

<https://doi.org/10.15407/mineraljournal.43.01.051>
УДК 556.314.6.0.82.543.422.24

В.М. Шестопапов, д-р геол.-мін. наук, проф., акад. НАН України
Інститут геологічних наук НАН України
03054, м. Київ, вул. О. Гончара, 55-б
E-mail: vmshest@gmail.com; ScopusID 7005559051

А.Ю. Моїсєєв, канд. біол. наук, старш. наук. співроб.
Інститут геологічних наук НАН України
03054, м. Київ, вул. О. Гончара, 55-б
ScopusID 36191088400

Н.П. Моїсєєва, канд. хім. наук, пров. наук. співроб.
Інститут геологічних наук НАН України
03054, м. Київ, вул. О. Гончара, 55-б
ScopusID 7005063353

М.О. Дружина, д-р біол. наук, пров. наук. співроб.
Інститут експериментальної патології, онкології
і радіобіології ім. Р.Є. Кавецького НАН України
03022, м. Київ, Україна, вул. Васильківська, 45
E-mail: druzhyna@nas.gov.ua; ScopusID 6504487049

Г.В. Лєсюк, мол. наук. співроб.
Інститут геологічних наук НАН України
03054, м. Київ, вул. О. Гончара, 55-б
E-mail: lesiuk.galya@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-7218-2358>

МІНЕРАЛЬНІ ВОДИ СХІДНОГО РЕГІОНУ УКРАЇНИ

Розглянуто питання поширення, формування і хімічного складу мінеральних вод Східного регіону України, зокрема Донецької, Луганської і Харківської областей. Означено основні типи найхарактерніших для сходу України мінеральних вод. Розглянуто їх формування та розповсюдженість у даному регіоні. Вивчено прояви залізистих, бромних, борних та йодних вод, що значно розширює гідромінеральні бальнеологічні ресурси. Вивчено бальнеологічну дію залізистих мінеральних вод на організми, що зазнали радіологічного впливу. Оскільки одним з наслідків радіаційного ураження є порушення окисного гомеостазу, досліджено вплив залізистих мінеральних вод на перебіг вільнорадикальних процесів у організмі за умов його опромінення. Досліджено особливості органічного складу і біологічних властивостей Березівських мінеральних вод з метою відповідності їх мінеральним водам типу "Нафтуся". Встановлено, що Березівські мінеральні води не мають вираженої радіомодифікаторної дії. Вони інгібують ферментативну активність каталази — головного регулятора окисного метаболізму, що призводить до погіршення життєздатності організму після опромінення. За отриманими даними маспектрів, активні органічні речовини різних класів, що входять до мінеральних вод типу "Нафтуся" відмінні від органічних речовин Березівських мінеральних вод якісно і кількісно. Тому їх не можна віднести до мінеральних вод типу "Нафтуся". Також здійснено дослідження і отримано масив статистичних даних, які показали, що мінеральні води Подільського регіону, води "Нафтуся" і "Березівські" мають кількість пестицидів у концентраціях менше 0,01 нг/дм³, тобто в 10 000 разів менше від їх допустимих концентрацій за міжнародними нормами. На основі отриманих даних зроблено надзвичайно цінний висновок щодо якості мінеральних вод: води Березівського і Подільського родовищ містять пестициди 10⁻⁴ мг/дм³, що дає можливість широкого застосування та експорту українських мінеральних вод. Це має державне значення. Визначено перспективи розвитку використання мінеральних вод Східного регіону.

Ключові слова: мінеральні води, Східний регіон України, формування, поширення, хімічний склад, біологічні властивості вод.

Цитування: Шестопапов В.М., Моїсєєв А.Ю., Моїсєєва Н.П., Дружина М.О., Лєсюк Г.В. Мінеральні води Східного регіону України. *Мінерал. журн.* 2021. 43, № 1. С. 51—67. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.43.01.051>

Вступ. Економічне та соціальне становище в Україні потребує для лікування, профілактики та оздоровлення населення розповсюджених дешевих засобів для масового вжитку. Одними з таких засобів у питаннях оздоровлення є мінеральні води. Мінеральні води Східного регіону досить поверхнево вивчені. Науковий та практичний інтерес становить гідрогеологічний розріз Дніпровського і Донецького артезіанських басейнів (АБ), крайових зон, де водоносні горизонти та комплекси містять мінеральні питні підземні води на доступній глибині — 1000—1500 м і вище. Останні — води з підвищеним вмістом різноманітних бальнеологічно активних мікроелементів та сполук.

Метою роботи є узагальнення уявлень щодо поширення та формування мінеральних вод Східного регіону України з перспективою виявлення їх нових типів для подальшого застосування. Уперше здійснено детальне хімічне дослідження мікроелементів та, частково, органічних речовин, у підземних водах Березівського родовища. Здійснено біологічні дослідження дії цієї води на організм людини, функції якого порушені внаслідок радіаційного опромінення. Здійснено дослідження для встановлення аналогії Березівських вод з водами типу "Нафтуся" з метою розширення бальнеологічних показників Березівської води.

Вихідний матеріал та методи досліджень. Для роботи використано літературні і фондові матеріали та результати власних експериментів.

Відбір проб та визначення *макрохімічного* складу мінеральних вод виконано за загальноприйнятими стандартизованими методиками ДСТУ-ISO та ДСТУ-878-93 [8, 9].

Вміст мікроелементів у водах визначали за допомогою атомно-абсорбційного спектрофотометра "Сатурн-1" та масспектрометра *Thermo Finnigan Element-2* з приставкою лазерної абляції *New Wave UP-193 SS* на базі Центру колективного користування приладами співробітниками НАН України в Інституті геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка НАН України.

Вивчення органічних речовин. Визначення загального органічного складу виконано за допомогою методу сухого спалення Бакуліної-Скопінцева [1]. Часткове *визначення органічних речовин класу* поверхнево активних вуглеводів (ПАВ) виконано, застосовуючи метод аналізу високоефективної рідинної хроматографії з флуоресцентним детектуванням (ВЕРХФЛД).

Об'єктами вивчення були мінеральні води типу "Нафтуся" Збручанського родовища (св. 1650) і Березівського родовища (дж. 1). Аналіз концентратів ПАВ ($K = 1,10^3$) виконано на приладі *Waters 2690* з флуоресцентним детектором за таких параметрів: колонка розміром ($250 \times 4,6$ мм), сорбент — *LiChrosorb RP-18* (5 мкм), інжектований об'єм проби 50 мкл, рухома фаза — $\text{CH}_3\text{CN}(A) \text{H}_2\text{O}(B)$, градієнт насосу — від 0 % *A* до 100 % за 50 хв, температура термостату колонки 25 °С.

Біологічні дослідження мінеральних вод типу "Нафтуся" здійснено і описано раніше [16]. Дія води Березівського родовища досліджена на білих лабораторних нелінійних мишах-самках віком три місяці з віварію Інституту експериментальної патології, онкології і радіобіології (ІЕПОП) імені Р.Є. Кавецького НАН України. Миші розподілено на чотири групи: I — неопромінені на звичайному водному раціоні (контроль, *K*); II — неопромінені миші, що впродовж 14 діб вживали мінеральну воду (*MB*); III — опромінені миші (поглинена доза 5,0 Гр), які після опромінення впродовж 14 діб вживали мінеральну воду (*R + MB*); IV — опромінені миші (*R*, поглинена доза 5,0 Гр), які вживали звичайну воду.

Тварини першої і четвертої груп вживали питну воду з системи загального водопостачання. Тварини II і III груп випоювались водою з Березівського родовища мінеральних вод протягом 14 діб; III і IV груп опромінено одноразово на апараті РУМ-17. До того ж 14 і 21 добу після опромінення у тварин проводили забір крові для лабораторних досліджень.

Інтенсивність перебігу пероксидних процесів у крові тварин вивчали за допомогою методу кінетичних хемілюмінесцентних характеристик [23]. Активність каталази в крові визначали за допомогою методу [12], в основі якого лежить здатність пероксиду водню утворювати з солями молібдену стійкий забарвлений комплекс; значення активності каталази призводили до кількості еритроцитів у крові.

Експериментальні дані оброблено загальноприйнятими методами варіаційної статистики, розрахунки виконано з використанням програмних засобів *Microsoft Excel* [13].

Поширення мінеральних вод. Мінеральні води на Сході України розповсюджені переважно у межах півдня Донецького та Дніпровського АБ, між якими виступає меридіональне мезозойське підняття складчастої області Донбасу

[29]. Води приурочені до водоносних комплексів карбону, тріасу, юри та нижньої крейди нижнього гідрогеологічного поверху і верхнього — від верхньої крейди до четвертинних відкладів.

Мінеральні води Донецького АБ [20, 24]. Територія Донбасу відноситься до малозабезпечених районів підземними і поверхневими водами. Розповсюджені тут основні водоносні горизонти характеризуються низькою водозбагаченістю і містять зазвичай воду з мінералізацією 1–3 г/дм³.

У межах Донецького басейну основні водоносні горизонти відносяться до юрських, тріасових, пермських і кам'яновугільних відкладів. Водоносний горизонт юрських і тріасових порід, розвинутий на північному заході Донецького басейну. Водовмісними породами є пісковики і вапняки, які перешаровуються глинами. Пермський водоносний горизонт займає незначну площу у північно-західній частині Донбасу і характеризується низькою водозбагаченістю. Мінералізація води досягає 10 г/дм³ і це не дає змогу використовувати її для водопостачання.

