

УДК 546.23:(631.416+556.114.6+581.192)

**В.М. Шестопапов<sup>1</sup>, О.М. Пономаренко<sup>2</sup>, А.Ю. Моїсеєв<sup>1</sup>,  
А.І. Самчук<sup>2</sup>, Н.П. Моїсеєва<sup>1</sup>, Е.С. Попенко<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Інститут геологічних наук НАН України  
01054, м. Київ, Україна, вул. О. Гончара, 55-б

<sup>2</sup> Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України  
03680, м. Київ-142, Україна, пр. Акад. Палладіна, 34  
E-mail: popenko-ed@i.ua

## СЕЛЕН У ПРИРОДНИХ МІНЕРАЛЬНИХ ВОДАХ ЗАХІДНИХ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ

---

Наведено результати дослідження розподілу селену в природних мінеральних водах Подільського та Прикарпатського регіонів України. Виявлено селеністі мінеральні води, у яких вміст селену перевищує встановлену мінімальну бальнеологічно активну концентрацію (10 мкг/дм<sup>3</sup>). Вміст селену 12,5–20 мкг/дм<sup>3</sup> виявлено у водах глибинного походження. Води з підвищеним вмістом селену приурочені до сульфатвмісних порід або гіпсоангідритових відкладів.

**Вступ.** Останнім часом селен все більше привертає увагу дослідників. Раніше цей елемент вважали токсичним, проте внаслідок численних досліджень виявилось, що селен є життєво необхідним елементом для організму людини.

Нестача селену в організмі призводить до розвитку низки захворювань, тому для корекції селенодефіциту розроблено велику кількість лікарських засобів і харчових добавок. Однак їх виробництво пов'язано з певними труднощами, застосування не завжди призводить до бажаного результату, а також може мати негативні побічні наслідки. Перспективною альтернативою штучно синтезованим препаратам є використання природних мінеральних вод з фізіологічно активними концентраціями селену, родовища яких розташовані на території України.

**Сучасний стан проблеми.** Есенціальність селену для людини встановлена в середині минулого століття. Селен входить до низки ферментів, які разом з каталазою та супероксиддисмутазою складають ферментативну систему антиоксидантного захисту організму. Функціональна активність селенвмісних ферментів

(глутатіонпероксидази, селензалежної пероксидази нейтрофілів, селенопротеїнів, тіоредоксинредуктази та ін.) забезпечується завдяки особливостям кристалічної структури селену, який входить в їх координаційний центр. Як імуномодулятор селен регулює синтез імуноглобуліну, підвищує активність лімфоцитів. До біологічних функцій селену належить активація гормонів щитовидної залози в периферичних тканинах, також він є каталізатором відновлення цитохрому з тіолами.

До організму селен надходить у складі продуктів тваринного і рослинного походження. За різними літературними даними, оптимальне надходження селену до організму дорослої людини знаходиться в межах 20–150 мкг на добу. Згідно з "Нормами фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах та енергії", добова потреба дорослої людини у селені складає 50–70 мкг [10]. Основними продуктами, багатими на селен, є зернові культури, часник, м'ясо, молочні продукти. В продуктах Se знаходиться у двовалентній органічній формі, у тваринних продуктах переважно в складі селеноцистеїну, а в рослинних — селенометіоніну.

Підвищене надходження селену з навколишнього середовища до організму людини здебільшого пов'язане з наслідками антро-

погенної діяльності. Так, накопичення селену спостерігається в зоні золоотвалів Донбасу [17].

Дефіцит селену в організмі зазвичай виникає внаслідок аліментарної незбалансованості і часто спостерігається в геохімічних провінціях із низьким вмістом селену у ґрунтах і природних водах. Недостатність селену в організмі людини призводить до пошкодження клітинних мембран, зниження активності мембранних ферментів, накопичення кальцію в клітинах, порушення метаболізму амінокислот і кетонових кислот. На даний час з дефіцитом селену в організмі пов'язують велику кількість захворювань: серцево-судинні та онкопатології, дисфункцію щитовидної залози, нирковокам'яну хворобу, цукровий діабет, зниження імунітету, порушення обміну речовин та ін., за дефіциту селену можливий розвиток кардіоміопатії.

