

ГІДРОГЕОЛОГІЯ, ІНЖЕНЕРНА ТА ЕКОЛОГІЧНА ГЕОЛОГІЯ

УДК 556.3:[553:546.296(477.42)]
DOI: <http://doi.org/10.17721/1728-2713.105.13>

Сергій ШАРИКОВ, асп.
ORCID ID: 0009-0009-2847-2820
e-mail: s.sharikov@gmail.com
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

Дмитро ЧОМКО, канд. геол. наук, доц.
ORCID ID: 0000-0001-8454-5531
e-mail: Chomko@knu.ua

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

СУЧАСНИЙ СТАН ГІДРОГЕОЛОГІЧНОГО ВИВЧЕННЯ РОДОВИЩ МІНЕРАЛЬНИХ РАДОНОВИХ ВОД У МЕЖАХ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ УКРАЇНИ

(Представлено членом редакційної колегії д-ром геол. наук, проф. О.Є. Кошляковим)

Радон – це радіоактивний хімічний елемент, який належить до категорії інертних газів. Лікування радоновими водами (для зовнішнього та внутрішнього використання) застосовується в різних точках світу (Австрія, Польща, Німеччина) вже понад 100 років. У медичній практиці в основному використовують радонові ванни, які добре знімають біль, розслаблюють, можуть нормалізувати тиск та зміцнити судини. У межах Житомирської області ще з радянських часів проводилися роботи з пошуку та оцінки родовищ мінеральних радонових вод. Розвідані родовища в межах Житомирської області потребують подальшого більш глибокого вивчення та систематизації, адже, враховуючи попит на мінеральні радонові води в "доповідний" час, прогнозуємо поступове відновлення попиту в повоснні часи, включаючи також і медичний туризм.

Проведено аналіз фондів матеріалів з пошуку та оцінки мінеральних радонових вод у межах Житомирської області. Виконано систематизацію даних та вивчено якісні показники мінеральних радонових вод у розвіданих родовищах. На сьогодні на території України є багато медичних закладів, які надають фахову та спеціалізовану допомогу з використанням мінеральних радонових підземних вод. Можемо констатувати, що мінеральні радонові води є невід'ємною частиною лікувальної бази багатьох санаторіїв України (в м. Хмільник, Немирів, с. Дениші та ін.). У Житомирській області найвідомішим є Денишівське родовище мінеральних радонових вод, на базі якого функціонує санаторій "Дениші".

Потенціал розвитку більш детальних гідрогеологічних досліджень на вже розвіданих родовищах Житомирської області досить високий. Бальнеологічні властивості та хімічний склад підземних вод вивчені на сьогодні недостатньо. Це пояснюється тим, що в межах Житомирської області відбувається промисловий видобуток мінеральних радонових вод лише з одного родовища. Фінансування подальших геологорозвідувальних (геофізичних, геологічних, гідрогеологічних) робіт з пошуку і розвідки нових родовищ або в межах зон поширення мінеральних радонових вод є доволі перспективним.

Ключові слова: радон, газ, мінеральні радонові підземні води, Житомирська область, родовище, запаси.

Вступ

У статті розглянуто сучасний стан гідрогеологічного вивчення родовищ мінеральних радонових вод у межах Житомирської області України (Шаріков, 2023) як цінного бальнеологічного ресурсу для лікування і реабілітації хворих.

Радон – радіоактивний хімічний елемент, який належить до категорії інертних газів, це один з найрідкісніших хімічних елементів на Землі. Природно, радонові води утворюються при проходженні підземних вод крізь гірські породи з підвищенням вмістом урану і радію, зазвичай це кристалічні породи.

Вченими було доведено, що радон має здатність прискорювати обмін речовин, швидко відновлювати пошкодження в організмі, нівелювати запальні процеси, покращувати стан шкіряного покриву.

Зважаючи на збройну агресію РФ проти України, гостро постає питання реабілітації військових і цивільних осіб, що зазнали поранення та контузії. Одним з місць реабілітації можуть бути установи, які спеціалізуються на наданні послуг, пов'язаних із використанням мінеральних радонових підземних вод.

Слід відзначити, що пошукові та розвідувальні роботи в межах Житомирської області проводилися ще в минулому столітті. За часи незалежності не було виявлено чи розвідано нових родовищ мінеральних радонових вод. З усіх розвіданих родовищ в межах Житомирської області на сьогодні детально розвідано лише одне, яке працює на 58 % від початкової оцінки своїх запасів.