Основну площу Донецького басейну займають водоносні горизонти кам'яновугільних відкладів, представлених пісковиками, аргілітами, алевролітами, вапняками та вугіллям. Місцями вони виходять на поверхню або перекриті малопотужним шаром четвертинних відкладів. Водозбагаченість незначна, але підвищується в напрямку півдня.

На водоносні горизонти кам'яновугільних покладів припадає орієнтовно 65 % від загальних водних ресурсів, а останні 35 % — на мезозойські і пермські відклади. Найзабезпеченіша питними підземними водами Луганська область [26], менше — Донецька, причому переважно солонуватими — до 10–20 г/дм³.

Донецький АБ має порівняно прості гідрогеологічні умови, характерні для геоструктур платформного типу. Всі осадові утворення, що мають акумулюючі властивості містять водоносні горизонти і комплекси, які умовно розподіляють на два поверхи. Верхній — водоносні горизонти від четвертинного до нижньокрейдового віку, гідравлічно пов'язані між собою і розміщені у зоні активного водообміну. Водозбагаченіший в його межах — водоносний горизонт верхньокрейдових відкладів. Нижній поверх — водоносні горизонти відкладів карбону, тріасу, юри і нижньої крейди — характеризується утрудненим водообміном.

У верхній частині геологічного розрізу до глибини майже 500 м, поширені переважно прісні і слабосолонуваті води різного складу — від гідрокарбонатного кальцієвого до хлоридного натрієвого. Глибше залягають солоні води, а на великих глибинах (понад 1000–1500 м) у північно-західній частині — високомінералізовані хлоридні натрієві розсоли з мінералізацією до 300 г/дм³, підвищеним вмістом *йоду* і *бром*у з температурою 50–77 °С. Цей район, зокрема південно-східне і південно-західне крила Кальміус-Торецької улоговини, є перспективним для використання *термальних* вод. На глибині орієнтовно 500 м відкриті хлоридно-сульфатно-гідрокарбонатні води з температурою 29–30 °С і мінералізацією 2–4 г/дм³. У східній частині Донбасу на глибинах до 3000 м циркулюють води хлоридно-натрієвого складу з мінералізацією 222 г/дм³ і температурою 77 °С.

Мінеральні води без специфічних компонентів Донецького АБ. Кліматичні та антропогенні умови регіону, густина населення зумовлюють підвищену потребу у питній воді, яка задовольнялася інтенсивним бурінням свердловин. Найбільшу кількість свердловин на мінеральні води (орієнтовно 500) пробурено на території Донецької області [20] переважно на невеликі глибини (орієнтовно 100 м), які приурочені до верхнього поверху — відкладів крейди. Ними розкриті мінеральні води невисокої мінералізації — 1–3 г/дм³. Породи водоносного горизонту: мергелі, крейда, піщані глини часто перекриті загіпсованими суглинками, що обумовлюють наявність сульфат-іонів у складі мінеральних вод. Маломінералізовані води даного горизонту хлоридно-гідрокарбонатно-сульфатні, сульфатно-хлоридні, сульфатні, сульфатно-гідрокарбонатні різного катіонного складу (табл. 1). Орієнтовно 80 % розкритих вод класифікуються як лікувально-столові різного макрокомпонентного складу без специфічних компонентів та властивостей. Це пов'язано з їх недостатнім вивченням.

Води без специфічних компонентів застосовуються під час різних порушень функції шлунково-кишкового тракту, захворювань печінки і жовчовивідних шляхів, периферійної нервової системи. Їх бальнеологічні властивості визначаються не лише мінералізацією, але й хімічним складом, до якого належать: катіони — натрій, кальцій, магній, калій; аніони — хлор, сульфат-іон, гідрокарбонати, іноді

Таблиця 1. Мінеральні води східних областей України
Table 1. Mineral waters of the Eastern regions of Ukraine

| № | Місце знаходження, район, св. | Гл., м | Геол. індекс, порода | Дебіт, м ³ /доба | М, г/дм ³ |
|--|--|------------|--|-----------------------------|----------------------|
| <i>Мінеральні води</i> | | | | | |
| <i>Мінеральні води</i> | | | | | |
| 1 | с. Бузинівка, Олександрівський р-н, св. 1 | 141 | T_3 верхній тріас | 28 | 1,8 |
| 1 | с. Григорівка, Амбросієвський р-н, св. 1 | 103 | C_1 карбон | 363 | 1,5 |
| 2 | с. Нікіфорова, Артем'ївський р-н, св. 1 | 100,7 | T_{3np}, T_{1sr} тріас верхній і нижній | 286 | |
| 3 | с. Максимільянівка, Мар'їнський р-н, св. 1 | 83,2 | $C_2 + K_{1-2}$ карбон, крейда | 1493 | 3,0 |
| 4 | с. Богатир, Великоновоселківський р-н, св. 1 | 197,2 | C_1 карбон | 2176,8 | 1,9 |
| 5 | с. Клинове, Артем'ївський р-н, св. 1 | 70 | P_1kr палеоцен | 259 | 1,3 |
| 26 | Старобешівський, Тельманівський, Шахтарський р-ни, ряд св. | 80—130 | C_1 карбон | 95—480 | 2—7,5 |
| <i>Мінеральні</i> | | | | | |
| 6 | с. Зелений Гай, Волноваський р-н, св. 1, 2 | 70 84,2 | $AR-PR_1$ архей-протерозой | 232 232 | 2,6 1,6 |
| 7 | с. Кірове, Краснолиманський р-н | 136 | T_{1sr} тріас | 45 | 3,6 |
| <i>Мінеральні води з підвищенням</i> | | | | | |
| 8 | с. Хомутове, Новоазовський р-н | 300 | $K_2 + P_2$ крейда, палеоцен | 424 | 4,3 |
| 9 | с. Червоноармійське, Новоазовський р-н | 210 | $AR-PR_1$ | 493 | 22,0 |
| 10 | м. Новоазовськ, св. 26 | 503 | P_2 палеоцен | 89 | 9,0 |
| 11 | смт Ялта, Новоазовський р-н, св. 1, 2 | 435 234 | $AR-PR_1$ архей-протерозой | 35 35 | 38,9 15,5 |
| 12 | Там само | 1104 | K_{1-2} крейда, верхня | 311 | 19,1 |
| 13 | с. Юр'ївка, св. 1 | 60 | N_2km неоген | 52 | 12,9 |
| 14 | с. Мелекіно, св. П-30, П-31 | 377 | K_{1-2} крейда | 192 | 46 |
| 15 | м. Слов'яногірськ, св. Сл-9, Сл-11, 18 | 588 | T_1dr тріас | 46 21—44 | 17 16—25 |
| <i>Мінеральні води з підвищенням вмістом йоду,</i> | | | | | |
| 14 | м. Маріуполь | 110 | $AR-PR_1$ архей-протерозой | 147 | 11,6 |
| 15 | м. Маріуполь, поруч зі св. 333; там же 5 св-н йодо-бромні, борні, залізисті з гл. до 740 м | 781 | P_{2-3} палеоцен | 86,4 | 45 |
| 19 | від Азовського моря 3,1 км на ПнСх, св. 1 | 276 | K_{2s} крейда | 161,6 | 17,5 |
| 21 | с. Мелекіно, св. П-28 | 148 | N_2km неоген | 309 | 2,8 |
| 23 | Там само, св. П-36 | 1109 | P_{1-2} палеоцен | 691,2 | 32 |
| 25 | Слов'яногірськ, св. Сл-19 | 45,3 | T_1pr тріас | 143 | 0,3 |

| Тип води, формула Курлова | Мікроелементи, мг/дм ³ | Використання |
|---|--|--|
| <i>Донецької області без специфічних компонентів</i> | | |
| Cl52 SO ₄ 35 Na43Ca34Mg23 SO ₄ 67 Cl33 Na37Mg35Ca38 SO ₄ 81 Na38Ca41Mg21 Cl84 Na91 SO ₄ 35HCO ₃ 20 Na43Ca34Mg22 SO ₄ 35HCO ₃ 45 Na43Ca34Mg23 SO ₄ 62 Cl35 Na41Ca33Mg26 | БСК, ЛС БСК, ЛС БСК, ЛС БСК, ЛС БСК, ЛС БСК, ЛС БСК | Технічне водопостачання Питна " Експлуатаційна |
| <i>води різні</i> | | |
| SO ₄ 74 Na48Mg28Ca24 SO ₄ 64HCO ₃ 31 Na47Ca28Mg25 Cl92 Na88 | Rn — 16,5nku Радонова, БЛ Rn — 17,5nku H ₂ S — 10 Сульфідна, БЛ | Не використовується Стихійне використання |
| <i>вмістом бору, брому, йоду</i> | | |
| Cl89 Na91 Cl98 Na82 Cl96 Na88 Cl99 Na84 Cl98 Na84 Cl95 Na84 Cl99 (Na + K)85 Cl91-95 Na42 Ca40 | J — 6,8 ЛС Br — 37,2, H ₃ BO ₃ — 67, БЛ J — 6,0; H ₃ BO ₃ 31 — 84; Br — 58,8, H ₃ BO ₃ — 69,6 Br — 76,4—92,3; J — 16; H ₃ BO ₃ — 57,0 Br — 74,5; J — 5,3 Br — 100,4; H ₃ BO ₃ — 39,5 Br — 25; H ₃ BO ₃ — 30,9 Br — 85—101; J — 5,16 — 7,8; H ₃ BO ₃ — 35—48 Br — 36,3—125 | " " " "Хадиженська" БЛ, лікарні Пошукова на мінеральні води Пошукова на мінеральні води БЛ Пошукова на мінеральні води " " " " |
| <i>бору, брому та/або заліза</i> | | |
| Cl99 Na82 Cl99 Na84 Cl98 Na90 Cl71 (Na + K)64 Cl99 Na86 SO ₄ 59 Cl23 Ca63Na13Mg12 | H ₃ BO ₃ — 69,6; Fe _{зар} — 30,0 J — 7,12—10,22; Fe — 1—20; Br — 101 Br — 39; Fe — 15; H ₃ BO ₃ — 50,2—64,5 Fe — 60—100 Fe — 35—50; Br — 51—66,4; J — 6,75; H ₃ BO ₃ — 39,5—42,3 Fe — 23,7—33,2 | ЛС "Демидівська", за чотирикратного розбавлення Картувальна гідрогеологічна Пошукова на мінеральні води " " " " " " " " |

