якості				1,00 – 0,80 – дуже добре	0,80 – 0,63 – добре	0,63 – 0,37 – задовільно	0,37 – 0,30 – погано	0,20 – 0,00 – дуже погано
		1	2	3	4					
Поверхневі	Кадмій Cd	0-0,1	0,1-0,5	0,6-5,0	Більше 5,0	0,10 -0,12	0,13-0,60	0,61-6,00	6,00-31,20	31,30-100,00
	Свинець Pb	0-5	5-20	21-100	Більше 100	1,0-4,0	4,1-20,0	20,1-49,0	49,1 -70,00	70,10-200,00
	Мідь Cu	0-1	1-25	26-50	Більше 50	0,50-0,64	0,65-20,00	20,10-40,00	40,10-100,00	100,00-5000,00
	Цинк Zn	0-10	10-100	101-1000	Більше 1000	0,5-0,6	0,7-8,0	8,1-80,00	80,1-101,00	101,10-1000
Підземні	Кадмій Cd	0-1	1-2	3-4	Більше 4	0,10 -0,12	0,13-0,60	0,61-6,00	6,00-31,20	31,30-100,00
	Свинець Pb	0-10	10-30	31-100	Більше 100	1,0-4,0	4,1-20,0	20,1-49,0	49,1 -70,00	70,10-200,00
	Мідь Cu	0-1	1-2	3*	Більше 3	0,50-0,64	0,65-20,00	20,10-40,00	40,10-100,00	100,00-5000,00
	Цинк Zn	0-100	100-500	501-1000	Більше 1000	0,5-0,6	0,7-8,0	8,1-80,00	80,1-101,00	101,10-1000

* Очевидно стандарт містить помилку, бо клас оцінено тільки одним значенням концентрації міді, а не діапазоном, як решта аналогічних показників.

Таблиця 2. Визначувана маса, межі визначання та оптимальні робочі діапазони вимірювання для зразків води за використання для аналізу об'єму проби 20 мкл (2·10⁻⁵ л) [8, 9]

Елемент	Визначувана маса, пікограми (пг, 10 ⁻¹² г)	Межа визначання (чутливість)		Оптимальні робочі діапазони вимірювання	
		мкг/л (10 ⁻⁶ г/дм ³)	мг/дм ³	мкг/л (10 ⁻⁶ г/дм ³)	мг/дм ³
Cd	0,7	0,1	0,0001	0,4 ÷ 4	0,004 ÷ 0,040
Pb	15	1	0,001	10 ÷ 100	0,010 ÷ 0,100
Cu	5	0,5	0,00005	3 ÷ 30	0,003 ÷ 0,030
Zn	0,8	0,5	0,0005	0,5 ÷ 5	0,0005 ÷ 0,0050

Максимально можливі концентрації розглянутих важких металів обґрунтовано інформацією, наведеною у матеріа-

лах ВООЗ [14–18]. Зокрема, стосовно кадмію вказано [14], що його максимальну концентрацію виявлено на рівні 100



мкг/л у воді річки Ріо Рімак в Перу внаслідок забруднення при добуванні золота, тому таку концентрацію прийнято за максимальну в шкалі ЧФБ. Максимальна концентрація свинцю у природних водах суттєво залежить від типу води (зокрема, твердості, вмісту сульфатів та хлоридів) [15, 16] і практично не перевищує 10-15 мкг/дм³. Тому для свинцю прийнято шкалу, яка співпадає із класами, розділивши 3 і 4 класи на три категорії. Найбільшу концентрацію свинцю у природних водах на прикладі штату Флорида (США) виявлено на рівні 200 мкг/л [16], що й було прийнято за максимально можливу величину.