Тому проведення детальних геолого-економічних оцінок існуючих родовищ мінеральних радонових вод,

пошук і вивчення нових родовищ та їх бальнеологічних властивостей є важливою складовою накопичення та збагачення гідрогеологічної бази знань території, що досліджується, та відновлення людського потенціалу у сфері лікування.

Нині на території України не виходило узагальнювальних праць з розташування, бальнеологічного вивчення та детального аналізу мінеральних радонових вод у межах окремих областей. Фактично все зводиться до проведення геолого-економічної оцінки родовищ мінеральних радонових вод та публікацій окремих статей або монографій з цієї тематики.

Так, у статті (Білецька, 2008) наводяться узагальнені дані про рекреаційні ресурси мінеральних вод у межах Хмельницької області. Насамперед зазначається, що в межах області виявлено родовища із слабомінералізованими радоновими водами. Даний тип води виявлено на Полонському і Шепетівському родовищах. Розвідані й затверджені запаси радонових вод становлять 662 м³/д. За хімічним складом ці води слабомінералізовані і мало-мінералізовані й різного катіонного складу із вмістом радону 5–200 нКю/дм³.

У деяких роботах (Орлюк, Пархомец, & Струкова, 2018) наводиться пояснення зв'язку радонових і геомагнітних аномалій. Було доведено, що радонові аномалії продукуються радіоактивними елементами – ураном та торієм, які концентруються в радіоактивних мінералах, й запропоновано обґрунтування такого зв'язку. Частково було доведено, що одним з основних джерел радонових аномалій є альбітити та гранітоїди, які характеризуються мінімальними величинами намагніченості. Виходячи з

цього, підвищений вміст радіоактивних мінералів у цих породах та слабка намагніченість, поєднуючись із глибинними розломами та зонами тріщинуватості, в загальних рисах пояснюють зв'язок радонових і магнітних аномалій.

У деяких інших роботах наводяться узагальнені дані про радон та вміст цього компоненту у підземних водах. Розглядаються можливі джерела надходження радону в підземні води та ґрунти. Також є дані про можливий вплив радону на здоров'я людини: підвищений вміст радону – причина смертності людей від раку. Для прикладу, смертність у Сполучених Штатах від високого вмісту радону посідає друге місце після куріння, а для некурців – перше (за матеріалами сайту Департаменту охорони здоров'я штату Іллінойс) (Radon, н.д.).

У країнах Європи також проводяться систематичні дослідження зміни концентрації радону як у лікувальних установах, що їх використовують, так і власне джерел виходу підземних вод на денну поверхню. Так (Di Carlo et al., 2019), у Лаціо (Центральна Італія) було проведено систематичне дослідження концентрації радону в природних мінеральних джерельних водах. Метою цих робіт була оцінка вмісту радону в мінеральних джерельних водах та виявлення можливої шкоди здоров'ю населення. Автори зазначають, що відсоток відібраних мінеральних вод, що перевищують параметричний рівень 100 Бк/дм³, дорівнює 10 %. У висновках зазначається, що контроль якості мінеральних джерел має бути систематичним і до-свід цих досліджень можна перенести на інші країни.

Природа створила безліч природних засобів для лікування різних захворювань, яке нині успішно використовує вітчизняна і зарубіжна медицина. Радон як хімічний елемент було відкрито майже століття тому. За цей час газ ретельно вивчили і почали застосовувати в медицині для лікування цілого ряду захворювань. Лікування радоновими водами не можна назвати новим інноваційним методом, але він надзвичайно ефективний і успішно застосовується вже понад 100 років.

Радонові ванни є м'яким протизапальним і безпечним засобом. Сьогодні радонові ванни, як правило, рекомендують людям із захворюваннями серцево-судинної та нервової систем, з патологіями опорно-рухової системи, із захворюваннями шкіри, області статевих органів, шлунково-кишкового тракту та цілого ряду інших захворювань. Радонова ванна, як один з видів можливих

процедур, добре знімає біль, розслабляє, знімає напруження, з її допомогою можна нормалізувати тиск, зміцнити судини, запустити регенеративні процеси по всьому організму. Дана процедура іноді призначається у профілактичних цілях.