| № | Місце знаходження, район, св. | Гл., м | Геол. індекс, порода | Дебіт, м ³ /доба | М, г/дм ³ |
|------------------------|--|-----------|--|-----------------------------|----------------------|
| <i>Мінеральні води</i> | | | | | |
| 27 | Білокурський, Новопокровський, Марківський р-ни, 9 св. | 215—841 | C ₁₋₂ карбон | 1—20 дм ³ /с | 1,3—12,1 |
| 28 | Мілоський, Сватівський р-ни | 248—628 | C _{1, 2} карбон, юра | 0,2—20,6 | 1,7—3,7 10,3 |
| 30 | Біловодський р-н, св. Л-5257 | 310 | C ₁ карбон | | 13,9 |
| 31 | св. К-3282 | 600 | — | | 8,4 |
| 32 | св. Л-4966 | 752 | — | | 13,8 |
| 33 | св. К-3286 | 407 | — | | 14,3 |
| 34 | св. К-2383 | 592 | — | | 15,9 |
| 35 | св. Л-4880 | 707 | — | | 18,0 |
| 36 | св. К-2223 | 360 | — | | 10,3 |
| <i>Мінеральні води</i> | | | | | |
| <i>Мінеральні води</i> | | | | | |
| 35 | Березівське родовище | 242 | Бучак, пісковик | 659—750 | 0,75 |
| 36 | Рай-Оленівське родовище, св. 1 | | " " | | 0,82 |
| | с. Рогозянка, св. | 35 | Бучак, пісковик, пісок | | 0,55 |
| <i>Мінеральні води</i> | | | | | |
| 37 | Дементьєво, св. 1 | | Пісок | | 0,82 |
| 38 | св. 61 | | Пісок, пісковик | | 0,74 |
| 39 | Коробів хутір, дж. | | " " | | 0,3 |
| 40 | Верхня Усновка, св. | 15,5 | " " | | 0,64 |
| 41 | Ізюмський р-н, с. Заводи, св. | | Пісок, глина | | 1,3 |
| 42 | Ряд свердловин | 2600—3000 | Нижньокам'яновугіл. | 170—200 | |
| <i>Мінеральні води</i> | | | | | |
| 43 | Свердловини | 1676—2078 | Тріас-верх. перм, пісковики, алевроліти | 110—130 | |
| 44 | Свердловини | 2000—3000 | Нижньо-пермсько- вугільний | 200—300 | |
| 45 | Ряд свердловин | 2600—2900 | Середньокам'яновугільний | 170—200 | |
| <i>Мінеральні води</i> | | | | | |
| 46 | Ряд свердловин | | Середньокам'яновугільний | | 0,75—12 |
| 47 | Ізюмський р-н, св. | 300 | Те саме | | 1,3—5,3 |
| 48 | м. Красноградськ, св. 1 | | Пісок, глина | | 0,7 |
| 49 | с. Догаївка, Балаклійський р-н, св. | | " " | | 0,88 |

Закінчення табл. 1
The end of Table 1

| Тип води, формула Курлова | Мікроелементи, мг/дм ³ | Використання |
|---|---|---|
| <i>Луганської області (різні)</i> | | |
| Cl/Na; Cl/Na-Ca Cl57-84SO ₄ 10-30HCO ₃ 34 Na57-76 Ca25 Mg10-20 SO ₄ 24HCO ₃ 18 Na48-76Ca14-28Mg6-24 | H ₂ S — 10—17,33; HBO ₂ — 27,2 Fe — 10,6—23,8 Sr — 49,2 Sr — 69,2 Mn — 7,5 Sr — 27,0 Sr — 69,2 Al — 15,0 Fe — 23,83; Sr — 29,5 | Тип "Хілово" Розлив Л/С типу "Стара Руса" "Білогірська" "Одеська" "Старобельська" "Сакська" "Кемеровська" |
| <i>Харківської області</i> | | |
| <i>крем'янисті</i> | | |
| HCO ₃ /Ca Mg Na HCO ₃ /Ca Mg Na HCO ₃ /Ca Mg Na | H ₂ S — 0,5—1,7; C _{орг} — 18; H ₂ SiO ₃ — 61 H ₂ S — 0,5—1,7; C _{орг} — 14; H ₂ SiO ₃ — 41 H ₂ SiO ₃ — 60 | Санаторій, Л/С "Березівська" Санаторій |
| <i>залізисті</i> | | |
| SO ₄ — HCO ₃ /Ca Na Mg HCO ₃ SO ₄ /Ca Na HCO ₃ /Na Ca HCO ₃ /Ca Mg Na SO ₄ 59HCO ₃ 21 Ca41Na34Mg22 Cl/Na-Ca | Fe — 10,4 H ₂ SiO ₃ — 56 Fe — 15,0 H ₂ SiO ₃ — 56; Fe — 30 H ₂ SiO ₃ — 45; Fe — 14 Fe — 13,0 Br; J, B, Fe | |
| <i>бромні, борні, йодні</i> | | |
| Cl/Na Cl/Na Cl/Na-Ca | Br; J, B Br; J, B Br; J, B | |
| <i>різні</i> | | |
| Cl/Na, HCO ₃ -Cl/Na; Cl-SO ₄ -HCO ₃ /Na Ca Cl/Na-Ca Cl72HCO ₃ 19 Na87 HCO ₃ 52SO ₄ 23Cl21Na97 | БСК Rn — 50 еман радонова C _{орг} — 34 C _{орг} — 11 | |

карбонати. Вважаємо, що істотний вплив на організм мають деякі компоненти, коли їх вміст у воді становить не менше 20 % мг-екв/дм³ [10].

Води, що містять сульфат-іони, призначають унаслідок захворювань шлунку, кишківника, печінки, жовчнокам'яних утвореннях, порушення обміну речовин. Сульфатно-хлоридні та хлоридно-сульфатно-гідрокарбонатні води мають подібні медичні показання.

Із заглибленням горизонту, води переходять у хлоридні натрієві. А за наявності відновлюваної обстановки та органічних речовин ($C_{орг}$), проявляються як сірководневі води. Поблизу с. Кірово Краснолиманського району (табл. 1) у пісковиках нижнього тріасу виявлено гідрокарбонатні натрієві сульфідно-йодисті води з мінералізацією 4,2 г/дм³, H_2S — 11–13, J — 13,1 мг/дм³. Визначені вуглеводи та карбонові кислоти свідчать про участь органічних речовин у процесах формування. Води застосовують під час лікування опорно-рухового апарату, периферійної нервової системи тощо. Подібні умови формування у межах Донецького басейну значно поширені, зокрема, у заглиблених палеогенових та крейдових водоносних породах, тому дана територія перспективна для пошуку сірководневих вод. За результатами вивчення їх бальнеологічні показники можна розширити.

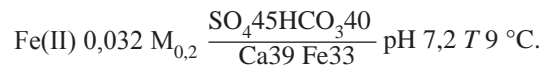
Залістисті води. Курорти, які спеціалізуються на залістистих сульфатних або хлоридних водах — в Італії, Бельгії, Німеччині, у Росії ("Марциальні води", "Полюстрово", Железноводськ), Карловварські джерела — відомі здавна. В Україні найбагатші родовища гідрокарбонатних залістистих мінеральних вод поширені в Закарпатті [16]. Біологічно активним компонентом цих вод є двовалентне залізо гірських порід, до яких переважно належать мінерали: магнетит, лімоніт, сидерит, пірит, марказит тощо. У процесі їх руйнування, найчастіше під впливом вугільної кислоти і води, Fe (II) мігрує у воду, здебільшого, у вигляді гідрокарбонатів.