Вміст селену в організмі може змінюватися за умов впливу негативних чинників навколишнього середовища. Дія іонізуючої радіації низької інтенсивності, хронічна інтоксикація сполуками ртуті та кадмію, надмірне надходження до організму міді та арсену є підґрунтям розвитку селенодефіциту [1, 12]. Достовірне зниження концентрації селену в сироватці крові зареєстровано у робітників, зайнятих на шкідливому для здоров'я виробництві, де спостерігається підвищене навантаження на антиоксидантні системи [1].

Асиміляція селену може бути знижена за розвитку певних патологічних станів. У разі виразки шлунку, гострого або хронічного панкреатиту та гепатиту, цирозу печінки, муковісцидозу, кістозного фіброзу навіть за достатнього надходження Se до організму може розвиватися порушення його обміну через неефективність функціонування механізмів утилізації або абсорбції селену.

Корекція селенового статусу населення і, в першу чергу, дітей та підлітків, є життєво необхідним завданням. У багатьох країнах (Німеччина, США, Скандинавські країни) запроваджено оздоровчі програми селенізації населення, в яких передбачено введення у раціон харчування селенвмісних добавок.

На даний час розроблено велику кількість селенвмісних вітамінно-мінеральних комплексів і біологічно активних добавок (БАД), основне призначення яких — корекція селенового статусу організму. Однак виробництво

БАД пов'язано зі значними витратами на обладнання, сировину, розробку та відпрацювання технології, гігієнічну експертизу і реєстрацію. При цьому якість БАД контролюється тільки за показниками гігієнічної безпеки — відсутністю токсичних речовин (важких металів, мікотоксинів), радіонуклідів і мікробного забруднення. Механізми дії всіх складових компонентів для більшості БАД не вивчено, тому з огляду на негативну побічну дію вони не можуть бути рекомендовані для регулярного застосування.

Визначення інтенсивності та тривалості прийому БАД встановлюють виходячи з терапевтичної дози препарату, враховуючи при цьому генез анемії, вік і стать хворого та інші фактори. Під терміном "терапевтична доза" мають на увазі кількість препарату, яка викликає лікувальний ефект. На сьогодні визначені терапевтичні дози для багатьох елементів, що входять до складу організму людини. Для селену вона становить до 400 мкг на добу [14].

Відомо, що за надходження мікроелементів до організму у складі мінеральних вод їх терапевтична доза у декілька разів менша, ніж за надходження у складі фармацевтичних препаратів [15]. Цей факт набуває особливого значення під час корекції дефіциту елементів, що за надлишкового надходження до організму мають виражену токсичну дію — таких, як селен. Згідно з класифікацією мінеральних вод України [8], нижня межа вмісту селену в мінеральній воді, за якої він проявляє бальнеологічну активність, складає 10 мкг/дм<sup>3</sup>.

До переваг використання мінеральних вод слід додати те, що їх можна бутилювати без суттєвих додаткових капіталовкладень практично на всіх підприємствах, де є лінії розливу води. У Білорусі та Росії налагоджено випуск штучно мінералізованої мінеральної води з підвищеним вмістом селену. На території України прояви селенистих мінеральних вод виявлено в Київській та Кіровоградській обл., р-ні Кам'янця-Подільського, перспективними регіонами є Івано-Франківська та Львівська обл. За попередніми даними [13], можливий також підвищений вміст селену в мінеральних водах типу "Нафтуся". Однак у зв'язку з відсутністю до недавнього часу високоефективних і точних методів аналізу вмісту селену у багатьох мінеральних водах, навіть з досить відомих родовищ, на даний час не встановлено.

**Мета** даної роботи — дослідження вмісту селену в природних мінеральних водах Подільського та Прикарпатського регіонів України.

**Матеріали і методи дослідження.** Відбір проб природних мінеральних вод проведено згідно з ДСТУ ISO [5, 6]. Аналіз вмісту макрокомпонентів і оцінку якості води — згідно з ДСТУ 878-93 [4] за стандартизованими методиками. Вміст сірководню у воді визначали за йодометричним методом [7]. Валовий вміст органічних сполук у воді  $C_{\text{орг}}$  досліджували за методом сухого випалювання [2]. Отримані результати відповідають III категорії точності згідно ОСТ 41-08-212-82 [11].