4. *Тип води.* Добре відомо, що хімічний склад різних типів вододжерел має відмінності. Зокрема, цю обставину враховано в ДСТУ 4808, де діапазони концентрацій важких металів при визначенні класу вододжерела суттєво відрізняються для поверхневих та підземних вод. Так, 1 клас води підземного походження може містити в 10 разів більше кадмію ніж поверхнева вода. Проте незрозуміло, чому вода 3 класу поверхневого та підземного походження має містити не більше 5 і 4 мкг/дм³ кадмію відповідно. Ще більше запитань щодо нормування вмісту міді в підземній воді, бо розходження з поверхневою водою є на порядок у меншу сторону. Тобто кадмію і цинку підземна вода може містити на порядок більше ніж поверхнева, а міді – на порядок менше. Наша позиція полягає в тому, що ці розходження в нормуванні вмісту важких металів є важливими при виборі джерела водопостачання для виробничників, тоді як для споживачів питної води якість не повинна залежати від джерела. З огляду на те, що суттєвих відмінностей технологічних схем водопідготовки підземних вод не існує, а частіше вони взагалі не обробляються з метою видалення важких металів, діапазони ЧФБ прийня-

то такими, як для поверхневих вод.

Аналогічно до викладених вище міркувань пропонується оцінювати воду для потреб зрошення. Нормативним діючим документом є відомчий нормативний документ ВНД 33-5.5-02-97 Якість води для зрошення. Екологічні критерії [19]. При цьому за вмістом важких металів якість води класифікують за двома класами: I – придатна; II – обмежено придатна. За положенням цього документу, вода, показники якої виходять за межі значень II класу, непридатна для зрошення без водопідготовки. Воду II класу можна використовувати лише за умов екологічного контролю та обов'язкового застосування комплексу агро меліоративних заходів. Стосовно інтегральної оцінки, ВНД вказує, що коли за різними групами показників воду віднесено до різних класів якості води для зрошення, загальну оцінку здійснюють за гіршим показником.

Виходячи із критеріїв визначення діапазонів ЧФБ з метою розрахунку ОФБ, пропонується шкала діапазонів концентрацій, які відповідають величинам ЧФБ (табл. 3).

Експериментальні результати та обговорення. З метою апробації розробленої методології інтегральної оцінки джерел водопостачання для двох видів водопостачання (питного та для зрошення) виконано розрахунки ОФБ води децентралізованих джерел водопостачання – колодязів, розташованих на території Київської області, де знаходиться навчально-дослідне господарство (НДГ) НУБіП України «Великоснітинське». В табл. 4 наведено результати аналізу води шахтних колодязів приватної власності та власності громади щодо вмісту важких металів. Відбір проб проводився протягом 2007 р. влітку (19.06) та восени (26.09). Аналіз за стандартизованими методиками виконано у вимірювальній лабораторії якості

Таблиця 3. Оцінювання класу якості вододжерел за вмістом важких металів для зрощення відповідно до ВНД 33-5.5-02-9 та пропоновані діапазони значень ЧФБ

Токсикологічний показник хімічного складу води	Діапазони вмісту (мкг/дм ³) відповідно до класів якості		Діапазони вмісту (мкг/дм ³) важких металів для розрахунку ЧФБ				
	Клас якості		1,00 – 0,80 – дуже добре	0,80 – 0,63 – добре	0,63 – 0,37 – задовільно	0,37 – 0,30 – погано	0,20 – 0,00 – дуже погано
	I	II					
Кадмій Cd	Менше 5	5 – 10	0,10 – 4,00	4,01 – 5,00	5,01 – 9,00	9,01 – 31,20	31,30 – 100,00
Свинець Pb	Менше 20	20 – 50	1,0 – 4,0	4,1 – 16,0	16,1 – 40,0	40,1 – 70,0	70,1 – 200,0
Мідь Cu	Менше 80	80 – 200	0,5 – 64,0	64,1 – 160,0	160,0 – 240,0	240,1 – 500,0	500,1 – 5000,0
Цинк Zn	Менше 500	500 – 1000	0,5 – 400	400,1 – 500,0	500,1 – 800,0	800,1 – 1000,0	1000,0 – 1500,0

Таблиця 4. Результати моніторингу вмісту важких металів у воді колодязів на території НДГ «Великоснітинське» та розрахунок ЧФБ для питного водопостачання (перша стрічка – відбір 19.06.07, друга – відбір 26.09.07)

