

Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова.
Серія 20. Біологія. – 2013. – випуск 5. – С. 167 – 173

УДК 574.51

Л.М. Кропивницька^{1,2}, І.В. Брюховецька¹

¹Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка
вул. І.Франка, 24, м. Дрогобич, Львівська обл., 82100

²Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного
вул. Гвардійська, 32, м. Львів, 79012

ТВЕРДІСТЬ ВОДИ ОКРЕМИХ ПРИРОДНИХ ДЖЕРЕЛ ЛЬВІВЩИНИ

Загальна твердість води, тимчасова твердість, постійна твердість, комплексонометрія

Забезпечення населення доброякісною питною водою є однією із найважливіших проблем сьогодення, оскільки забруднення природних водойм України з кожним роком зростає і робить воду непридатною для споживання. Останнім часом люди все частіше в побуті використовують джерельну воду, якісні характеристики якої кращі, ніж води централізованого постачання, але хімічний склад такої води потребує дослідження. На території Львівської області, яку можна віднести до екологічно благополучної зони, зустрічається велика кількість природних джерел, зокрема в Турківському, Старосамбірському, Сколівському та Дрогобицькому районах, але вони ще недостатньо вивчені і води цих джерел потребують детального аналізу.

До важливих параметрів, які дають змогу оцінити загальні властивості води, відносять твердість, тобто сукупність її властивостей, пов'язаних з наявністю в ній розчинних сполук Магнію, Кальцію. Вода для використання має бути стабільною, тобто такою, з якої не виділяється і в якій не розчиняється CaCO_3 . Ця характеристика води пов'язана із властивостями CO_2 : якщо кількість цього оксиду надмірна, то у воді активно відбувається корозія металевих ємкостей і обладнання, якщо менше, ніж потрібно, то з води випадає CaCO_3 , який утворює накіп. Тверда вода непридатна для промислових і господарських потреб. Дуже тверда вода має неприємний смак, може погіршувати протікання нирковокам'яної хвороби. Тому експериментальне визначення вмісту йонів Магнію, Кальцію, гідрогенкарбонат-йонів виявлених джерел регіону є необхідним для визначення типу твердості досліджуваної води та попередньої оцінки її якості.

Твердість води зумовлена наявністю йонів Ca^{2+} і Mg^{2+} . Катіони Ca^{2+} зумовлюють кальцієву твердість, а катіони магнію Mg^{2+} – магнієву твердість води. Загальна твердість складається з кальцієвої і магнієвої, тобто із сумарної концентрації у воді катіонів Ca^{2+} і Mg^{2+} . Розрізняють також карбонатну (тимчасову) і некарбонатну (постійну) твердість води. Згідно з ГОСТом 2874–82 "Вода питна" воду за твердістю розділяють на такі класи (таблиця).

Типи природних вод за твердістю

Тип води	Твердість, ммоль-екв/дм ³	Твердість		
		Ca ²⁺ , мг/дм ³	Mg ²⁺ , мг/дм ³	CaCO ₃ , мг/дм ³
Дуже м'яка	0 – 1,5	0–30,06	0–18,24	0–75,00
М'яка	1,5 – 3,0	30,06–60,12	18,24–36,48	75,00–150,00
Середньо-тверда	3,0 – 4,5	60,12–90,18	36,48–52,72	150,00–225,00
Достатньо тверда	4,5 – 6,5	90,18–130,26	52,72–79,04	225,00–325,00
Тверда	6,5 – 11,0	130,26–220,44	79,04–131,76	325,00–550,00
Дуже тверда	>11,0	>220,44	>131,76	>550,00

Чинними санітарними нормами передбачено, що твердість питної води не повинна перевищувати 250 мг/дм³ CaCO₃, а твердість понад 500 мг/дм³ CaCO₃ вважається небезпечною для здоров'я. Загальна твердість води, згідно з ГОСТом 2874–82 "Вода питна" не повинна бути вищою 7 мг-екв/дм³; для водопроводів, які подають воду без спеціальної обробки, при узгодженні з органами санепідемстанцій, допускається до 10 мг-екв/дм³.

Матеріал і методика досліджень

Під час виконання роботи виявлено та досліджено 21 природне водне джерело у різних районах Львівської області. Визначення твердості досліджуваної води здійснювали методом комплексонометрії. Комплексонометричне титрування аналізованих проб води проводили титруванням проб трилоном Б при рН=10 в присутності відповідного металоіндикатора [1].