Вміст селену визначали за допомогою мас-спектрометра *Thermo Finnigan Element-2*, похибка вимірювань  $\delta \leq 3\%$  (Додаток до свідоцтва про атестацію № ПТ-0347/01). Для побудови калібрувальних графіків застосовували стандартні розчини елементів фірми *Sigma-Oldrich* (Швейцарія), а також стандартні зразки, виготовлені у Фізико-хімічному інституті ім. О.В. Богатського НАН України.

**Результати та їх обговорення.** Селен зустрічається у природі в малій кількості. Підвищений вміст селену відмічається в самородній сірці та сульфідних мінералах, а також у породах, багатих на органічні сполуки — темні сланці, вугілля, де він знаходиться у вигляді комплексних сполук [3]. В осадових породах він пов'язаний з глинистою фракцією, оскільки його прекрасно адсорбують глини. У піско-

виках та вапняках селен зустрічається рідше, в основному в тих, що містять фракції глинистих порід (наприклад, метаморфізовані вапняки Львівської обл.). Згідно з [13] і результатами власних досліджень, фонові концентрації селену в підземних природних водах західних регіонів України становить 0,1–2 мг/дм<sup>3</sup>.

На території Подільського регіону склалися особливі гідрогеологічні умови. Вихід у зону активного водообміну силурійських порід, серед нашарувань яких трапляються прошарки досить рідкісного складу з вмістом органічних речовин, створює умови для формування родовищ мінеральних вод, збагачених органічними речовинами, пов'язаними з глинистими мінералами та вмістом сульфат-іонів [16]. Ці фактори дають можливість прогнозувати підвищений вміст селену в даних водах.

Результати дослідження вмісту селену в мінеральних водах з підвищеним вмістом органічних речовин Збручанського та Новозбручанського родовищ представлені в табл. 1.

Внаслідок проведених досліджень селен у концентрації, вищій від середньої для підземних вод, виявлено у св. 1650 Збручанського родовища та св. 77 (с. Романівка).

Різноманітний склад мінеральних вод Прикарпаття зумовлений особливостями місцевих геолого-структурних умов, що пов'язані зі складною тектонікою прогину [16]. Поряд з всесвітньо відомими мінеральними водами, такими, як "Нафтуса" (Трускавець, Східниця),

Таблиця 1. Вміст селену в природних мінеральних водах з підвищеним вмістом органічних речовин Подільського регіону України

Table 1. Selenium contents in natural mineral waters with high content of organic substances of the Podolian region of Ukraine

Місце відбору проби	Глибина св., м	рН	Мінералізація, г/дм <sup>3</sup>	Іонна формула води	Вміст Se	Інші компоненти
					мг/дм <sup>3</sup>	
<i>Хмельницька обл.</i>						
Збручанське родовище, св. 3	100	5,55	0,767	$\frac{\text{HCO}_3,68\text{Cl}16\text{SO}_4,16}{\text{Na}46\text{Mg}31\text{Ca}20}$	0,0006	$C_{\text{орг}} - 12,1$ $\text{H}_2\text{SiO}_3 - 14,69$
св. 1650	84	7,30	0,827	$\frac{\text{HCO}_3,63\text{Cl}19\text{SO}_4,18}{\text{Na}48\text{Mg}24\text{Ca}21}$	0,0032	$C_{\text{орг}} - 13,4$ $\text{H}_2\text{SiO}_3 - 13,55$
с. Романівка, св. 77	120	7,40	0,803	$\frac{\text{HCO}_3,69\text{SO}_4,16}{\text{Na}58\text{Mg}21\text{Ca}16}$	0,0041	$C_{\text{орг}} - 27,4$ $\text{H}_2\text{SiO}_3 - 11,21$
<i>Тернопільська обл.</i>						
Новозбручанське родовище, св. 61	80	5,75	1,046	$\frac{\text{HCO}_3,56\text{SO}_4,28\text{Cl}17}{\text{Na}72\text{Mg}14}$	0,0016	$C_{\text{орг}} - 14,4$ $\text{H}_2\text{SiO}_3 - 11,07$ Sr — 4,7