Адреса розташування та номер об'єкту водопостачання	Концентрація, мкг/дм ³				ЧФБ для підземних вод (за табл. 1)			
	Cd	Pb	Cu	Zn	Cd	Pb	Cu	Zn
1 – школа	6,0	33	16	31	0,3700	0,4713	0,7020	0,4908
	4,0	27	10	32	0,5312	0,5160	0,7325	0,4915
2 – дитячий садок	0,6	33	49	19	0,6300	0,4620	0,3700	0,6085
	0,4	27	30	11	0,7115	0,5160	0,5730	0,6182
3 – студентський гуртожиток	0,4	18	7	117	0,7115	0,6412	0,7609	0,1832
	0,3	23	13	225	0,7895	0,6133	0,6406	0,1684
4 – ремонтна майстерня	4,9	21	7	15	0,3894	0,6106	0,7609	0,5723
	4,0	11	6	12	0,4012	0,7310	0,7716	0,6019
5 – пасіка	7,4	30	6	15	0,3112	0,4280	0,7716	0,5723
	6,1	24	7	14	0,3605	0,6005	0,7609	0,5806
6 – вул. Трудова, 18	0,4	28	8	26	0,7115	0,5395	0,7582	0,5510
	0,2	20	6	20	0,7890	0,6300	0,7716	0,5988
7 – вул. Пушкіна, 10	1,2	8	6	13	0,5186	0,7763	0,7716	0,5922
	1,1	7	5	11	0,5213	0,7826	0,7803	0,6182
8 – вул. Пушкіна, 33-34	4,7	17	7	20	0,4695	0,6682	0,7609	0,5988
	6,0	12	6	19	0,3583	0,7118	0,7716	0,6095
9 – вул. Шевченка, 1	0,1	4	21	22	1,0000	0,8000	0,6211	0,5652
	1,0	3	18	17	0,5103	0,8214	0,6475	0,5703
10 – вул. Шевченка, 22	1,0	56	16	10	0,5103	0,3408	0,7020	0,6296
	0,9	42	11	5	0,5266	0,3682	0,7692	0,7848

поверхневих, підземних і стічних вод і об'єктів сільськогосподарського використання кафедри аналітичної і біогеографічної хімії та якості води НУБіП України (свідоцтво про атестацію № ПТ-178/12 від 14.05.2012).

нічної хімії та якості води НУБіП України (свідоцтво про атестацію № ПТ-178/12 від 14.05.2012).

Таблиця 5. Величини ОФБ Харрінгтона та загальна характеристика якості води за вмістом важких металів для питного водопостачання

Адреса розташування та номер об'єкту водопостачання	Величина ОФБ	
	відбір 19.06.07	відбір 26.09.07
1 – школа	0,4951 – задовільна	0,5605 – добра
2 – дитячий садок	0,5059 – задовільна	0,6049 – задовільна
3 – студентський гуртожиток	0,5022- задовільна	0,4781- задовільна
4 – ремонтна майстерня	0,5673- задовільна	0,6075- задовільна
5 – пасіка	0,4925- задовільна	0,5561- задовільна
6 – вул. Трудова, 18	0,6328 – добра	0,6923 – добра
7 – вул. Пушкіна, 10	0,6541 – добра	0,6605 – добра
8 – вул. Пушкіна, 33-34	0,6149 – задовільна	0,5885 – задовільна
9 – вул. Шевченка, 1	0,7279 – добра	0,6272 – задовільна
10 – вул. Шевченка, 22	0,5265 – задовільна	0,5849 – задовільна

Розрахунок ЧФБ та ОФБ проведено за методикою, описаною в роботі [2].

У табл. 5 наведено розрахункові дані щодо ОФБ за сезонами відбору та узагальнену характеристику якості води джерел децентралізованого водопостачання за вмістом важких металів.

На рис. показано узагальнені за сезонами дані щодо ОФБ Харрінгтона щодо якості води для питного водопостачання десяти вододжерел на території НДГ «Великоснітинське».