У спеціалізованих лікувальних установах санаторного типу для лікування використовують розчин радону, який додають в підігріту до 35–40 °С воду. Такий розчин кожен санаторій або лікувальний центр визначає сам, залежно від концентрації радону в підземних водах. Хворого занурюють у ванну, і хімічний елемент поступово проникає в його шкіру та органи. Процедура триває близько 15 хвилин. Під час прийому мінеральних ванн на шкірі поступово відкладається радоновий незмивний наліт, який після надання лікувального ефекту буде виводитися з організму через легені в міру прогресування періоду напіврозпаду (напіввиведення).

Так, у статті (Pawlik-Sobecka, Górk-Dynysiewicz, & Kuciel-Lewandowska, 2021) наводяться дані про користь використання радонових ванн у межах курорту Пшеречин-Здруй, що в Польщі. Зазначається, що використання радоново-сульфідної води, яку застосовують у санаторно-курортній терапії, залежить від інтенсивності та типу подразників, реакції організму, наявності інших захворювань. Загалом використання та практична цінність застосування в масовій медичній практиці лікувальних радонових ванн потребує подальших клінічних досліджень, проте ефективність їх застосування – доведена.

Результати

У межах України пошуки і використання радонових вод почалися приблизно з 60-х років минулого століття на територіях Вінницької, Житомирської, Рівненської та інших областей. Розташування розвіданих родовищ наведено на рис. 1.

Перші, офіційно зареєстровані, пошукові висновки щодо радонових вод в межах Житомирської області датовані 1972 р. "Отчет о комплексном исследовании минеральной воды скважины № 229 Довбышской больницы Житомирской обл. Украинской Советской Социалистической Республики (УССР). (Дзержинский район Житомирской области)". У результаті проведених досліджень було виявлено підвищений вміст радону у пробах води. На жаль, більш детальна інформація про проведені дослідження не збереглася.

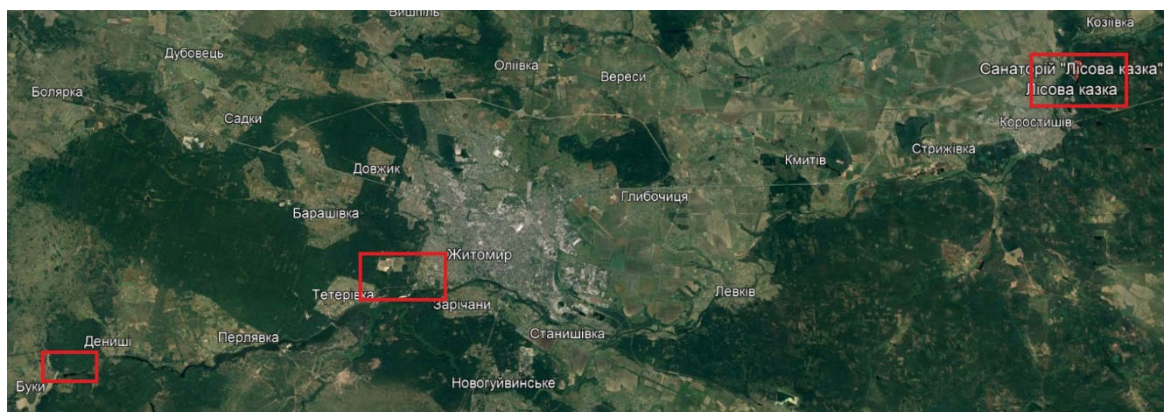


Рис. 1. Схема розвіданих родовищ мінеральних радонових вод у межах Житомирської області

У звіті (Левченко, Сморгчов, 1975) викладено результати пошуків мінеральних радонових вод у районі м. Житомир, виконаних гідрогеологічною партією Житомирської геологічної експедиції і геофізичної партією Київської комплексної геофізичної експедиції в 1973–1975 рр. Виконані

гідрогеологічні (пробурено 15 пошукових свердловин і проведено 50 бр/зм пробних і дослідних відкачок) і геофізичні дослідження дали змогу виявити перспективну ділянку, на якій можуть бути отримані мінеральні радонові води в необхідній кількості. Радонові води формуються в

зоні вивітрювання і тріщинуватості кіровоградських гранітів та їх мігматитів. У звіті дається опис геологічної будови і гідрогеологічних умов району робіт і ділянок, а також результати геофізичних і гідрогеологічних робіт і рекомендації щодо подальшого спрямування робіт на мінеральні води (Левченко, & Сморгчов, 1975).