Таблиця 2. Вміст селену в природних водах Прикарпатського регіону України  
Table 2. Selenium contents in natural waters of the Pre-Carpathian region of Ukraine

Місце відбору проби	Глибина св., м	рН	Мінералізація, г/дм <sup>3</sup>	Іонна формула води	Вміст Se	Інші компоненти
					мг/дм <sup>3</sup>	
<i>Івано-Франківська обл.</i>						
м. Верховина, св. 7-А	676,5	7,20	4,225	$\frac{\text{Cl}82}{\text{Na}88}$	0,0126	H <sub>2</sub> S — 3,06 Fe <sup>2+</sup> — 1,80 H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> — 19,24
с. Ворохта	дж.	6,15	0,067	$\frac{\text{SO}_444\text{HCO}_340}{\text{Mg}49\text{Ca}37}$	0,0001	H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> — 14,04
м. Косів, сан. "Буковинська зірка", св. 1	20,0	7,10	3,857	$\frac{\text{Na}85}{\text{Cl}85}$	0,0204	H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> — 14,82
с. Кремінець, св. 11-Я	100,0	7,70	0,306	$\frac{\text{HCO}_369\text{SO}_426}{\text{Na}38\text{Ca}36\text{Mg}23}$	0,0003	C <sub>орг</sub> — 9,80 H <sub>2</sub> S — 1,32 H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> — 10,92
с. Пистень, з-д мінвод, "Джерельна"	дж.	7,00	0,365	$\frac{\text{HCO}_381}{\text{Ca}83}$	0,0006	H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> — 24,05
м. Рогатин, Лучинецьке родовище, св. 1-Л	80,0	7,30	2,634	$\frac{\text{SO}_463\text{HCO}_330}{\text{Na}94}$	0,0041	H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> — 32,89
св. 1-с	30,0	6,70	0,566	$\frac{\text{HCO}_372\text{SO}_419}{\text{Ca}77\text{Mg}18}$	0,0008	H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> — 24,48
св. 729	80,0	6,55	1,020	$\frac{\text{HCO}_3\text{SO}_439\text{Cl}18}{\text{Ca}77\text{Mg}16}$	0,0069	Fe <sup>2+</sup> — 0,65 H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> — 25,87
с. Текуче, дж. Березівське	дж.	3,90	0,490	$\frac{\text{SO}_457\text{Cl}43}{\text{Na}50\text{Ca}26\text{Mg}21}$	0,0005	C <sub>орг</sub> — 18,60 H <sub>2</sub> S — 0,20 Fe <sup>2+</sup> — 29,0 H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> — 31,33
с. Фрага, дж.	"	6,80	1,419	$\frac{\text{SO}_478\text{HCO}_321}{\text{Ca}91}$	0,0011	H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> — 40,56
с. Ямни, дж. "Чисте"	"	5,95	0,050	$\frac{\text{HCO}_340\text{SO}_439\text{Cl}17}{\text{Ca}59\text{Na}22}$	0,0003	H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> — 12,74
м. Яремча, комплекс "Яремча", св. 1-Д	120,1	8,05	0,198	$\frac{\text{HCO}_361\text{SO}_422}{\text{Na}47\text{Ca}47}$	0,0003	CO <sub>3</sub> — 7,20 H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> — 11,44
<i>Львівська обл.</i>						
м. Немирів, св. 3-РК "Анна"	100,0	7,90	1,320	$\frac{\text{Cl}54\text{HCO}_333}{\text{Na}83}$	0,0047	C <sub>орг</sub> — 1,80 H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> — 35,62
с. Солуки, св. 11-41	90,0	5,20	3,479	$\frac{\text{SO}_450\text{Cl}3}{\text{Na}67\text{Ca}23}$	0,0044	H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> — 34,58
м. Східниця, дж. 10	дж.	6,75	0,332	$\frac{\text{SO}_450\text{Cl}35}{\text{Na}67\text{Ca}23}$	0,0001	H <sub>2</sub> S — 2,72 C <sub>орг</sub> — 14,30 Fe <sup>2+</sup> — 2,20 H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> — 30,94
дж. 13	"	6,70	0,316	$\frac{\text{HCO}_372\text{SO}_416}{\text{Ca}64\text{Mg}18}$	<0,0001	H <sub>2</sub> S — 0,68 Fe <sup>2+</sup> — 17,50 H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> — 30,94
дж. 15	"	8,50	0,476	$\frac{\text{HCO}_366\text{CO}_319}{\text{Na}75\text{Ca}15}$	<0,0001	H <sub>2</sub> S — 0,22 Fe <sup>2+</sup> — 24,50 CO <sub>3</sub> — 24,00 H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> — 20,28
св. 2-с	100,0	6,90	5,358	$\frac{\text{HCO}_394}{\text{Na}91}$	0,0007	H <sub>2</sub> S — 0,10 H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> — 19,76