Визначення загальної твердості води. В конічну колбу на 250 мл відмірювали 50 мл досліджуваної води, додавали 5 мл аміачного буферного розчину, 6–7 крапель індикатора хромогену чорного і повільно титрували 0,1н. розчином трилону Б при інтенсивному перемішуванні до зміни забарвлення від винно-червоного до синього з зеленуватим відтінком. Розрахунок твердості води проводили за формулою, ммоль-екв/дм³:

$$X(\text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}) = \frac{V_2 \cdot N \cdot 1000}{V_1},$$

де V_1 – об'єм досліджуваної води, см³; V_2 – об'єм розчину трилону Б, витраченого на титрування досліджуваної води, см³; N – нормальність розчину трилону Б, ммоль-екв/дм³.

Визначення кількості іонів Кальцію. Визначення вмісту іонів Кальцію у воді полягає в тому, що при рН≥12 йони Кальцію утворюють з індикатором мурексидом комплексну сполуку рожевого кольору. При титруванні проби розчином трилону Б утворений комплекс розкладається і в еквівалентній точці забарвлення змінюється від рожевого до бузкового. В конічну колбу на 250 мл відбирали 100 мл досліджуваної води, додавали 2 мл 10%-го розчину NaOH, декілька крупинок суміші індикатора мурексиду з NaCl (на кінчику скляної лопатки) і титрували пробу 0,1н. розчином трилону Б при інтенсивному перемішуванні до переходу забарвлення від рожевого до бузкового. Вміст іонів Ca²⁺ (X(Ca²⁺)) вираховували за формулою, моль-екв/дм³:

$$X(\text{Ca}^{2+}) = \frac{V_1 \cdot N \cdot 1000}{V},$$

де V_1 – об'єм розчину трилону Б, витраченого на титрування, см^3 ; N – нормальність розчину трилону Б, моль-екв/ дм^3 ; V – об'єм досліджуваної проби води, см^3 .

Визначення кількості іонів Магнію. Вміст іонів Магнію визначали як різницю загальної твердості води і вмісту іонів Кальцію, ммоль-екв/ дм^3 :

$$X(\text{Mg}^{2+}) = X(\text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}) - X(\text{Ca}^{2+}).$$

Визначення гідрогенкарбонат-іонів. Карбонатною називається твердість, яка зумовлена наявністю гідрогенкарбонат-іонів. Карбонатну твердість ще називають тимчасовою, оскільки під час кип'ятіння води гідрогенкарбонати руйнуються і випадають в осад карбонати і гідроксокарбонати.

Оскільки карбонатна твердість води зумовлена йонами HCO_3^- , її визначення проводили титруванням проби води розчином хлоридної кислоти. Тимчасову твердість визначали за різницею між вмістом HCO_3^- до і після кип'ятіння проби води. В конічну колбу на 250 мл відмірювали 100 мл досліджуваної води, додавали 2–3 краплі розчину індикатора метилового оранжевого і титрували 0,1н. розчином HCl до переходу забарвлення від жовтого до рожево-жовтого. Кількість гідрогенкарбонат-йона $X(\text{HCO}_3^-)$ обчислювали за формулою, $\text{мг}/\text{дм}^3$:

$$X(\text{HCO}_3^-) = \frac{E \cdot V_1 \cdot N \cdot 1000}{V_2},$$

де E – еквівалентна маса розчину хлоридної кислоти, г/моль; N – нормальність розчину HCl , моль-екв/ дм^3 ; V_1 – об'єм розчину хлоридної кислоти витрачений на титрування, см^3 ; V_2 – об'єм води, взятої для аналізу, см^3 [1].

Результати дослідження та їх обговорення

В результаті визначення загальної твердості води досліджуваних джерел (рис.1) можна зробити такі висновки. В Турківському районі найбільшу кількість іонів Ca^{2+} та Mg^{2+} містить джерело №4 (с.Розлуч), що свідчить про досить тверду воду. Вміст іонів Ca^{2+} та Mg^{2+} у джерелах №1 (с.Мельничне), №2 (с.Нижня Яблулька), №3 (с.Завадівка), №5 (с.Бітля) – найменший, що свідчить про середню твердість води. Одержані результати свідчать про те, що в Старосамбірському районі в джерелі №10 (с.Сусідовичі) вода тверда, а вміст іонів Ca^{2+} та Mg^{2+} у джерелах №6 (с.Смерічка), №7 (с.Смерічка), №8 (с. Смерічка), №9 (с.Терло) показує, що у них вода досить тверда. У Сколівському районі в джерелах №11 (с.Головецько), №12 (с.Головецько), №13 (с.Тухля) вміст іонів Ca^{2+} та Mg^{2+} свідчить про досить тверду воду. У Дрогобицькому районі у джерелах №14 (м. Борислав), №17 (с.Гаї Нижні) – вода м'яка, а у джерелах №15 (с.Доброгостів), №16 (м. Борислав) – середньо-тверда, у досліджуваних пробах води джерел №18 (м. Борислав), №19 (м. Борислав, с.Мражниця), №21 (с. Рибник) вода досить тверда. Особливу увагу слід звернути на джерело №20 (м. Борислав, с.Тустановичі), в якому вода дуже тверда.

