

Jerzy Olszewski

Małgorzata Chodak

Jerzy Jankowski

ROZPOZNANIE AKTUALNEGO STANU NARAŻENIA NA RADON PRACOWNIKÓW UZDROWISK W POLSCE

AN ASSAY OF THE CURRENT EXPOSURE TO RADON OF SPA WORKERS IN POLAND

Zakład Ochrony Radiologicznej

Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera, Łódź

STRESZCZENIE

Wstęp: Dobra rozpuszczalność radonu ^{222}Rn w wodzie powoduje, że gaz ten obecny jest niemal we wszystkich zbiornikach wód powierzchniowych i podziemnych. Radon uwolniony z wody do powietrza jest źródłem zagrożenia dla pracowników zatrudnionych przy wykorzystaniu wód mineralnych w lecznictwie uzdrowiskowym. **Materiał i metody:** Pomiary średnich miesięcznych stężeń aktywności radonu w pomieszczeniach uzdrowisk wykonano za pomocą dozymetrów zamkniętych z detektorem śladowym CR-39. Ze 101 uzdrowisk objętych pomiarami dozymetry odesłało 76 uzdrowisk. **Wyniki:** W dwóch uzdrowiskach zmierzono stężenia przekraczające 1000 Bq m^{-3} , co oznacza możliwość otrzymania przez pracowników dawek rocznych przekraczających 6 mSv. W 4 uzdrowiskach stężenia radonu były z przedziału od 500 do 1000 Bq m^{-3} . W większości uzdrowisk (75%) średnie miesięczne stężenia radonu nie przekroczyły 150 Bq m^{-3} . **Wnioski:** W 13 uzdrowiskach około 160 osób może być narażonych na dawki od promieniowania istotne z punktu widzenia ochrony radiologicznej i wymagające systematycznej oceny ekspozycji na radon. W pozostałych uzdrowiskach narażenie na radon jest na poziomie średniego narażenia populacji w Polsce. Med. Pr. 2008;59(1):35–38

Słowa kluczowe: radon, woda, dawka skuteczna, uzdrowiska

ABSTRACT

Background: Owing to good solubility of radon ^{222}Rn in water the gas is found almost in all surface and underground water basins. Radon released from water into the ambient atmosphere is a source of health hazard to the workers handling mineral water in Spa facilities. **Material and Methods:** Mean monthly radon concentrations were measured using closed dosimeters with CR-39 trace detectors. Of the 101 Spas included in the study, 76 returned the dosimeters. **Results:** In two Spas, the measured concentrations were above 1000 Bq m^{-3} , and thus annual doses of over 6 mSv could be received by the workers of those Spas. In four of the Spas, radon concentrations were within the range of 500– 1000 Bq m^{-3} . In the majority (75%) of the Spas, mean monthly radon concentrations were not higher than 150 Bq m^{-3} . **Conclusions:** One hundred sixty persons working in 13 Spas can be exposed to the doses, which are important from radiation protection point of view. In the remaining Spas, radon exposure is maintained at the level of average exposure of the general population in Poland. Med Pr 2008;59(1):35–38

Key words: radon, water, effective dose, Spa

Adres autorów: św. Teresy 8, 91-348 Łódź, e-mail: jolsz@imp.lodz.pl

Nadesłano: 7 stycznia 2008

Zatwierdzono: 8 lutego 2008

WSTĘP

Dobra rozpuszczalność radonu w wodzie powoduje, że gaz ten obecny jest niemal we wszystkich zbiornikach wód powierzchniowych i podziemnych. Niemniej jednak bezpośredni kontakt wód powierzchniowych z atmosferą, a także znaczna ruchliwość tych wód w porównaniu do wód podziemnych, powoduje stosunkowo łatwe uwalnianie z nich radonu do atmosfery. W przypadku zbiorników głębokomorskich i oceanicznych również duża odległość od dna, będącego głównym źródłem tego gazu, sprawia, że radon w wodach powierzchniowych występuje w stężeniach od tysięcznych części Bq dm^{-3} do kilkunastu, a wyjątkowo do kilkudziesięciu

Bq dm^{-3} . Najczęściej w śródziemnych wodach powierzchniowych mierzone są wartości rzędu od kilku dziesiątych do kilku Bq dm^{-3} , nawet na obszarach, na których stwierdzono występowanie dużych stężeń radonu w źródłach i ujęciach wód podziemnych (1–3).