Закінчення табл. 2

Місце відбору проби	Глибина св., м	рН	Мінералізація, г/дм <sup>3</sup>	Іонна формула води	Вміст Se	Інші компоненти
					мг/дм <sup>3</sup>	
св. 31-с	100,0	7,10	5,990	$\frac{\text{HCO}_3 95}{\text{Na}96}$	0,0007	H <sub>2</sub> S — 0,20 Fe <sup>2+</sup> — 0,30 H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> — 13,78
св. 357	300,0	8,10	0,776	$\frac{\text{HCO}_3 79}{\text{Na}89}$	0,0003	H <sub>2</sub> S — 0,34 CO <sub>3</sub> — 24,00 H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> — 30,42
Трускавецьке родовище, дж. "Юзя"	дж.	7,05	0,693	$\frac{\text{HCO}_3 83}{\text{Ca}48\text{Mg}43}$	0,0012	H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> — 12,35
св. 1-НО	30,0	7,30	0,790	$\frac{\text{HCO}_3 71\text{SO}_4 18}{\text{Ca}56\text{Mg}33}$	0,0002	C <sub>орг</sub> — 16,80 H <sub>2</sub> S — 1,04 H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> — 9,88
св. 8-НО	58,0	7,10	0,732	$\frac{\text{HCO}_3 74\text{SO}_4 20}{\text{Ca}54\text{Mg}41}$	<0,0001	C <sub>орг</sub> — 17,80 H <sub>2</sub> S — 1,04 H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> — 12,74
св. 14-Н	12,0	8,00	0,883	$\frac{\text{HCO}_3 72\text{SO}_4 18}{\text{Na}45\text{Mg}31\text{Ca}22}$	0,0003	H <sub>2</sub> S — 0,16 CO <sub>3</sub> — 28,80 H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> — 19,50
св. 21-Н	17,8	7,30	0,780	$\frac{\text{HCO}_3}{\text{Ca}56\text{Mg}39}$	0,0003	C <sub>орг</sub> — 19,40 H <sub>2</sub> S — 1,12 H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> — 10,66
м. Шкло, бювет сан. "Шкло"	11,0	7,25	0,745	$\frac{\text{HCO}_3 75\text{SO}_4 22}{\text{Na}68\text{Ca}24}$	0,0001	C <sub>орг</sub> — 18,60 H <sub>2</sub> S — 1,36 H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> — 33,28

Примітка. дж. — джерело.

сульфідні мінеральні води Немирівського родовища, курорти Любень Великий і Черче, у регіоні широко розвинені хлоридно-гідрокарбонатні й гідрокарбонатно-хлоридні мінеральні води різного катіонного складу і мінералізації. У регіоні наявна також велика кількість свердловин і джерел, мікрокомпонентний склад яких взагалі не визначений або протягом останніх років не досліджували.

Для отримання даних щодо макро- та мікрокомпонентного складу природних мінеральних вод Прикарпатського регіону України відібрано проби підземних вод із джерел і свердловин, що на даний час експлуатуються та перспективних, у Івано-Франківській та Львівській обл. Результати досліджень представлені в табл. 2.

На території Івано-Франківської обл. кондіційний вміст селену визначено у мінеральних водах св. 1 (м. Косів) і св. 7-А (м. Верховина). Слід зазначити, що води з кондіційним вмістом селену зустрічаються дуже рідко.