Порівняльний аналіз графічної залежності вмісту кількості іонів Кальцію та Магнію у воді досліджуваних джерел (рис.2) дає змогу стверджувати, що кількість іонів Кальцію переважає вміст іонів Магнію (вміст іонів Магнію становить від 0–50 $\text{мг}/\text{дм}^3$, а вміст іонів Кальцію коливається від 50 до 270 $\text{мг}/\text{дм}^3$).



	ТУРКІВСЬКИЙ РАЙОН
	СТАРОСАМБІРСЬКИЙ РАЙОН
	СКОЛІВСЬКИЙ РАЙОН
	ДРОГОБИЦЬКИЙ РАЙОН

Рис. 1. Результати визначення загальної твердості води джерел досліджуваних районів

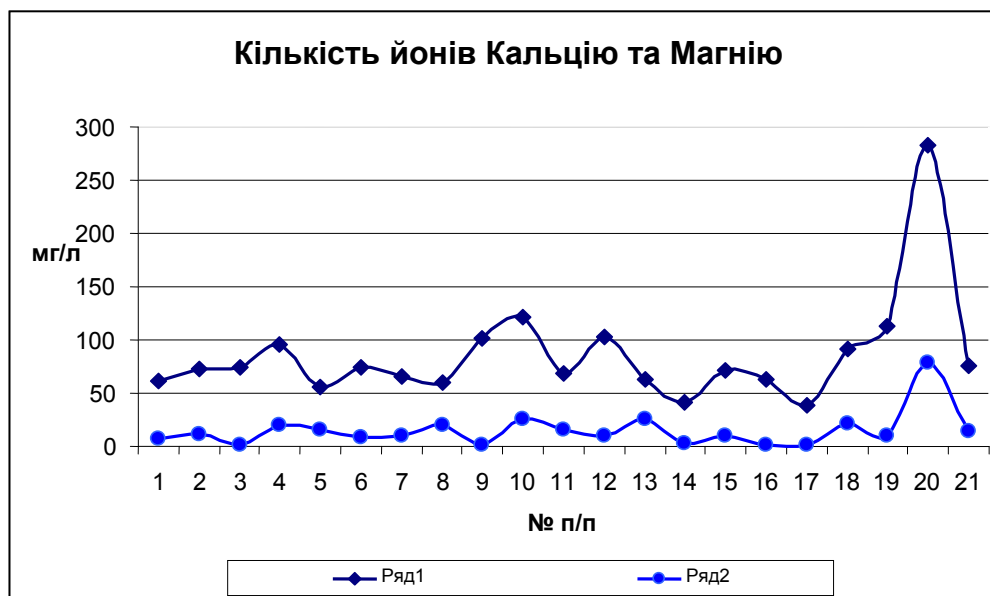
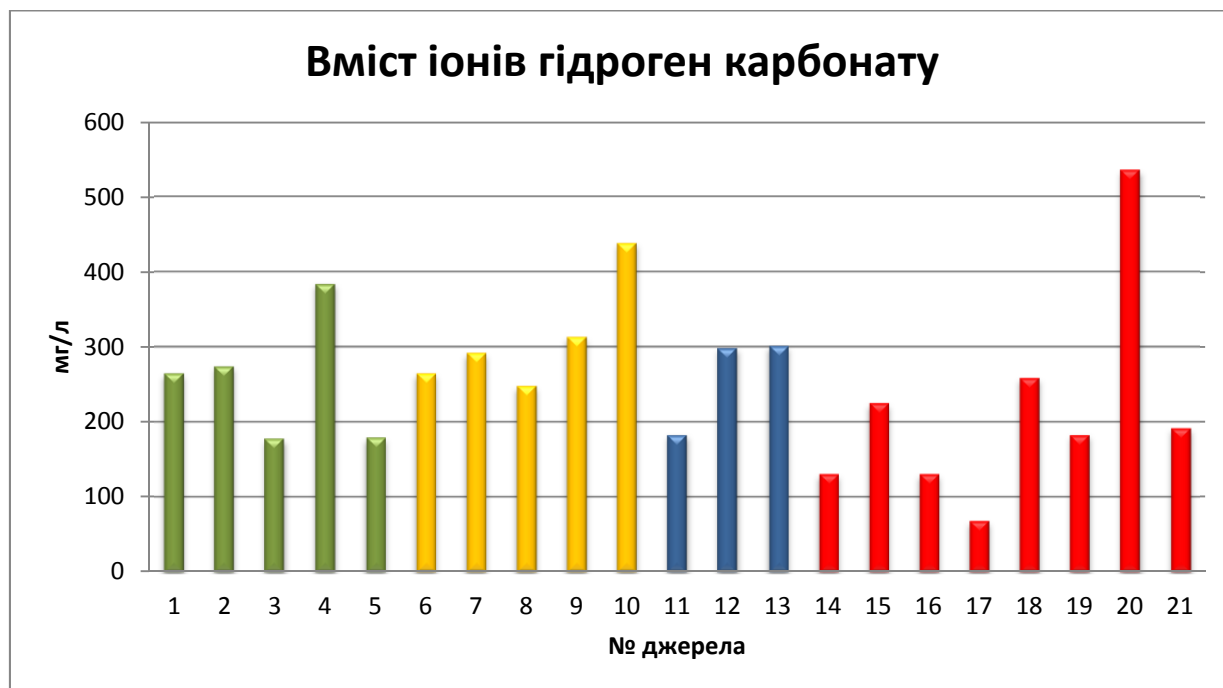