У 1976–1978 рр. (Гаркуша, 1978) під час проведення досліджень виконано комплекс гідрогеологічних та геофізичних робіт: пробурено 18 свердловин, проведено відкачки. Ділянка робіт розташована в межах кристалічного масиву, район складений AR, PR, PR₂, MZ-KZ утвореннями. Обводненими є граніти, гнейси та мігматити PR₂, піски Q.

Об'єкт вивчення – підземні води кристалічних порід (PR₂). Потужність тріщинуватої зони в середньому 30 м. Вміст радону в підземних водах змінюється від 20 до 330 еман. Води прісні, гідрокарбонатні кальцієві. Виявлено і розвідано (протокол УТКЗ № 3923) експлуатаційні запаси мінеральних радонових вод в кількості 806 м³/д, у т.ч. А – 166 м³/д, В – 43 м³/д, С₁ – 497 м³/д (Гаркуша, 1978).

У 1978–1980 рр. (Гончаров, Пархомец, & Струкова, 1978–1980) були затверджені експлуатаційні запаси Денишівського родовища мінеральних радонових вод – Протокол Державної комісії по запасах (ДКЗ) СРСР від 30.01.1981 р. № 8695 у кількості по свердловинах. Затверджені запаси Денишівського родовища наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Затверджені запаси Денишівського родовища станом на 1980 р.

Тип води	Вміст радону, нКі/дм ³	Запаси по категоріях, м ³ /д		Свердловини
		А	В	
Слаборадоніві	22–24	100	–	1-РК
Слаборадоніві	25–27	32	–	2-РК
Дуже слабо радоніві	10–11	–	28	7-Р
Дуже слабо радоніві	10	–	90	8-Р

У 1988–1990 рр. І.П. Хоренко провів детальну розвідку мінеральних радонових вод у районі м. Житомир (Хоренко, 1990). Цільовим є водоносний горизонт тріщинуватих кристалічних порід нижнього протерозою. Було пробурено сім свердловин на кристалічні породи і одна на кору вивітрювання. Води горизонту напірні, глибина рівнів від +2,05 до 9,4 м. Основні показники якісного складу лежать у межах ГОСТу 2874-82 "Вода питна". Розвідані експлуатаційні запаси підземних вод (протокол УТКЗ № 4926) в кількості 148 м³/д (кат.В – 113 м³/д, С₁ – 35 м³/д) з концентрацією радону 17,8 нКі/дм³.

У 1993–1997 рр. було проведено попередню розвідку мінеральних радонових вод для санаторію "Лісова казка" в м. Коростишів Житомирської області (Корицький, 1998). Цільовим є водоносний горизонт тріщинуватих кристалічних порід нижнього протерозою. Основні показники якісного складу лежать у межах ГОСТу 2874-82 "Вода питна". Розвідані експлуатаційні запаси підземних вод у кількості 156 м³/д за категорію В з концентрацією радону 28,8 нКі/дм³.

Всі вищезазначені родовища на сьогодні не розробляються і, відповідно, сучасних бальнеологічних даних немає. Нині єдиним дієвим родовищем у межах Житомирської області на затверджених запасах та з підтвердженою якістю мінеральних радонових вод відповідно до ДСТУ 42.10-02-96 "Води мінеральні лікувальні. Технічні умови" працює лише санаторій "Дениші". Слід відзначити, що до набуття чинності ДСТУ 42.10-02-96 вміст радону вимірювався у нКі/дм³, а вже після 1996 р. у Бк/дм³.

У 2017–2018 рр. головний гідрогеолог ТОВ "Гео-проф" С.І. Шаріков виконав роботу з геолого-економічної оцінки ділянки Денишівського родовища (свердловини № 1-РК) мінеральних радонових вод для зовнішнього лікування в Житомирському районі Житомирської області (Шаріков, 2018).