Вода св. 1 відкрита на глибині 20 м і за своїм хімічним складом відповідає мінеральній хлоридно-натрієвій воді "Миргородська". За такої глибини свердловини живлення води може відбуватись лише внаслідок вихідного глибинного підтоку. Це припущення підтвержено наявністю різноманітних мікроелементів у складі води. Автори рекомендують розглядати цю мінеральну воду не тільки як типу "Миргородська", але й як селенисту, що значно підвищує її цінність.

Свердловина 7-А розкрила у відкладах палеогену воду, що за хлоридно-натрієвим складом і мінералізацією 4,2 г/дм<sup>3</sup> також належить до мінеральних вод типу "Миргородська".

Підвищений вміст селену зафіксовано у мінеральних водах Лучинецького родовища, розташованого поблизу м. Рогатин у межах Волино-Подільського і Прикарпатського басейнів. Водонесний горизонт приурочений до тріщинуватих мергелів верхньої крейди. Води напірні, дебіт основної св. 1-Л складає 80 м<sup>3</sup>/добу.

Вода сульфатно-гідрокарбонатно-натрієва з мінералізацією 2,64 мг/дм<sup>3</sup>.

Свердловини 1-С (гл. 30 м) та 729 (гл. 80 м), пробурені в районі с. Балухів, також приурочені до крейдових відкладів. Основні водовмісні породи — вапняки і пісковики. Вода св. 729 гідрокарбонатно-сульфатно-кальцієво-магнієва з мінералізацією близько 1 г/дм<sup>3</sup>.

Очевидно, значний вміст селену в даних водах — від 4 до 7 мкг/дм<sup>3</sup>, обумовлений підвищенням вмістом сульфатів у їх складі. За результатами спостережень у воді св. 729 концентрація селену іноді сягала бальнеологічно активної норми (10 мкг/дм<sup>3</sup>).

На території Львівської обл. у мінеральних водах Трускавецького і Східницького родовищ (як у джерельній, так і відкритій свердловинами) зафіксовано незначимий вміст селену — в межах 0,0001—0,001 мкг/дм<sup>3</sup>.

Враховуючи те, що, відповідно до геохімічних прогнозів, селен у природі асоціює з сіркою і, вірогідно, може утворювати підвищену концентрацію у водах, що формуються в гіпсових породах або поблизу сірчаних родовищ, було проведено дослідження мікроелементного складу мінеральних вод Шклівського і Немирівського родовищ та родовища с. Солуки.

Родовище, розташоване на західній околиці с. Шкло, приурочене до тріщинуватих різновидів записочених щільних глин, збагачених органікою, з прошарками вулканічних карбонатних пісковиків нижньосарматського під'ярусу. Водоносний горизонт залягає на глибині від 5—8 до 16—22,7 м, обмежений з усіх сторін розломами і має локальне поширення. Живлення водоносного горизонту здійснюється за рахунок вод четвертинних відкладів та атмосферних опадів, формування хімічного складу мінеральних вод відбувається безпосередньо в піщано-глинистій верстві за рахунок вилуговування з водовмісних порід. Вода св. 1 (гл. 11 м, бювет санаторію "Шкло") гідрокарбонатно-сульфатно-натрієво-кальцієвого типу з мінералізацією 0,75 г/дм<sup>3</sup>.  $C_{\text{орг}}$  валове становить 18,6 мг/дм<sup>3</sup>, тому вода має нафтусеподібну дію. Концентрація селену у воді незначна.

У межах Передкарпатського прогину знаходиться гіпсоангідритовий горизонт, який утворює сірконосний басейн. На Немирівському родовищі самородної сірки вміст сірководню у воді сягає 370 мг/дм<sup>3</sup>. У 7 км від родовища пробурена св. 3-РК "Анна" (гл. 100 м). Вода хлоридно-гідрокарбонатно-натрієва з мі-

нералізацією 1,32 г/дм<sup>3</sup>. Вміст селену у воді близько 5 мкг/дм<sup>3</sup>, тому вона може мати позитивний вплив на організм.