Аналіз даних, наведених у табл. 5 та на рис., свідчить, що жодне із вододжерел, які використовуються для питного водопостачання населення громади, не відповідає оцінці якості «відмінно». Узагальнена оцінка значно коливається за сезонами стосовно одного вододжерела. Найбільші зміни якості води у вигляді ОФБ спостерігали у воді приватного колодязю, розташованого на вул. Шевченка, 1. У літній сезон вода характеризувалася доброю якістю, а восени погіршилася до задовільної. Також значні коливання (біля 10%) при загальній задовільній оцінці виявлено у воді колодязю, яким користуються для забезпечення питних та побутово-господарчих потреб у дитячому садку. Причому наявна протилежна тенденція –

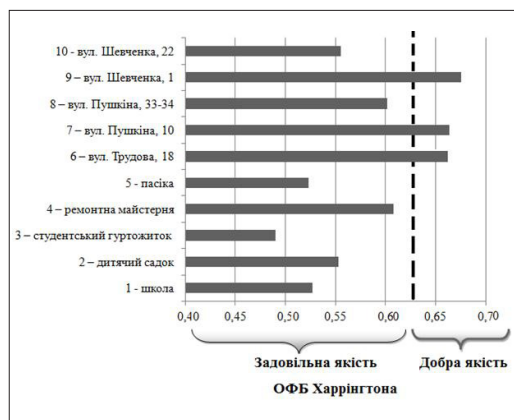


Рис. Показник ОФБ Харрінгтона щодо оцінки якості вододжерел НДГ «Великоснітинське» за вмістом важких металів (узагальнено за двома відборами)

влітку вода гіршої якості ніж восени. Можливо тут відіграє роль інтенсивність водоспоживання.

Висновки

На основі проведених розрахунків показано, що в сільському населеному пункті жодне із десяти децентралізованих джерел водопостачання за вмістом чотирьох важких металів не може використовуватися для задоволення питних потреб людини без очищення.

Оцінка, проведена за показником об'єднаної функції бажаності

Харрінгтона, свідчить, що тільки три із десяти джерел мають воду доброї якості, яку з певними допущеннями можна вважати придатною для питних цілей.

Вкрай негативним є факт, що якість води, якою користуються діти у садку та студенти, які мешкають у гуртожитку, одержала найнижчу оцінку – відповідно 55% і 49%.

Література

1. Sustainable development in quantitative indicators of technogenic safety assessment // G. Statyukha, T. Bojko, V. Bendyug, A. Shakhnovsky // Chemistry & chemical technology. – 2010. – 4, №1. – P. 69–72.
2. Войтенко Л.В., Копілевич В.А., Строкаль М.П. Концепція інтегральної оцінки якості води для різних видів водоспоживання з використанням функції бажаності Харрінгтона // Біоресурси і природокористування. – 2015. – 7, № 1-2. – С. 25–36.
3. Бикбулатов Э.С. Функции желательности Харрингтона для оценки качества природных вод / Э.С. Бикбулатов, И.Э. Степанова // Экологическая химия. – 2011. – 20, № 2. – С. 94–104.
4. Національний стандарт України ДСТУ 4808:2007. Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання [Текст]. – Вид. офіц. – Чинний від 2009-01-01. – К.: Держспоживстандарт, 2007. – III, 36 с. – (Національний стандарт України).
5. Національний стандарт України ДСТУ 7525:2014 Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості [Текст]. – Вид. офіц. – Чинний від 2015-02-01. – К.: Мінекономрозвитку України, 2014. – IV, 25 с. – (Національний стандарт України).
6. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною : ДСанПіН 2.24-171-10. – К.: Офіційний вісник України. – 2010. – № 51. – С. 100–129.
7. Національний стандарт України ДСТУ ISO 11885:2005 (ISO 11885:1996 IDT) Визначання 33 елементів методом атомно-емісійної спектроскопії [Текст]. – Вид. офіц. – Чинний від 2008-01-01. – К.: Мінекономрозвитку України, 2007. – 14 с. – (Національний стандарт України).
8. ISO 15586:2003(en) Water quality – Determination of trace elements using atomic absorption spectrometry with graphite furnace [Electronic recourse] / – Mode of access: World Wide Web: (<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:15586:ed-1:v1:en> (viewed on March 13, 2016)). – Title from the screen.
9. Національний стандарт України ДСТУ ISO 15586:2012 (ISO 15586:2003 IDT) Визначення мікроелементів методом атомно-абсорбційної спектроскопії з графітовою пічкою [Текст]. – Вид. офіц. – Чинний від 2013-03-01. – К.: Мінекономрозвитку України, 2013. – IV, 20 с. – (Національний стандарт України).
10. Зарубина Р.Ф., Копылова Ю.Г. Анализ и улучшение качества природных вод. В 2-х частях. Часть 1. Анализ и оценка качества природных вод: Учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2007. – 168 с.
11. Барсуков В. И. Пламенно-эмиссионные и атомно-абсорбционные методы анализа и инструментальные способы повышения их чувствительности. – М.: Машиностроение-1, 2004. – 172 с.
12. ISO 5961:1994 (en) Water quality – Determination of cadmium by atomic absorption spectrometry [Electronic recourse] / – Mode of access: World Wide Web: (<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:5961:ed-2:v2:en>) (viewed on March 24, 2016)). – Title from the screen.
13. Postawa A. Best Practice Guide on the Sampling and Monitoring of Metals in Drinking water. – London: IWA Publish., 2012. – P. 36–38 (156 pp.).
14. Cadmium in Drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality World Health Organization, 2011 [Electronic recourse] / – Mode of access: World Wide Web: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/cadmium.pdf (viewed on March 13, 2016)). – Title from the screen.
15. Lead in Drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality World Health Organization, 2011 [Electronic recourse] / – Mode of access: World