Формування залістистих мінеральних вод пов'язано також з процесами окиснення порід, що містять сульфідні металів [19]. Ці процеси відбуваються у межах вугільних басейнів Донбасу, а також на площах поширення строкатих порід, вугленосних сланців та на ділянках з колчеданними рудами. Залістисті води формуються переважно у різко окиснюваль-

них або різко відновлювальних геохімічних умовах, пов'язаних з органомісними породами, значно поширеними у Донбасі. Сульфатні кислі поліметалеві залістисті води формуються у зоні окиснення сульфідних родовищ. Окрім заліза в їх катіонному складі можуть бути мікроелементи — алюміній, мідь, манган тощо.

Найвідоміше родовище у Східному регіоні залістистих мінеральних вод у районі м. Слов'яногірськ*. Водоносний горизонт мінеральних вод залягає на глибині 34–45 м і приурочений до пісковиків протопівської світи верхнього тріасу. Джерелом заліза у воді є пірит. Води сульфатно-гідрокарбонатного кальцієвого типу з мінералізацією 0,2 г/дм³, вміст Fe (II) 32 мг/дм³, рН 7,2.

Формула Курлова:



Відомо [6], що залізо належить до есенціальних мікроелементів і його вміст в організмі людини масою 70 кг становить 3–5,5 г, з яких 75 % входять до складу гемоглобіну та міоглобіну. Залізо бере участь у важливих окисно-відновлювальних процесах, які регулюють дихальну та метаболічну активність клітин і тканин, у транспорті кисню і діоксиду вуглецю, у процесах кровотворення, в імунобіологічних реакціях, входить до складу понад 100 ферментів та ДНК, цитохромів, оксидоредуктаз. Незначна кількість вільних іонів заліза є у плазмі крові. Численні фізіологічні функції організму, пов'язані з окисно-відновними і ферментативними процесами, реалізуються за участі заліза або його комплексів.

Здебільшого, населення не має уявлення щодо наслідків пов'язаних із дефіцитом заліза. Проте, за даними ВООЗ, залізодефіцитна анемія — найрозповсюджене у світі захворювання, від якого потерпають 4–5 мільярдів людей (66–80 % населення планети); з них майже 2 млрд хворі на залізодефіцитну анемію, серед них 26 % дітей. В Україні цей показник, згідно з даними ОХМАТДИТ**, досягає понад 65 % (наприклад, у США — 2 %), тобто на рівні країн третього світу. Недостатній вміст заліза

* 15 травня 2003 року Слов'яногірськ офіційно перейменовано на Святогірськ.

** ОХМАТДИТ (охорона материнства та дитинства) — багатопрофільний діагностично-лікувальний заклад (м. Київ).

провокує розвиток патологій: залізодефіцитних анемій, гіпоксії, що призводить до порушення функцій центральної нервової і серцево-судинної систем. Дефіцит мікроелементів заліза лікується за допомогою збагачених залізом препаратів або мінеральних вод.

Згідно із даними Н.І. Кушакової, яка здійснила детальне дослідження на Слов'яногірському курорті (Донецька обл.), всі препарати простих солей заліза спричиняють досить багато ускладнень. Це пояснюється їх дисоціацією на вільні іони заліза, які можуть бути токсичними через їх здатність денатурувати білки і спричинити запалення. Тому безконтрольне вживання залізовмісних препаратів, навіть у комплексі з вітамінами, може бути небезпечним для здоров'я.

Застосування залістистих мінеральних вод Келечинського та Сойминського родовищ [7] забезпечило високу ефективність лікування не тільки анемій, але й захворювань шлунково-кишкового тракту, гепатобіліарної системи, сечовивідних шляхів, хвороб обміну речовин. Подібні результати отримано і під час вивчення Слов'яногірської мінеральної води.

За даними А.Ю. Моїсеева [17], бальнеологічна активність залістистих мінеральних вод значною мірою залежить від природи лігандів, що виражається формами міграції заліза.

Відомо, що залізо (II) діє ефективніше у випадку його надходження в організм у вигляді карбонатних або аксорбатних комплексів, а не сульфатів чи хлоридів, оскільки воно легко вбудовується в порфіринові кільця крові, які мають у бокових ланцюгах групи $-C=O$ і $-C-O-OH$. Цим пояснюється те, що для лікування найціннішими є гідрокарбонатні залістисті води, які утворюють комплекси заліза, що легко засвоюються. За результатами дослідження, орієнтовно 88 % Fe (II) мінеральних вод мають форму складних комплексних сполук, 11 % Fe (II) утворюють низькомолекулярні катіонні комплекси, 1 % — аніонні. Згідно з теоретичним розрахунком та аналізом, лігандами у гідрокарбонатних водах є переважно гідрокарбонатні іони.

Під час виходу з водоносного горизонту "активне" Fe (II) поступово переходить в "неактивне" Fe (III), що потребує стабілізації залістистих мінеральних вод у ході зберігання. В основу методу їх стабілізації покладено утворення комплексів двовалентного заліза з вищими константами стійкості. Позитивні резуль-

тати отримано під час застосування аскорбінової або лимонної органічних кислот [28].

Вивчення залістистих мінеральних вод потребує не тільки їх виявлення, але й подальшого дослідження їх біологічних властивостей.

Оскільки одним з наслідків радіаційного ураження є порушення окисного гомеостазу, нами досліджено [16, 22] вплив залістистих мінеральних вод на перебіг вільнорадикальних процесів у опроміненому організмі, з метою встановлення можливості застосування води для лікування і профілактики населення, яке постраждало від наслідків аварії на Чорнобильській АЕС.

Встановлена висока ефективність застосування залістистих мінеральних вод за одним із основних критеріїв оцінки модифікаторів — виживання тварин, яке у групі експериментальних тварин, випоюваних мінеральними водами, складає 89 %, на відміну від 56 % у групі опромінених тварин, які не пили залістисту мінеральну воду. Отже, виживання експериментальних тварин було у 1,8 разів більшим, ніж контрольних, опромінених тварин, тобто виявлений новий напрям застосування залістистих вод — унаслідок екологічних катастроф.

Перспективні прояви залістистих мінеральних вод у Східному регіоні спостережено також у зоні приморського району. Води глибоких свердловин приморського району по мірі заглиблення переходять в хлоридно-натрієві розсоли з вмістом бромиду, йоду та бору, іноді заліза у біологічно активних концентраціях. Мікроелементний склад вод не визначений, за винятком заліза, яке легко ідентифікується за допомогою хімічного методу навіть у польових умовах.

Мінеральні води Дніпровського АБ. Дніпровський АБ є найбільшим в Україні. Він охоплює систему водоносних горизонтів у палеозойських, мезозойських і кайнозойських відкладах, загальна потужність яких досягає кількох кілометрів. Характерною особливістю Дніпровського АБ є високе гіпсометричне положення його північно-східного крила, порівняно з південно-західним, і глибоке занурення водоносних горизонтів у центральній частині. Відклади кайнозою і, частково, мезозою — палеогенові, сеноман-нижньокрейдові та юрські, за винятком центральної зануреної частини басейну, вміщують потужну зону прісних вод високої якості. Найпотужніша зона (300—800 м) прісних вод розташована у крайніх частинах

басейну вздовж Українського щита і Воронізького кристалічного масиву. Під час заглиблення водовмісних порід у центральній частині АБ умови водообміну поступово утруднюються, тому на значній глибині повсюдно у породах палеозою і, частково, мезозою, поширені високомінералізовані мінеральні води та розсоли. Зона інтенсивного водообміну обмежується глибиною врізу місцевої гідрографічної мережі, і умови формування підземних вод у ній пов'язані, переважно, з фізико-географічними факторами, в яких головну роль відіграє вилуговування порід. Зона значного водообміну відокремлюється регіональним водотривом київських глин. Формування хімічного складу підземних вод відбувається в умовах добре промитих відкладів — на схилах басейну і солонуватих та солоних — в його центральній частині, де розвинені зони утрудненого і дуже утрудненого водообміну, які розділені між собою товщею пермських глин і соляних пластів. Отже, залежно від умов формування хімічного складу підземних вод, у Дніпровському АБ встановлюється вертикальна гідрохімічна зональність, відповідно до якої у розрізі осадової товщі виділяються три зони: 1) зона гідрокарбонатних кальцієвих вод; 2) зона гідрокарбонатно-хлоридних натрієвих або хлоридно-гідрокарбонатних натрієвих вод; 3) зона хлоридних натрієвих і натрієво-кальцієвих солонуватих, солоних та розсолених вод. Гідрохімічна зональність порушується у районах солянокупольних структур і у межах бортових частин басейну.

Мінеральні йодо-бромні води. Йод і бром — есенціальні елементи. Медичні показання для лікування йодо-бромними та бромними водами детально описані [4, 15].

Йод і бром — хімічні елементи підгрупи галогенів, всі сполуки яких розчинні у воді і легко вилуговуються із гірських порід. Концентрація йоду у відкладах залежить від вмісту у них тонкої фракції органічних речовин, наприклад, у глинистих та нафтогазоносних відкладах. Дані про гідрохімічні особливості йоду [21, 25, 30] досить суперечливі. Йодні мінеральні води формуються переважно на значних глибинах у зоні утрудненого водообміну, за гідрогеологічної закритості структур, що сприяє збереженню леткого йоду. Виявлено приуроченість висококонцентрованих йодних вод до газових родовищ [5].