Солуцьке родовище підземних мінеральних вод розташоване за 15 км від м. Львів, на околиці с. Солуки Яворівського р-ну. Основна св. 11-41-Р експлуатується заводом, що розливає воду під назвою "Солуки". Глибина свердловини — 86 м, водовмісні породи — гіпсоангідрити, експлуатаційні запаси — 60 м<sup>3</sup> добу.

За хімічним складом вода сульфатно-хлоридно-натрієво-кальцієва з мінералізацією 3,45 г/дм<sup>3</sup>. За мікроскладом подібна до води св. "Анна" і містить таку саму концентрацію селену. Слід додати, що вода має відмінні органіолептичні властивості, можливо, завдяки нейтральному рН.

Необхідно зазначити, що в залежності від окисно-відновних умов (значення Eh потенціалу), селен у природних водах може існувати в різних міграційних формах [9]. У селенвмісних підземних водах з високим значенням Eh (понад 200 мВ) селен мігрує у вигляді  $\text{SeO}_3^{2-}$  аніонів. Такі води формуються в корі вивітрювання і переважно нейтральні. Селеністи ж підземні води з низьким значенням Eh (менш як –100 мВ) формуються в занурених ділянках. Вони мають підвищену мінералізацію і часто є сульфідними. Селен найчастіше мігрує у вигляді іонів  $\text{HSe}^-$ . Концентрація селену в підземних водах може залежати не лише від значення Eh потенціалу, але й від процесу селеноредукції.

**Висновки.** Вперше в Україні виявлено селеністи мінеральні води, концентрація селену в яких досягає і навіть перевищує бальнеологічно активну норму. Селен виявлено у водах глибинного походження — св. 7-А (м. Верховина) та св. 1 (м. Косів) — 12,5 та 20 мкг/дм<sup>3</sup> відповідно. Ідентифікація даних вод як селеністих значно підвищує їхню бальнеологічну цінність і розширює діапазон застосування.

Води з підвищеним вмістом селену (4—7 мкг/дм<sup>3</sup>) приурочені або до сульфатвмісних порід (Лучинецьке родовище), або до гіпсоангідритових відкладів (води, відкриті свердловинами в районі м. Немирів — св. 3-РК та с. Солуки — св. 11-41). Вміст селену, вищий від фонового, переважно зафіксовано у природних водах із мінералізацією понад 1 г/дм<sup>3</sup>. На цьому тлі вирізняється вода із св. 77 (с. Романівка), мінералізація якої складає 0,803 г/дм<sup>3</sup>. Зважаючи на те, що під час буріння свердло-

вини на глибині 60 м у воді визначено значну концентрацію селену (до 0,04 мг/дм<sup>3</sup>), необхідним є проведення подальших гідрогеологічних досліджень у даному регіоні.

Однак для визначення перспектив практичного застосування відкритих мінеральних вод слід провести подальші комплексні дослідження, що включають оцінку якості води в залежності від сезону і режиму експлуатації свердловин, встановлення механізмів біологічної дії мінеральних вод за різних умов застосування й ефективності їх використання для профілактики та корекції порушень в організмі.

Таким чином, у зв'язку з забрудненням доквілля хімічними речовинами і радіонуклідами, дефіцитом селену в продуктах харчування, поширенням захворювань, пов'язаних з порушенням селенового статусу організму, проведення селенопрофілактики і селенотерапії населення України є актуальним завданням. Вивчення форм міграції селену у природних мінеральних водах, механізмів їх біологічної дії, можливості довгострокового збереження лікувальних властивостей дасть наукову основу для розробки рекомендацій щодо їх широкого застосування з метою оздоровлення населення України.