Родовище розташоване в Житомирському районі Житомирської області, у 2,5 км на південний захід від с. Дениші у межах аркушу масштабу 1 : 200 000 М-35-ХVII (Житомир). Роботи було проведено по діючому водозабору, який фактично складається з однієї експлуатаційної свердловини № 1-РК, що функціонує з 1960 р. Продуктивний водоносний горизонт тріщинуватої зони кристалічних порід архей-нижньопротерозою. Свердловина № 2-РК

не працює і в цьому звіті не фігурувала, свердловина № 7-Р – також не працює, але використовувалась як спостережна під час проведення дослідно-фільтраційних робіт на свердловині № 1-РК. Розташування свердловин наведено на рис. 2.

Свердловину № 1-РК пробурено у 1960 р., має глибину за паспортними даними 100,0 м, безфільтрова. За геофізичними даними, глибина свердловини на момент виконання робіт становила 40,6 м. Глибина статичного рівня – 7,1 м, при дебіті 1,67 дм³/с зниження рівня на 13,7 м. Свердловина обладнана глибинним насосом 4 SR 6м/13Р, який працює в автоматичному режимі. Для обліку води використовується лічильник води Powogas 50.

Ділянка Денишівського родовища мінеральних радонових вод приурочена до водоносного горизонту тріщинуватої зони кристалічних порід архей-нижньопротерозою. Параметри постійних кондицій для мінеральної радонової води були прийняті відповідно до довідки про кондиції.

У результаті проведених гідрохімічних досліджень встановлено, що за співвідношенням основних аніонів і катіонів підземні води водоносного горизонту тріщинуватої зони кристалічних порід архей-нижньопротерозою належать до складного аніонного та різного катіонного складу. Для них характерна нейтральна-слаболужна реакція.

Вміст радіонуклідів у воді є для санаторію основним показником та визначався різними лабораторіями. У табл. 2 наводимо параметри постійних кондицій по свердловині № 1-РК.

Для оцінки експлуатаційних запасів ділянки Денишівського родовища мінеральних радонових вод гідрогеологічні параметри визначалися при проведенні дослідних робіт по свердловинах № 1-РК та 7-Р (спостережна).

Для обґрунтування і подальшого застосування фільтраційних схем було визначено і розраховано такі параметри водоносного горизонту: поширення водоносного горизонту по площі і на глибину, потужність водоносного горизонту і допустиме зниження рівня, експлуатаційне навантаження на свердловину № 1-РК, водопровідність, п'езопровідність.

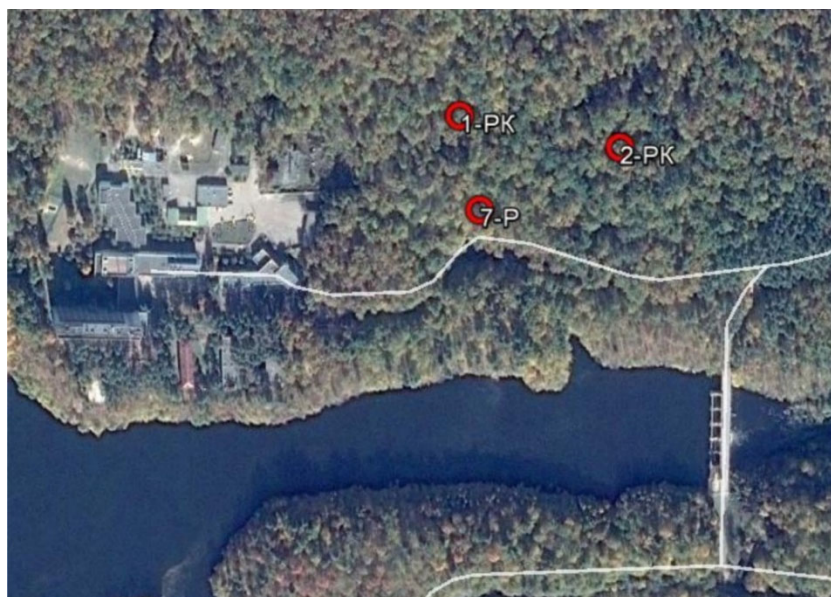


Рис. 2. Космоснімок розташування водозабірних свердловин ділянки Денишівського родовища

Таблиця 2

Параметри постійних кондицій Денишівського родовища свердловини № 1-РК

Мінералізація, г/дм ³	Основні іони, екв. %	Хімічний склад, мг/дм ³						Специфічні компоненти та сполуки
		HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	
0,2–0,8	HCO ₃ 40–70 Cl < 50 SO ₄ < 40 Ca 35–65 Mg 20–60 (Na+K) < 35	100,0–500,0	<150	<150	<150	<100	<100	Rn 185–500 Бк/дм ³ H ₂ SO ₃ 50–100 мг/дм ³