Геохімічна роль броміду і йодиду подібні, проте, на відміну від йоду, під час випаровування мор-

ської води бром залишається у ропі, де його вміст у десятки разів більший, ніж у морській воді. Бром розповсюджений у підземних водах і, як правило, його концентрації прямо пропорційні мінералізації вод і кількості в них хлоридів кальцію. Головним фактором у формуванні бромних і йодних вод є процес віджимання седиментаційних вод і подальшої їх метаморфізації.

Залягаючи на значних глибинах, йодо-бромні води є термальними (на глибині 1—3 км — до 100 °С), що передбачає наявність мікроелементів.

Залежно від концентрації йоду і броміду, є промислові (йоду >10 і броміду >250 мг/дм³), йодні (йоду >18 мг/дм³), бромні (броміду >250 мг/л) і мінеральні води, мг/дм³: бромні із вмістом броміду не менше 25, йодо-бромні, в яких броміду не менше 25, йоду — не менше 5 і йодні — в яких йоду не менше 5 [10, 11].

Найвідоміший курорт в Україні, де застосовуються для лікування йодо-бромні мінеральні води, розташований у м. Бердянськ (Запорізька обл.). Йодо-бромні води, які є на всій території Дніпровсько-Донецької западини, приурочені, переважно, до палеозойських відкладів — девонських, кам'яновугільних і нижньопермських. Ці відклади залягають під регіональними водотривами, представленими карбонатно-глинистою товщею нижнього карбону, галогенних і глинистих порід пермського віку та глинистих відкладів середнього тріасу (табл. 2) [5, 25].

З наведених даних у табл. 1, треба зазначити, що збагаченість на йод і бром у водах не корелюється із глибиною їх залягання.

Підземні води хлоридні натрієві та кальцієво-натрієві (хлоркальцієвого типу, за С.А. Суліним) з мінералізацією 81—260 г/дм³, яка збільшується у бік центральної частини западини.

Отже, у межах Дніпровсько-Донецької западини виявлено підземні води із кондиційним вмістом йоду і броміду у широко розповсюджених водоносних комплексах, починаючи з девонських і закінчуючи верхньо-кам'яновугільним — нижньо-пермським, які можна використовувати не тільки у бальнеологічних цілях, але й, можливо, розвивати промислове видобування йоду і броміду.

Проте під час оцінки можливості і доцільності промислового використання підземних вод і розсолів як мінеральних лікувальних вод, передусім варто враховувати незначну водо-

збагаченість водоносних порід та значні глибини залягання перспективної водоносної зони.

Крем'янисті мінеральні води. Найбагатший на ці води регіон — Харківська область, де поширені води з підвищеним вмістом кремнію у відкладах обухівської світи еоцену. На більшій частині площі товща порід поділяється на чотири прошарки — верхні глинисті, глинисто-піщані, глинисті та нижні — піщано-пісковикові. Глинисто-піщані та піщано-пісковикові породи характеризуються високою водоємністю, їх дебіти — 3—8 м³/год [14, 31].

Дослідження мінеральної води з Березівського родовища. До крем'янистих відносяться найвідоміші води Березівського та Рай-Оленівського родовищ, яких часто прирівнюють до мінеральних вод типу "Нафтуся".

Одне із джерел, розташованих на лівому боці Березівської балки, використовують як лікувальне з 1982 р. На його базі існує санаторій

"Бермінводи". Цей же горизонт експлуатується розташованим неподалік заводом розливу — ТОВ Завод "Березівські мінеральні води", який бере воду з двох свердловин № 2055/3 та 2316. Дебіт джерела — 4 дм³/с за пониження рівня у каптажному колодязі на 0,42 м. Підпитка горизонту відбувається переважно за рахунок інфільтрації атмосферних опадів.

На території Рай-Оленівського родовища пробурено свердловини 2-е, 15-Р і 16-Р, які розкрили мінеральні води типу "Березівська". Св. 2-е має глибину 66 м і розкрила піщано-глинисті відклади харківської серії в інтервалі 13,7—65,0 м, її дебіт — 410 м³/добу за пониження на 1 м, рівень води у ній встановився на гл. 22,8 м від поверхні. Св. 15-Р, пробурена на гл. 79 м, пройшла межигірсько-обухівський горизонт в інтервалі 10—78 м, а рівень у ній встановився на гл. 22 м від поверхні. Дебіт складав 178 м³/добу, за пониження на 0,8 м.

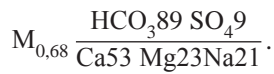
Таблиця 2. Вміст йоду та бром у підземних водах Дніпрово-Донецької западини

Table 2. Iodine and bromine content in groundwater of the Dnieper-Donetsk basin

| Номер | Інтервал опробування, м | Мінералізація, г/дм ³ | Концентрація, мг/дм ³ | |
|--|-------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------|
| | | | йод | бром |
| <i>Підземні води девонських відкладів</i> | | | | |
| 1 | 1170—1195 | 169,9 | Не вияв. | 20,89 |
| 2 | 1320—1345 | 137,1 | 5,0 | 177,0 |
| 3 | 1944—2488 | 245,6—260,3 | 50,7—146,48 | 75,7—362,5 |
| 4 | 2738—2744 | 134,9 | 5,34 | 242,16 |
| 5 | 3033—3043 | 215,8 | 4,0 | 330,8 |
| <i>Водоносний комплекс нижнього карбону</i> | | | | |
| 6 | 1375—1385 | 151,6 | 8,1 | 149,4 |
| 7 | 1816—1822 | 178,9 | 12,7 | 129,6 |
| 8 | 2296—2299 | 229,0 | 4 | 257—286,7 |
| 9 | 3388—3396 | 256,0 | 8 | 252 |
| 10 | 3657—3675 | 134,9 | 29 | 60 |
| 11 | 3893—3905 | 229,3 | 8,3 | 252,7 |
| <i>Вміст йоду і бром у підземних водах середнього карбону</i> | | | | |
| 12 | 1790—1795 | 143,7 | 10,4 | 290,4 |
| 13 | 1790—1794 | 143,7 | 8,4 | 552,0 |
| 14 | 2243—2255 | 179,7 | 15,1 | 428,1 |
| 15 | 2856—2865 | 312,3 | 22,34 | 39,85 |
| 16 | 2888—2894 | 212,0 | 5,1 | 362,3 |
| 17 | 3176—3186 | 210,7 | 6,0 | 735,2 |
| <i>Вміст йоду і бром у підземних водах верхнього карбону — нижньої пермі</i> | | | | |
| 18 | 1114—1253 | 172,2 | 15,23 | 416,3 |
| 19 | 1835—1846 | 219,0 | 15,7 | 358,0 |
| 20 | 2938—2946 | 235,8 | 8,2 | 480,5 |
| 21 | 3217—3226 | 298,7 | 34,8 | 632,48 |
| 22 | 2555—2567 | 96,8 | 31,8 | 162,8 |
| 23 | 2540—2549 | 224,2 | 14,81 | 538,12 |

Св. 16-Р має гл. 81,5 м, розкрила горизонт в інтервалі 10—81 м, її дебіт 173 м³/добу, за пониження на 1 м.

Хімічний склад використаної в експерименті мінеральної води з дж. 1 Березівського родовища. Формула іонного складу:



За результатами аналізу макро- та мікрокомпонентів, мінеральна вода з дж. 1 Березівського родовища належить до типу маломінералізованих гідрокарбонатно-сульфатних кальцієво-натрієвих крем'янистих вод з підвищеним вмістом органічних речовин. Концентрація марганцю 0,13 мг/дм³ досягає біологічно активної межі і дає змогу віднести її до поліметальних мінеральних вод. Вміст токсичних мікроелементів у воді не досягає БАК (табл. 3).

Дослідження природи органічних речовин. Емпірично встановлено, що Березівські мінеральні води характеризуються підвищеним вмістом органічних речовин — $C_{орг}$ валове до 20 мг/дм³ і наявністю сірководню, по деяких медичних показаннях подібні до мінеральних вод типу "Нафтуса", тому логічно припущено, що дія березівських мінеральних вод аналогічна до нафтусеподібних мінеральних вод. Це твердження потребувало детального хімічного та біологічного дослідження.

Застосовуючи метод аналізу ВЕРХФЛД, нами визначено у мінеральних водах Поділля — Збручанського (св. 1650), Калагарівського (св. 78) родовищ та Березівського родовища (дж. 1) поверхнево активні вуглеводи (ПАВ) та пестициди. Аналіз концентратів ПАР ($K = 1,10^3$) виконано на приладі Waters 2690 з флуоресцентним детектором за таких параметрів: колонка розміром (250 × 4,6 мм), сорбент — LiChrosorb RP-18 (5 мкм), інжектований об'єм проби 50 мкл, рухома фаза — CH₃CN(A) H₂O (B), градієнт насосу — 0 % А 100 % за 50 хв, температура термостату колонки 25 °С.

У мінеральній воді по типу "Нафтуса" Збручанського та Калагарівського родовищ визначені: Нафталин, Аценафтилен, Аценафтен, Фенатрен, Антрацен, Флюорантен, Хризен, Бенз[а]антрацен, Пирен, Бенз[б]флюорантен, Бенз[а]сирен, Дибенз[а, h]антрацен, Бенз[к]флюорантен, Индено[1,2,3-сd]сирен. Природа ПАВ підтверджує, що визначений раніше їх генезис [18], відмінний від генезису води "Березівська" (дж. 1), в якій не виявлено навіть слідів ПАВ. Водночас номограмні концентрації виявлених речовин свідчать лише про ідентифікацію органічних речовин, немає негативного впливу ПАВ на організм.