1. Авцын А.П., Жаворонков А.А., Рош М.А., Строчкова Л.С. Микроэлементозы человека. — М.: Медицина, 1991. — 496 с.
2. Алекин О.А., Семенов А.Д., Скопинцев Б.А. Руководство по химическому анализу вод суши. — Л.: Гидрометеиздат, 1973. — 269 с.
3. Вступ до медичної геології / За ред. Г.І. Рудька, О.М. Адаменка. — К.: Академпрес, 2010. — Т. I. — 736 с.
4. ДСТУ 878-93. Води питні мінеральні. — Перевид., трав. 1996. — К., 1996. — 88 с. — (Держстандарт України).
5. ДСТУ ISO 5667-11 : 2005. Якість води. Відбирання проб. Ч. 11. Настанови щодо відбирання проб підземних вод (ISO 5667-11 : 1993, IDT).
6. ДСТУ ISO 5667-14 : 2005. Якість води. Відбирання проб. Ч. 14. Настанови щодо забезпечення якості відбирання та оброблення проб природних вод (ISO 5667-14 : 1998, IDT).
7. ИСО 10530. Сероводород и сульфиды. Фотометрическое определение с диметилпарафенилдиаминном.
8. Классификация минеральных вод Украины / Под ред. В.М. Шестопалова. — Киев: Макком, 2003. — 121 с.
9. Крайнов С.П., Гудзь З.Г., Закутан В.П. и др. Геохимия селена в подземных водах // Геохимия. — 1983. — № 3. — С. 359—374.
10. Норми фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах та енергії: Додаток

до наказу М-ва охорони здоров'я України від 18.11.99, № 272.

11. ОСТ 41-08-212-82. "Управление качеством аналитической работы. Классификация методов анализа минерального сырья по точности результатов".
12. Спірїчев В.Б., Донченко Г.В., Блажеєвич Н.В. та ін. До 20-річчя Чорнобильської аварії. Вивчення вітамінного статусу та забезпеченості мікро- та макроелементами окремих груп людей в різні періоди часу після аварії на ЧАЕС // Укр. біохім. журн. — 2006. — 78, № 2. — С. 5—26.
13. Сулейманов С.П., Люта Н.Г. Селен у деяких об'єктах довкілля України // 36. наук. пр. УкрДГРІ. — 2006. — № 1. — С. 133—140.
14. Шаповал О.Н. Витамины и минералы — высокое качество жизни // Провизор. — 2006. — Вып. 3. — С. 7—10.
15. Шестопалов В.М., Моїсєєва Н.П., Моїсєєв А.Ю. Оцінювання бальнеологічно активних концентрацій мікроелементів у мінеральних водах // Вісн. НАН України. — 2008. — № 7. — С. 22—29.
16. Шестопалов В.М., Негода Г.М., Моїсєєва Н.П. та ін. Формування мінеральних вод України. — К.: Наук. думка, 2009. — 312 с.
17. Янчев В.К., Сулейманов С.П., Решетов И.К., Углова Т.И. Экологические проблемы появления техногенного селена в природных водах в районах развития теплоэнергетики. // Экологические проблемы городов, рекреационных зон и природоохранных территорий. — Одесса: ОЦНТЭИ, 2000. — С. 303—307.

Надійшла 14.03.2011

*В.М. Шестопалов, А.Н. Пономаренко, А.Ю. Моїсєєв, А.І. Самчук, Н.П. Моїсєєва, Э.С. Попенко*

#### СЕЛЕН В ПРИРОДНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОДАХ ЗАПАДНЫХ РЕГИОНОВ УКРАИНЫ

Представлены результаты исследования содержания селена в природных минеральных водах Подольского и Прикарпатского регионов Украины. Открыты селенистые минеральные воды, в которых содержание селена превышает установленную минимальную бальнеологически активную концентрацию (10 мкг/дм<sup>3</sup>). Содержание селена 12,5—20 мкг/дм<sup>3</sup> установлено в водах глубинного происхождения. Воды с повышенным содержанием селена приурочены к сульфатсодержащим породам или гипсоангидритным отложениям.

*V.M. Shestopalov, O.M. Ponomarenko, A.Yu. Moiseev, A.I. Samchuk, N.P. Moiseeva, E.S. Popenko*

#### SELENIUM IN NATURAL MINERAL WATERS OF THE WESTERN REGIONS OF UKRAINE

The results of selenium research in natural mineral waters from Podolian and Pre-Carpathian regions (Ukraine) are presented. Selenium mineral waters in which the selenium content exceeds the fixed minimum balneological active concentration have been found. Selenium was found in deep-seated waters (12.5—20 µg/dm<sup>3</sup>). Waters with high selenium content are confined to rocks containing sulfate or gypsum-anhydrite sediments.