Водоносний горизонт тріщинуватої зони кристалічних порід архей-нижньопротерозою є напірним. Відповідно до геофізичних даних вода тріщинами починає потрапляти у свердловину починаючи з глибини 31,5 м, що і було прийнято за допустиме зниження рівня. Відповідно до розрахунків має дотримуватись вимога $S_{доп} > S_p$ ($S_{доп}$ – допустиме зниження рівня води, S_p – розрахункове зниження рівня води).

Під час проведення дослідно-кущової відкачки (впродовж трьох місяців), дослідно-промислового видобутку ділянки Денишівського родовища утворилася відповідна гідродинамічна рівновага, гідродинамічні параметри комплексно характеризували всю водозбагачену товщу в зоні впливу роботи водозабору.

Родовище підземних вод належить до типу родовищ у тріщинуватих породах, не пов'язаних з поверхневими водами. Експлуатаційні запаси формуються за рахунок природних ресурсів водоносного горизонту та, частково, за рахунок інфільтрації атмосферних опадів. У вертикальному плані водоносний горизонт є напірним.

Розрахунок виконано гідравлічним методом, який базується безпосередньо на використанні даних відкачки із свердловини або досвіду експлуатації діючого водозабору. Відповідно до розрахунків вимога $S_{доп} > S_p$ дотримується.

За складністю геологічної будови та гідрогеологічних умов формування експлуатаційних запасів ділянки Денишівського родовища (свердловина № 1-РК) мінеральних радонових вод для зовнішнього лікування в Житомирському районі Житомирської області віднесено до 3-ї групи, тобто до родовищ з дуже складними гідрогеологічними, водогосподарськими, еколого-гідрогеологічними і гірничо-геологічними умовами. За ступенем

техніко-економічного вивчення розвідані експлуатаційні запаси віднесено до першої групи.

Запаси було затверджено протоколом ДКЗ України № 4465 від 09.08.2018 р. у кількості А – 34,0 м³/добу, В – 111,0 м³/добу (разом А+В – 145,0 м³/добу) для зовнішнього застосування (Шаріков, 2018).

Дискусія і висновки

Як видно з результатів аналізу розвіданих та діючих родовищ, потенціал розвитку бальнеологічного туризму в межах України і, зокрема Житомирської області – високий. У даній статті висвітлено лише ті родовища, які виявлено на минулих стадіях пошуку. Нових родовищ у межах Житомирської області за часів незалежності не було знайдено і досліджено. Перспективним могло б бути фінансування геофізичних, геологічних та гідрогеологічних досліджень у межах зон поширення мінеральних радонових вод на базі вже виявлених родовищ.

Хімічний склад та бальнеологічні властивості підземних вод на сьогодні вивчені недостатньо. Фактично в межах Житомирської області відбувається промисловий видобуток мінеральних радонових вод лише з одного родовища.

На наш погляд, це питання потребує більш детального вивчення, тому що ретельний аналіз усіх родовищ радонових вод у межах Житомирської області та їх бальнеологічних властивостей може надати додатковий поштовх для розвитку рекреаційної та лікувальної інфраструктури нашої країни. Крім того, розвиток бальнеологічних санаторіїв на основі мінеральних радонових вод може стати ще одним дієвим кроком до повоєнної відбудови Української держави та надати дієву та ефективну допомогу у реабілітації поранених бійців та мирного населення, а також відновленні психологічного стану людей, постраждалих від війни.

Внесок авторів: Сергій Шаріков – концептуалізація, формальний аналіз, написання (оригінальна чернетка); Дмитро Чомко – валідація даних, написання (перегляд і редагування).