Вивчення лише речовин даного класу доводить відмінність Березівських мінеральних вод від вод типу "Нафтуса".

Особливої уваги заслуговує те, що кількість пестицидів (а, р, у, ь-ГХЦГ; 4,4-ДДЕ; 4,4-ДДД; 2,4-ДДД, 4,4-ДДТ; гексахлорбензол, ПХБ-сума 29 сполук), зокрема кожний і в загальній кількості становлять менше 0,01 нг/дм³ у водах Збручанського, Калагарівського та Березівського родовищ. На основі отриманих даних можна зробити надзвичайно цінний висновок щодо якості мінеральних вод: води Березівського і Подільських родовищ містять пестициди в концентраціях менше 0,01 нг/дм³, тобто в 10 000 разів нижчих їх допустимих концентрацій за міжнародними нормами (10⁻⁴ мг/дм³). Це не тільки заперечує рекламні виступи тих, хто хоче заробляти на імпорті закордонних вод, а й підтверджує можливість застосування та експорту українських вод, що має державне значення для розвитку середнього бізнесу з даного напрямку за підтримки та упорядкуванні законів з боку держави.

Наведені дані свідчать, що різне генетичне походження органічної речовини в даному випадку зумовлює суттєву відмінність складу органічних сполук мінеральних вод Збручанського та Березівського родовищ, а, отже, і аналогічність їх фізіологічного впливу на організм.

Таблиця 3. Мікросклад використаної в експерименті води, Березівського родовища (дж. 1)

Table 3. The microcomposition of the water used in the experiment, Berezhivsky deposit (water source 1)

| Елемент | $C_{орг}$ валове | SiO ₂ | Li | Be | V | Cr | Mn | Co | Ni | Cu | | |
|----------------------------|-------------------------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|------|--------|
| Вміст, мкг/дм ³ | 7,20 мг/дм ³ | 31,00—32,00 мг/дм ³ | 10,40 | <0,02 | 1,03 | 4,05 | 129,00 | 0,26 | 1,62 | <4,00 | | |
| Елемент | Zn | Ca | As | Se | Rb | Sr | Ag | Cd | Ba | Tl | Pb | Bi |
| Вміст, мкг/дм ³ | <7,0 | 0,796 | 2,38 | 0,165 | 2,797 | 705,0 | 0,297 | <0,30 | 14,640 | <0,01 | 0,09 | <0,005 |

Для підтвердження даного положення здійснено біологічні дослідження води.

Біологічні дослідження. Припустимо, що дія березівських мінеральних вод на опромінений організм аналогічна до нафтусеподібних мінеральних вод.

В експерименті на тваринах виконано порівняльні біологічні дослідження дії мінеральних вод з Березівського родовища, згідно з описаною методикою [27].

Раніше нами показано [16] ефективне відновлення кровотворення під час радіаційних уражень організму завдяки курсовому застосуванню мінеральних вод типу "Нафтуса", їх детоксикаційні та антиоксидантні властивості. Водночас, у деяких випадках фактори — протипоказання, зосередження запасів вод типу "Нафтуса" у західних регіонах країни та інші унеможливають їх використання у лікувальній практиці Східного регіону.

Разом із вченими ІЕПОР НАН України ім. Р.Є. Кавецького здійснено дослідження ефективності радіомодифікаторної дії природних лікувальних мінеральних вод Березівського родовища на основі вивчення змін окисного метаболізму та показників відновлення кровотворної системи тварин після їх опромінення у сублетальній дозі за описаною методикою [27].

За результатами вивчення ефективності курсового застосування мінеральної води, нами виконано оцінку стану системи крові в гострий та відновний періоди променевого ураження — 7 діб, 14 діб і 21 доба після опромінення. Паралельно здійснено гематологічні дослідження у групах контрольних і неопромінених тварин, які вживали мінеральну воду.

Результати експерименту. У групах опромінених тварин спостерігали типові для сублетальних доз порушення системи кровотворення. На сьому добу після опромінення у мишей III та IV груп відмічено достовірне зниження вмісту лейкоцитів та тромбоцитів. Через тиждень після закінчення курсу мінеральних вод (21 доба) у обстежених тварин відмічено відновлення кількості лейкоцитів та лімфоцитів практично до контрольного рівня. Хоча кількість імунобластів та атипичних лімфоцитів у крові залишалась збільшеною, двоядерних лімфоцитів та гіперсегментованих нейтрофілів вже не було.

Також визначено, що у системі крові інтактних тварин застосування березівських мі-

неральних вод призводить до стимуляції кровотворення і особливо до змін у В-клітинній ланці лімфопоезу. Подібну динаміку у системі крові спостерігали і за радіаційного впливу, про що свідчить значне збільшення відсотку В-лімфоцитів у тварин III групи.

Тривале довільне вживання даної мінеральної води опроміненими тваринами призвело до більшого пригнічення мієлоїдних рядів кровотворення і подразнення імунної системи, що підтвердилось і під час дослідження змін у системі крові мишей через 21 добу.

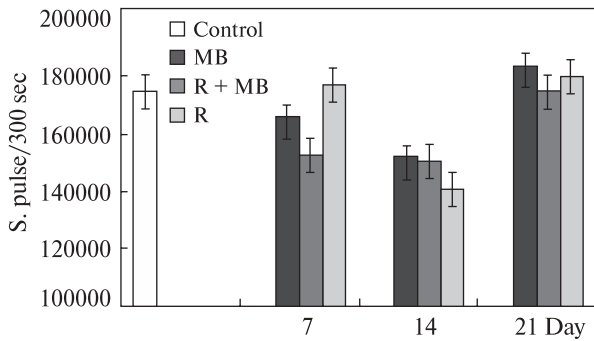
Особливу увагу привертає те, що під час вживання тваринами досліджуваної води у периферичній крові тварин III групи відсоток еозинофілів перевищував дані контрольної групи більше, ніж утричі, але це потребує подальшого з'ясування.

Слід підкреслити, що, на відміну від застосування "Нафтусі" після опромінення, ми не виявили: 1) детоксикувальної дії досліджуваної мінеральної води; 2) прискорення відновлення кровотворення; 3) зниження кількості абертних клітин у периферичній крові.

Ці позитивні зміни у системі крові опромінених тварин після семидобового курсу вказують на можливість розроблення адекватних схем і тривалості застосування даної мінеральної води з метою корекції кровотворення.

Біохімічні дослідження. Результати впливу курсового застосування березівської мінеральної води на рівень окисних процесів у периферичній крові мишей представлені на рисунку. Тривале її вживання (7 діб) знижує обмінні процеси навіть у опромінених мишей, що проявляється у зменшенні прооксидантно-антиоксидантного співвідношення. Ця тенденція чітко виражена у термінальній період курсу (14 доба).

Після його завершення і переведення тварин на звичайний водний режим відмічено відновлення окисного метаболізму вже через тиждень (21 доба від початку експерименту). Такі зміни не підлягають однозначному трактуванню. З одного боку, це може свідчити про антиоксидантні властивості досліджуваної мінеральної вод, з іншого боку — може бути зумовлено гальмівною дією розчинених компонентів на обмінні процеси організму (зокрема, в периферичній крові) тварин. Відомо, що метали змінної валентності є ініціаторами і каталізаторами вільнорадикального окиснення в біологічних системах [2]. Інші компоненти, що



Вплив курсового застосування мінеральної води на прооксидантно-антиоксидантне співвідношення у периферичній крові мишей. MB; R + MB; R — пояснення в тексті

The effect of the course application of mineral water on the prooxidant-antioxidant ratio in the peripheral blood of mice. MB; R + MB; R — explanation is in the text

входять до складу води, наприклад, кальцій, також можуть ефективно впливати на перебіг біохімічних процесів, порушуючи динамічну впорядкованість систем організму.

Водночас, зміна електролітного складу крові людини, що спостерігається унаслідок опромінення [3], є одним із базових показників, які зумовлюють дерегуляцію гомеостатичних реакцій, які підтримують сталість внутрішнього середовища організму. У будь-якому випадку тривале вживання мінеральної води не є однозначно позитивним чинником, який впливає на головні біохімічні константи біологічних систем.

Залежність змін прооксидантно-антиоксидантного співвідношення у периферичній крові тварин, які постійно вживали мінеральну воду від активності ферментів антиоксидантного захисту відстежено через каталазну активність, як ключовий показник антиоксидантної здатності системи, що регулює рівень пероксидних процесів у крові.

Під час курсового застосування мінеральної води і нативними, і опроміненими мишами спершу відбувається у них деяке (113 %) підвищення каталазної активності, що згодом змінюється її пригніченням. Рівень активності цього ферменту не відновлюється і на сьому добу після переведення тварин на звичайний водний режим.

Березівська мінеральна вода проявляє себе як хімічний стрес-агент, який у поєднанні з фізичним стрес-чинником (радіація) інгібує ферментативну активність ключового регулятора пероксидних вільнорадикальних процесів.