- Wide Web: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/lead.pdf (viewed on March 13, 2016). – Title from the screen.
16. U.S. GEOLOGICAL SURVEY Water Resources Investigations Report 99-4020 Factors Controlling Elevated Lead Concentrations in Water Samples from Aquifer Systems in Florida / Brian G. Katz, Marian P. Berndt, Thomas D. Bullen, and Paul Hansard. -Tallahassee, Florida 1999. – 36 pp. [Electronic recourse] / – Mode of access: World Wide Web: http://fl.water.usgs.gov/PDF_files/wri99_4020_katz.pdf (viewed on March 13, 2016). – Title from the screen.
 17. Copper in Drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality World Health Organization, 2004 [Electronic recourse] / – Mode of access: World Wide Web: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/copper.pdf (viewed on March 13, 2016). – Title from the screen.
 18. Zinc in Drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality World Health Organization, 2003 [Electronic recourse] / – Mode of access: World Wide Web: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/zinc.pdf (viewed on March 13, 2016). – Title from the screen.
 19. Відомчий нормативний документ ВНД 33-5.5-02-97 “Якість води для зрошення. Екологічні критерії”. – Держкомітет України по водному господарству. – Харків, 1998. – 15 с.
 20. ГОСТ Р 51301-99 Продукты пищевые и продовольственное сырье. Инверсионно-вольтамперометрические методы определения содержания токсичных элементов (кадмия, свинца, меди и цинка) (Продукти харчові та харчова сировина. Інверсійно-вольтамперометричні методи визначення вмісту токсичних елементів (кадмію, свинцю, міді і цинку)).

SUMMARY

L. Voitenko, V. Kopilevych. *Integral water quality evaluation for different types of water of heavy metals // Biological Resources and Nature Managment.* – 2016. – 8, №1–2. – P. 36–43.

The paper presents a methodology of integrated assessment of water quality for different types of water supply for the content of heavy metals in the form of the combined functions of desirability Harrington. For example, ten decentralized water supply sources in the territory of teaching and research farm NULES of Ukraine "Velykosnitynske" shows that the water quality in any of them together are unfit for consumption without treatment for drinking purposes for the content of cadmium, copper, zinc and lead.

АННОТАЦІЯ

Войтенко Л.В., Копілевич В.А. *Интегральная оценка качества воды для различных видов водопотребления по содержанию тяжелых // Биоресурсы и природопользование.* – 2016. – 8, №1–2. – С. 36–43.

В работе предложено методологию интегральной оценки качества воды для различных видов водоснабжения по содержанию тяжелых металлов в виде объединенной функции желательности Харрингтона. На примере десяти источников децентрализованного водоснабжения на территории учебно-опытного хозяйства НУБіП Украины «Велико-снитынское» показано, что качество воды ни в одном из них непригодно для использования без очистки для питья по содержанию кадмия, меди, цинка и свинца.