Список використаних джерел

- Білецька, К. А. (2008). Рекреаційні ресурси мінеральних вод Хмельницької області. *Довкілля та здоров'я*, 4(47), 28–31.
- Гаркуша, А. П. (1978). Отчет о результатах предварительной и детальной разведки минеральных радоновых вод в районе г. Житомира, Житомирской обл. УССР за 1976–1978 г.г. Житомирська геологічна експедиція.
- Гончаров, О. Д., Пархомец, Н. И., & Струкова, Н. Е. (1978–1980). Детальная разведка минеральных радоновых вод Денешского месторождения (Житомирская область) с подсчетом эксплуатационных запасов, проведенной в 1978–1980 гг. Гидрогеологическое управление "Укргеокаптажминвод".
- Корицкий, Б. Г. (1998). Предварительная разведка минеральных радоновых вод для санатория "Лісова казка" в г. Коростышеве Житомирской области. Государственное геологическое предприятие "Севукргеология".
- Левченко, А. С., & Смorchkov, Л. А. (1975). Отчет о результатах поисков минеральных радоновых вод в районе г. Житомира в 1973–1975 гг. (Житомирский р-н Житомирской обл. УССР). Житомирська геологічна експедиція.
- Орлюк, М. І., Марченко, А. В., Яцевський, П. І. (2018). Зв'язок радонових та геомагнітних аномалій території України. *Доповіді Національної академії наук України*, 5, 60–66. <https://doi.org/10.15407/доповіді2018.05.060>.
- Хоренко, І. П. (1990). Детальная разведка минеральных радоновых вод для санатория им. XX съезда КПСС в р-не г. Житомира (южная часть Корбутовского участка Житомирского месторождения). Житомирська геологічна експедиція.
- Шаріков, С. І. (2018). Геолого-економічна оцінка ділянки Денишівського родовища (свердловині №1-ПК) мінеральних радонових вод для зовнішнього лікування у Житомирському районі Житомирської області. ТОВ "Геопроф".
- Шаріков, С. І. (2023). Вплив радонових вод на організм людини та гідрогеологічне вивчення родовищ мінеральних радонових вод в межах Житомирської області. *XIII Всеукраїнська конференція-школа "Сучасні проблеми наук про Землю" Київ, 12–14 квітня 2023 р.* (с. 60–63). http://www.geol.univ.kiev.ua/docs/conf/conf_univ_apr_2023.pdf
- Di Carlo, C. et al. (2019). Radon concentration in self-bottled mineral spring waters as a possible public health issue. *Scientific Reports*. <https://www.nature.com/articles/s41598-019-50472-x>
- Pawlik-Sobecka, L., Górka-Dynysiewicz, J., & Kuciel-Lewandowska, J. (2021). Balneotherapy with the Use of Radon-Sulphide Water: The Mechanisms of Therapeutic Effect. *Applied Sciences*. 11(6), 10.3390/app11062849. <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/6/2849>
- Radon. (n.d.). Illinois Department of Public Health. <https://dph.illinois.gov/topics-services/environmental-health-protection/toxicology/indoor-air-quality-healthy-homes/radon-faqs>

References

- Biletska, K. A. (2008). Recreational resources of mineral waters of the Khmelnytsky region. *Environment & Health*, 4(47), 28–31 [in Ukrainian].
- Di Carlo, C. et al. (2019). Radon concentration in self-bottled mineral spring waters as a possible public health issue. *Scientific Reports*. <https://www.nature.com/articles/s41598-019-50472-x>
- Garkusha, A. P. (1978). Report on the results of preliminary and detailed exploration of mineral radon waters in the area of Zhytomyr, Zhytomyr region of the Ukrainian SSR for 1976–1978. Zhytomyr geological expedition [in Russian].
- Goncharov, O. D., Parkhomets, N.I., & Strukova, N.E. (1978–1980). Detailed exploration of mineral radon waters of the Denesh deposit (Zhytomyr region) with the calculation of operational reserves, carried out in 1978–1980. Hydrogeological Department "Ukrgeokaptazminvod" [in Russian].
- Khorenko, I. P. (1990). Detailed exploration of mineral radon waters for the sanatorium named after the XX Congress of the CPSU in the district of Zhytomyr (the southern part of the Korbutivsky section of the Zhytomyr deposit). Zhytomyr geological expedition [in Russian].
- Koritsky, B. G. (1998). Preliminary exploration of mineral radon waters for the sanatorium "Lisova kazka" in Korostyshiv, Zhytomyr region. State geological enterprise "Sevukrgeology" [in Russian].
- Levchenko, A. S., & Smorchkov, L. A. (1975). Report on the results of the search for mineral radon waters in the area of Zhytomyr in 1973–1975 (Zhytomyr district of the Zhytomyr region of the Ukrainian SSR). Zhytomyr geological expedition [in Russian].
- Orlyuk, M. I., Marchenko, A. V., & Yatssevsky, P. I. (2018). Correlation of radon and geomagnetic anomalies of the territory of Ukraine. *Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 5, 60–66 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/доповіді2018.05.060>
- Pawlik-Sobecka, L., Górka-Dynysiewicz, J., & Kuciel-Lewandowska, J. (2021). Balneotherapy with the Use of Radon-Sulphide Water: The Mechanisms of Therapeutic Effect. *Applied Sciences*. 11(6), 10.3390/app11062849. <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/6/2849>
- Radon. (n.d.). Illinois Department of Public Health. <https://dph.illinois.gov/topics-services/environmental-health-protection/toxicology/indoor-air-quality-healthy-homes/radon-faqs>
- Sharikov, S. I. (2023). Impact of radon waters on the human body and hydrogeological study of mineral radon water deposits within Zhytomyr Region. *XIII All-Ukrainian Conference-School "Modern Problems of Earth Sciences" Kyiv, April 12-14, 2023.* (p. 60–63) [in Ukrainian]. http://www.geol.univ.kiev.ua/docs/conf/conf_univ_apr_2023.pdf
- Sharikov, S. I. (2018). Geological and economic evaluation of the section of the Denyshivske deposit (well No. 1-RK) of mineral radon waters for external treatment in the Zhytomyr district of Zhytomyr region. LLC "Geoprof" [in Ukrainian].