Зіставлення закономірностей змін інтегрального показника стану вільнорадикальних процесів після опромінення, впливу мінеральної води та сумісної дії цих чинників із динамікою каталазної активності периферичної крові тварин свідчить, що мікро- та макрокомпоненти досліджуваної води дерегулюють прооксидантно-антиоксидантне співвідношення у тканинах організму. До того ж це відбувається не лише на рівні окисно-відновних процесів, а й щодо інтенсивності перебігу реакцій, що характеризують швидкість метаболізму.

Тривале вживання мінеральної води після опромінення тварин гальмує метаболічні процеси в їх організмі і, зокрема, вільнорадикальне окиснення.

Отже, курсове застосування мінеральної води інгібує ферментативну активність каталази — ключового регулятора окисного метаболізму, що призводить до погіршення життєздатності організму тварин.

Висновки. Дані вказують на значний потенціал мінеральних вод Східного регіону. Велика кількість мінеральних вод із пробурених по всій території свердловин, за незначним винятком (Березівське, Словоногірське та ін.), недостатньо вивчені. Їх мікроелементний склад невідомий, хоч умови формування (глибинна складова та вміст порід) вказують на наявність мікроелементів у складі води. Майже не досліджено і біологічний вплив вод деяких родовищ на організм.

На території Донецької та Харківської областей спостерігаються прояви залізистих, бромних, борних та йодних вод, які у ході дослідження можуть значно розширити гідромінеральні бальнеологічні ресурси.

Для вод Луганської області переважно є дані по свердловинах, пробурених для заводів розливу, але вони неповні, вміст мікроелементів у них не досліджувався.

Унаслідок здійснених хімічних та біологічних досліджень встановлено, що мінеральна вода Березівського родовища (дж. 1), на відміну від мінеральних вод типу "Нафтуся", не має вираженої радіомодифікаторної дії. Її курсове вживання після опромінення призводить до більшого пригнічення мієлоїдних рядів кровотворення і подразнення імунної системи, збільшення еозинофілів у периферичній крові, гальмує метаболічні процеси і, зокрема, вільнорадикальне окиснення в організмі. Курсове застосування Березівської води також інгібує

ферментативну активність каталази — ключового регулятора окисного метаболізму, що призводить до погіршення життєздатності організму тварин.

Водночас, відмічені позитивні зміни у системі крові опромінених тварин указують на можливість розроблення адекватних схем і тривалості застосування даної мінеральної води з метою корекції кровотворення. Результати хемілюмінесцентного аналізу указують на антиоксидантні властивості досліджуваної мінеральної води, проте це питання потребує подальшого вивчення.

Оскільки встановлено, що одним з основних бальнеологічних чинників мінеральної води типу "Нафтуся" є наявність у її складі бальнеологічно активних органічних речовин різних класів, які за даними маспектрів відмінні від органічних речовин березівських мінеральних вод, відносити останні до мінеральних вод типу "Нафтуся" — передчасно.

Результати вивчення даного питання викликають необхідність здійснити комплексні дослідження родовищ природних мінеральних вод Східного регіону України із застосуванням сучасних аналітичних методів і методик, які б включали визначення макро- і мікрокомпонентного складу, фізико-хімічних властивостей мінеральних вод, форм міграції елементів у їх складі, оцінку якості води залежно від сезону і режиму експлуатації свердловин, встановлення механізмів біологічної дії мінеральних вод за різних умов застосування і ефективності їх використання для профілактики і корекції порушень в організмі. Результати досліджень нададуть можливість встановити особливості природних мінеральних вод Східного регіону України, науково обґрунтувати перспективи їх застосування, розробити практичні рекомендації для розширення, підвищення ефективності використання відомих курортів і створення нових рекреаційних зон.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бакулина А.Г., Скопинцев Б.А. Определение валового содержания органического углерода в природных водах методом сухого сжигания. *Гидрохимич. материалы*. 1969. 52. С. 133—141.
2. Барабой В.А. Биоантиоксиданты. Киев: Книга плюс, 2006. 461 с.
3. Берридж М.Л. Молекулярные основы внутриклеточной коммуникации. *В мире науки*. 1985. № 5. С. 98—109.
4. Бондаренко В.В., Куликов Г.В. Подземные промышленные воды. Москва: Недра, 1984. 355 с.
5. Вовк И.Ф., Николаенко Т.С. Закономерности распределения и накопления йода и брома в подземных водах нижних гидродинамических зон Днепровско-Донецкой впадины. *Геохимия*. 1976. С. 413—421.
6. Вступ в медичну геологію. За ред. Г.І. Рудька, О.М. Адаменка. Київ: Академпрес, 2010. Т. 1. 736 с.
7. Добра Л.П. Ефективність використання залізистих мінеральних вод курорту Соїми при залізодефіцитних анеміях різного походження: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Одеса, 2003. 19 с.
8. ДСТУ ISO 5667-11:2005. Якість води. Відбирання проб. Ч. 11. Настанови щодо відбирання проб підземних вод (ISO 5667-11:1993, IDT). Київ, 2005.
9. ДСТУ 878-93 (Держстандарт України). Води питні мінеральні. [Перевидання, травень 1996]. Київ, 1996. 88 с.
10. Классификация минеральных вод Украины. Под. ред. В.М. Шестопалова. Киев: Макком, 2003. 121 с.
11. Колодий В.В., Щепак В.М. Некоторые геохимические особенности микрокомпонентного состава подземных вод нефтяных и газовых месторождений Украины. *Геология горючих ископаемых*. № 42. 1972.
12. Королюк М.А., Иванова Л.И., Майорова И.Г. Метод определения активности каталазы. *Лабораторное дело*. 1988. № 1. С. 16—19.
13. Лапач С.Н., Чубенко А.В., Бабич П.Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием *Excel*. Киев: Морион, 2001. 407 с.
14. Малеваний Г.Г. Минеральные воды Харьковской области. Харьков, 1971. 92 с.
15. Мінеральні води України. Київ, 2005. 576 с.
16. Моисеев А.Ю. Особенности химического состава и бальнеологического применения минеральных вод. Киев: КИМ, 2017. 464 с.
17. Моисеев А.Ю. Комплекси мікроелементів у природних мінеральних водах. *Геохімія та рудоутворення*. 2014. Вип. 34. С. 85—91. <https://doi.org/10.15407/gof.2014.34.085>
18. Моисеева Н.П., Шестопалов В.М., Моисеев А.Ю. Органическое вещество минеральных вод типа "Нафтуся". *Геохімія та рудоутворення*. 2013. Вип. 33. С. 53—63. <https://doi.org/10.15407/gof.2013.33.053>
19. Огняник М.С. Мінеральні води України. Підруч. Київ: КНУ ім. Тараса Шевченка, 2000. С. 81.
20. Павленко О.В. Складання кадастру родовищ та проявів мінеральних вод Донецької області. Артемівськ, 2004. 201 с.
21. Плотников Н.А. Йодо-бромные воды и их месторождения. *Труды Моск. геол. ин-та*. 1959. 35.
22. Моисеев А.Ю., Родіонова Н.К., Дружина М.О., Липська А.І., Гриневич Ю.П., Ганжа О.Б., Костукова Л.В. Вплив природних мінеральних вод з підвищеним вмістом заліза на вільнорадикальні процеси і склад перифе-

- ричної крові щурів, опромінених у дозі 5,0 Гр. *Зб. наук. пр. Ін-ту ядерних досліджень*. 2005. № 2 (15). С. 131—136. <https://doi.org/10.15407/jnpae>
23. Серкиз Я.И., Дружина Н.А., Хриенко А.П. Хемилюминесценция крови при радиационном воздействии. Киев: Наук. думка, 1989. 176 с.
 24. Скаржинский В.И. Эндогенная металлогения Донецкого бассейна. Киев: Наук. думка, 1973. 204 с.
 25. Швай Л.П. Распределение йода в подземных водах Днепровско-Донецкой впадины. *Докл. АН УССР, Сер. Б.* 1984. № 7. С. 23—28.
 26. Шевченко Г.Р. Кадастр родовищ та проявів мінеральних вод Луганської області. Луганськ, 2006. 210 с.
 27. Шестопалов В.М., Моїсєєв А.Ю., Родіонова Н.К., Ганжа О.Б., Маковецька Л.І., Дружина М.О. Вплив мінеральної води Березівського родовища на кровотворну систему опромінених тварин. *Ядерна фізика та енергетика*. 2015. 16, № 1. С. 68—76. <https://doi.org/10.15407/jnpae2015.01.068>
 28. Шестопалов В.М., Моїсєєва Н.П. Способ консервации железистых минеральных вод органическими кислотами. *Авт. право* № 11998 от 14.07.1998.
 29. Шестопалов В.М., Негода Г.М., Моїсєєва Н.П., Дружина М.О., Сухорєбрий А.О., Онищенко І.П. Формування мінеральних вод України. Київ: Наук. думка, 2009. (Проект "Наук. кн."). 312 с.
 30. Шестопалов В.М., Негода Г.М., Моїсєєв А.Ю., Моїсєєва Н.П. Мінеральні води Південного регіону України. *Геол. журн.* 2019. № 1 (366). С. 78—87. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2019.1.159242>
 31. Янчев В.К., Сулейманов С.П., Решетов И.К. Минеральные кремнистые природные воды Харьковщины. *Сб. науч. ст. "Вода и здоровье 2000"*. Одесса: ОЦНТЭИ, 2000. С. 240—242.