Рис. 2. Результати визначення кількості йонів Кальцію та Магнію у воді досліджуваних джерел

Дані діаграми про вміст гідрогенкарбонат-йонів у досліджуваних зразках води (рис.3), свідчать про те, що найбільшим є вміст гідрогенкарбонат-йонів в Турківському районі: в

джерелі №4 (с.Розлуч), а найменший – у джерелах №3 (с.Завадівка) та №5 (с.Бітля); в Старосамбірському районі: найбільший вміст гідрогенкарбонат-йонів у джерелі №10 (с.Сусідовичі), а найменший – у джерелі №8 (с.Смерічка); в Сколівському районі показник вмісту гідрогенкарбонат-йонів є найбільшим у джерелах №12 (с.Головецько), №13 (с.Тухля), а найменшим – у джерелі №11 (с.Головецько).



	ТУРКІВСЬКИЙ РАЙОН
	СТАРОСАМБІРСЬКИЙ РАЙОН
	СКОЛІВСЬКИЙ РАЙОН
	ДРОГОБИЦЬКИЙ РАЙОН

Рис. 3. Результати визначення вмісту гідрогенкарбонат-йонів у досліджуваній воді

Крім проведених експериментальних досліджень, нами було оцінено вміст характерних сполук йонів Кальцію та Магнію у досліджуваній воді. На рис.4 показано співвідношення еквівалентів сумарного вмісту йонів Ca^{2+} та Mg^{2+} з йонами HCO_3^- . З одержаних даних видно, що еквівалентна кількість цих йонів співпадає у водах джерел №№2, 4, 6, 9, 13, 14. Це свідчить про те, що у досліджуваних пробах води твердість є тимчасовою, тобто зумовлена тільки солями $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ та $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Можна також стверджувати, що інших солей Ca^{2+} та Mg^{2+} у цих водах немає.