Отримано редакцією журналу / Received: 13.12.23
Прорецензовано / Revised: 09.04.24
Схвалено до друку / Accepted: 29.05.24

Sergii SHARIKOV, PhD Student
ORCID ID: 0009-0009-2847-2820
e-mail: s.sharikov@gmail.com
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

Dmytro CHOMKO, PhD (Geol.), Assoc. Prof.
ORCID ID: 0000-0001-8454-5531
e-mail: Chomko@knu.ua
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

CURRENT STATE OF HYDROGEOLOGICAL STUDY OF MINERAL RADON WATER DEPOSITS IN THE ZHYTOMYR REGION OF UKRAINE

Radon is a radioactive chemical element that belongs to the category of inert gases. Radon water treatment (for external and internal use) has been used in various parts of the world (Austria, Poland, Germany) for more than 100 years. In medical practice, radon baths are mainly used to relieve pain, relax, relieve tension, normalize blood pressure and strengthen blood vessels. Within the Zhytomyr region, since the "Soviet times", work has been carried out to search for and evaluate mineral radon water deposits. The explored deposits within Zhytomyr region require further deeper study and systematization, because, taking into account the demand for mineral radon waters in the "pre-water" period, we predict a gradual recovery of demand in post-war times, including medical tourism.

An analysis of stock materials for the search and evaluation of mineral radon waters within Zhytomyr region was carried out. The systematization of data was carried out and the quality indicators of mineral radon waters in explored deposits were studied. At the moment, there are many medical institutions in Ukraine that provide professional and specialized care using mineral radon groundwater. We can state that mineral radon waters are an integral part of the treatment base of many sanatoriums in Ukraine (sanatoriums in the cities of Khmilnyk, Nemyriv, the village of Denishi, etc.). In the Zhytomyr region, the most famous is the Denyshiv deposit of mineral radon waters, on the basis of which the "Denyshi" sanatorium operates.

The potential for the development of more detailed hydrogeological research of the already explored deposits of the Zhytomyr region is high. Balneological properties and chemical composition of underground waters have not been sufficiently studied at the moment. This is explained by the fact that industrial production of mineral radon waters takes place within the Zhytomyr region from only one deposit. Funding for further geological exploration (geophysical, geological, hydrogeological) work on the search and exploration of new deposits or within the limits of the distribution zones of mineral radon waters is quite promising today.

Keywords: radon, gas, mineral radon groundwater, Zhytomyr region, deposit, reserves.

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів. Спонсори не брали участі в розробленні дослідження; у зборі, аналізі чи інтерпретації даних; у написанні рукопису; в рішенні про публікацію результатів.

The authors declare no conflicts of interest. The funders had no role in the design of the study; in the collection, analyses, or interpretation of data; in the writing of the manuscript; or in the decision to publish the results.