Надійшла 08.08.2020

REFERENCES

1. Bakulina, A.G. and Skopintsev, B.A. (1969), *Gidrochim. materialy*, Vol. 52, pp. 133-141 [in Russian].
2. Varabov, V.A. (2006), *Bioantioksidanty*, Книга plus, Kyiv, UA, 461 p. [in Russian].
3. Berridzh, M.L. (1985), *V mire nauki*, No. 5, RU, pp. 98-109 [in Russian].
4. Bondarenko, V.V. and Kulikov, G.V. (1984), *Podzemnye promyshlennye vody*, Nedra, Moscow, RU, 355 p. [in Russian].
5. Vovk, I.F. and Nikolayenko, T.S. (1976), *Geochemistry*, Vol. 2, RU, pp. 413-421 [in Russian].
6. Rudko, G.I. and Adamenko, O.M. (ed) (2010), *Introduction to medical geology*, Vol. 1, Akadempres, Kyiv, UA, 736 p. [in Ukrainian].
7. Dobra, L.P. (2003), *Efficiency of iron mineral waters of Soymi spa in the treatment of ironed efficiency anemia of different genesis*, PhD medical sci. dissertation, Ukr.-Sci. Research Inst. Medical Rehabilitation and Kurortology, Ministry of Health of Ukraine, Odesa, UA, 19 p. [in Ukrainian].
8. (2005) DSTU ISO 5667-11:2005. *Water quality*. Sampling. Pt 11. Guidance on groundwater sampling (ISO 5667-11:1993, IDT), Kyiv, UA, 2005 [in Ukrainian].
9. (1996) DSTU 878-93. *Mineral drinking water*. [Reprint, May 1996], Kyiv, UA, 88 p. (State Standard of Ukraine) [in Ukrainian].
10. Shestopalov, V.M. (ed.) (2003), *Classification of mineral waters of Ukraine*, Makkom press, Kyiv, UA, 121 p. [in Russian].
11. Kolodiy, V.V. and Shchepak, V.M. (1972), *Geologiya goryuchikh iskopayemykh*, No. 42, Lviv, UA [in Russian].
12. Korolyuk, M.A., Ivanova, L.I. and Mayorova, I.G. (1988), *Laboratory case*, No. 1, Moscow, RU, pp. 16-19 [in Russian].
13. Lapach, C.N., Chubenko, A.V. and Babich, P.N. (2001), *Statistical methods in biomedical research using Excel*, Morion press, Kyiv, UA, 407 p. [in Russian].
14. Malevany, G.G. (1971), *Mineral waters of the Kharkov region*, Kharkov, UA, 92 p. [in Russian].
15. (2005), *Mineral waters of the Ukraine*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 576 p. [in Ukrainian].
16. Moiseev, A.Yu., (2017), *Features of chemical composition and balneological application of mineral waters*, Kim publ., Kyiv, UA, 464 p. [in Russian].
17. Moiseev, A.Yu., (2014), *Geochemistry and Ore Formation*, Vyp. 34, Kyiv, UA, pp. 85-91 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/gof.2014.34.085>
18. Moiseeva, N.P., Shestopalov, V.M. and Moiseev, A.Yu. (2013), *Geochemistry and Ore Formation*, Vyp. 33, Kyiv, UA, pp. 53-63 [in Russian]. <https://doi.org/10.15407/gof.2013.33.053>
19. Ognyanik, M.S. (2000), *Mineralni vody Ukrainy*, Pidruchnyk, Kyiv National University, Kyiv, UA, p. 81 [in Ukrainian].
20. Pavlenko, O.V. (2004), *Compilation of the cadastre of deposits and manifestations of mineral waters of Donetsk region*, Geofond, Artemivsk, UA, 201 p. [in Ukrainian].
21. Plotnikov, N.A. (1959), *Tr. Mosk. geologorazved. Instituta im. Ordzhonikidze*, Vol. 35, Moscow, RU [in Russian].
22. Moiseev, A.J., Rodionova, N.K., Druzhyna, N.A., Lypska, A.I. Grinevich, Yu.P., Ganzha, O.B. and Kostukova, L.V. (2003), *Nuclear Physics and Atomic Energy*, No. 2 (15), Kyiv, UA, pp. 131-136 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/jnpae>
23. Serkiz, Ya.I., Druzhyna, N.A. and Hrienko, A.P. (1989), *Chemiluminescence of blood under radiation exposure*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 176 p. [in Russian].

24. Scardzhinsky, V.I. (1973), *Endogenous metallogeny of the Donetsk basin*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 204 p. [in Russian].
25. Shvay, L.P. (1984), *Dopov. AN UkrRSR, Ser. B*, No. 7, Kyiv, UA, pp. 23-28 [in Russian].
26. Shevchenko, R. *Kadastr mestorozhdeniy i proyavleniy mineral'nykh vod Luganskoy oblasti*, Lugansk, UA, 2006. 210 p. [in Ukrainian].
27. Shestopalov, V.M., Moiseev, A.J., Rodionova, N.K., Ganzha, O.B., Makovetska, L.I. and Druzhyna, M.J. (2015), *Nuclear Physics and Atomic Energy*, Vol. 16, No. 1, Kyiv, UA, pp. 68-76 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/jnpae2015.01.068>
28. Shestopalov, V.M. and Moiseyeva, N.P. (1998), *Sposob konservatsii zhelezistykh mineral'nykh vod organicheskimi kislotami*, Avtorskoye pravo No. 11998, Opubl. 14.07.1998.
29. Shestopalov, V.M., Nehoda, H.M., Moiseyeva, N.P., Druzhina, M.O., Sukhorebryy, A.O. and Onyshchenko, I.P. (2009), *Formation of mineral waters of Ukraine*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 312 p. [in Ukrainian].
30. Shestopalov, V.M., Negoda, H.M., Moiseyev, A.Yu. and Moiseyeva, N.P. (2019), *Geol. Journ.*, No. 1 (366), Kyiv, UA, pp. 78-87 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2019.1.159242>
31. Yanchev, V.K., Suleymanov, S.P. and Reshetov, I.K. (2000), *Collection of scientific articles "Water and Health 2000"*. OZNTI, Odessa, UA, pp. 240-242 [in Russian].

Received 08.08.2020

V.M. Shestopalov, DrSc (Hydrogeology), Academician of the NAS of Ukraine

Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine

55-b, O. Honchar Str., Kyiv, Ukraine, 03054

E-mail: vmshest@gmail.com; ScopusID 7005559051

A.Yu. Moiseyev, PhD (Biological), Senior Research Fellow

Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine

55-b, O. Honchar Str., Kyiv, Ukraine, 03054

ScopusID 36191088400

N.P. Moiseyeva, PhD (Chemistry), Senior Research Fellow, Leading Researcher

Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine

55-b, O. Honchar Str., Kyiv, Ukraine, 03054

ScopusID 7005063353

M.O. Druzhyna, DrSc (Biological), Senior Research Fellow, Leading Researcher

R.E. Kavetsky Institute of Experimental Pathology, Oncology

and Radiobiology of the NAS of Ukraine

45, Vasylykivska Str., Kyiv, Ukraine, 03022

E-mail: druzhyna@nas.gov.ua; ScopusID 6504487049

G.V. Lesyuk, Junior Research Fellow

Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine

55-b, O. Honchar Str., Kyiv, Ukraine, 03054

E-mail: Kyiv.ualesiuk.galya@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-7218-2358>

MINERAL WATERS OF THE EASTERN UKRAINE

This article considers the distribution, formation, and chemical composition of mineral waters of the Eastern region of Ukraine, and, in particular, Donetsk, Luhansk, and Kharkiv regions. The main types of mineral waters, most characteristic of the Eastern region of Ukraine, are determined. Their formation and distribution are considered. Manifestations of ferrous, bromine, boron and iodine waters have been studied in this region, which significantly expands hydromineral and balneological resources. The application of ferrous mineral waters to organisms exposed to radiation has been studied. Since one of the consequences of radiation damage is a violation of oxidative homeostasis, the effect of ferrous mineral waters on the course of free radical processes in the body was studied. The peculiarities of the organic composition and biological properties of Berezhivsky mineral waters have been studied to identify them as Naftusya-type waters. It is established that Berezhivsky mineral waters do not have a pronounced radiomodifier effect. They are inhibitors of the enzymatic activity of catalase — a key regulator of oxidative metabolism, which leads to a deterioration in the vital functions of the body after irradiation. According to the obtained data of mass spectra, active organic substances of different classes, which are part of mineral waters of the Naftusya type, differ from organic substances of Berezhivsky mineral waters, both qualitatively and quantitatively. Therefore, Berezhivsky mineral waters cannot be referred to as the class of mineral waters of the Naftusya type. Some studies were also conducted and an array of statistics was obtained, which showed that the mineral waters of the Podilsk region, Naftusya and Berezhivsky waters have pesticide concentrations less than 0.01 ng/dm³, i.e. 10 000 times lower than their permissible concentrations according to international standards. This confirms the possibility of widespread use and export of Ukrainian mineral waters, which is of national importance. Prospects for the development and use of mineral waters in the Eastern region are shown.

Keywords: Ukrainian mineral waters, Eastern region, formation, distribution, chemical composition, biological properties.