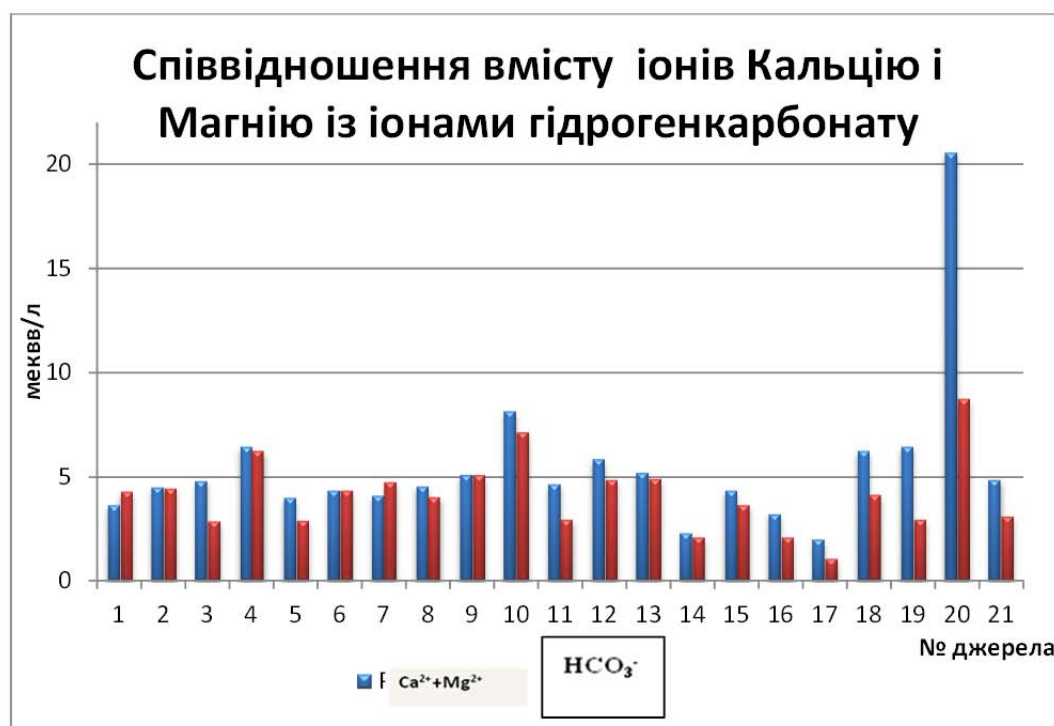


Рис. 4. Співвідношення вмісту йонів Кальцію та Магнію із гідрогенкарбонат-йонами

У джерелах №1 і №7 кількість еквівалентів гідрогенкарбонат-йонів не значною мірою, але перевищує кількість еквівалентів йонів Ca^{2+} та Mg^{2+} . Це означає, що йони Ca^{2+} та Mg^{2+} не зв'язуються з іншими аніонами, тому твердість води також є тимчасовою. Воду проаналізованих джерел №1, 2, 4, 6, 7, 9, 13, 14, яка характеризується як тимчасово тверда, можна пом'якшити найпростішим методом, наприклад, кип'ятінням. У водах інших джерел – №№3, 5, 8, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 – еквівалентна кількість йонів Ca^{2+} та Mg^{2+} перевищує еквівалентний вміст йонів HCO_3^- . Це свідчить про те, що у цих водах крім солей $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ та $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ можуть міститися також інші солі цих катіонів, найімовірніше хлориди і сульфати. Така вода містить йони, що зумовлюють її тимчасову і постійну твердість. Слід звернути увагу на джерело №20: тут кількість йонів Ca^{2+} та Mg^{2+} значно переважає кількість гідрогенкарбонат-йонів. Отже, це джерело має найгірші характеристики з усіх досліджуваних джерел, тобто містить окрім значної кількості $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ та $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ще й велику кількість інших солей Кальцію та Магнію.

Висновки

Кількісний склад води природних джерел в досліджуваних регіонах Львівщини характеризується різним вмістом йонів Ca^{2+} , Mg^{2+} та HCO_3^- в джерелах одного і того ж району. Спостерігаються досить високі показники вмісту гідрогенкарбонат-йонів у водах джерел більшості досліджуваних регіонів Львівщини, що свідчить про тимчасову твердість води, а також спостерігається більш високий вміст йонів Кальцію, в порівнянні з йонами Магнію, у водах всіх досліджуваних джерел. Води джерел №№1, 2, 4, 6, 7, 9, 13, 14, класифіковані як води з тимчасовою твердістю, можна рекомендувати населенню для вживання після її попереднього кип'ятіння. Води інших досліджених джерел – №№3, 5, 8, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 – можна класифікувати як води з постійною твердістю і рекомендувати їх населенню для систематичного використання не можна.

Отже, результати роботи свідчать про те, що води не усіх досліджених природних джерел Львівської області придатні для споживання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Більченко М. М. Лабораторний практикум з аналітичної хімії. Кількісний аналіз: Навчальний посібник / М. М. Більченко. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2007. – 142 с.

Л.М. Кропивницькая, И.В. Брюховецкая

ЖЕСТКОСТЬ ВОДЫ ОТДЕЛЬНЫХ ПРИРОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЛЬВОВЩИНЫ

В работе экспериментально определено содержание ионов Кальция, Магния и гидрогенокарбонат-ионов в воде отдельных природных источников Львовской области, оценен вид жесткости и сделана предварительная оценка качества воды исследуемых источников.

L.M. Kropyvnytska, I.V. Bryuhovetska

WATER'S SOLIDNESS OF SOME NATURAL SOURCES IN LVIV REGION

In the article it has been determined the contents of calcium's, magnesium's ions and hydrogen carbonate of ions in the water of some natural sources of Lviv region. It has been settle kind of solidness and done the previous estimate of water's quality of the determined sources.

Надійшла 20.01.2013 р.