W wodach podziemnych stężenia radonu wahają się w granicach od ułamka Bq dm^{-3} do kilkuset tysięcy Bq dm^{-3} i są zależne przede wszystkim od budowy geologicznej i charakterystyki mineralogiczno-petrologiczno-geochemicznej rejonu wypływu lub ujęcia (2,4). Zwiększonego stężenia tego gazu w wodzie można się spodziewać jedynie w środowisku wód podziemnych. Wody podziemne, a wśród nich także wody silnie zmineralizowane i termalne, a więc takie, w których

* Praca zrealizowana w ramach tematu nr IMP 16.1. Kierownik tematu: dr Jerzy Olszewski.



Tabela 1. Wybrane źródła wód podziemnych o największych wartościach stężenia ^{222}Rn w świecie (5–8)
Table 1. Selected underground sources of water with the highest concentration of ^{222}Rn worldwide (5–8)

Nazwa źródła Name of the source	Lokalizacja Location	Maksymalne zanotowane stężenie ^{222}Rn Recorded maximum concentration of ^{222}Rn ($\text{Bq}\times\text{dm}^{-3}$)
Neue Quelle	Bad Brambach, Germany	264 500
Hindenburgquelle	Oberschlema, Germany	181 500
Thermal springs	Jachymow, Czech Republic	60 500
Etigo Mineral Spring	Murasugi, Japan	59 500
Roman Springs	Ischias, Italy	50 000
Thermal springs	Lacco Ameno, Italy	37 500
Elizabeth Spring	Bad Gastein, Austria	20 000
Wypływ w sztolni „Śnieżnik” Drift „Śnieżnik”	Masyw Śnieżnika (Kamienica) Poland	2 964
Źródło radoczynne nr 4 Radon source no. 4	Świerdów Zdrój, Poland	2 893
Źródło nr 18 Source No. 18	Szklarska Poręba, Poland	1 772

rozpuszczalność gazów jest mniejsza, często zawierają radon w stężeniach przekraczających kilkaset, czy nawet $1000 \text{ Bq}\times\text{dm}^{-3}$, a nierzadko także znacznie więcej (tab. 1.).

Wody mineralne stosowane w lecznictwie uzdrowiskowym zawierają sole mineralne wypłukiwane z głębszych warstw litosfery oraz rozpuszczalne gazy: dwutlenek węgla i radioaktywny gaz radon ^{222}Rn (9). Radon uwolniony z wody do powietrza jest źródłem zagrożenia dla pracowników zatrudnionych przy wykorzystaniu wód mineralnych.

Długotrwałe oddychanie powietrzem zawierającym zwiększone ilości radonu i jego radioaktywnych produktów rozpadu w postaci aerozoli promieniotwórczych powoduje zwiększenie ryzyka zachorowalności na nowotwory płuc. W uzdrowiskach znaczne ilości wody mineralnej zwykle wykorzystuje się w pomieszczeniach zamkniętych, takich jak łazienki, inhalatornia, baseny itp. (10). W takich warunkach może dochodzić do koncentracji radonu w pomieszczeniach, w których przebywają pracownicy. Zjawisko to może mieć także miejsce podczas stosowania wód nieradonowych, czyli zawierających mniej niż 74 Bq/l (2 nCi/l) radonu w litrze wody (10).

Wodę zawierającą duże ilości radonu — tzw. wody radonowe — stosuje się w lecznictwie uzdrowiskowym w kuracji pitnej i w postaci inhalacji (10).

Celem przedstawionych badań było rozpoznanie obecnego zagrożenia radiacyjnego na radon personelu uzdrowisk wynikającego z możliwej obecności w wodach leczniczych tego gazu.

MATERIAŁ I METODA POMIARÓW

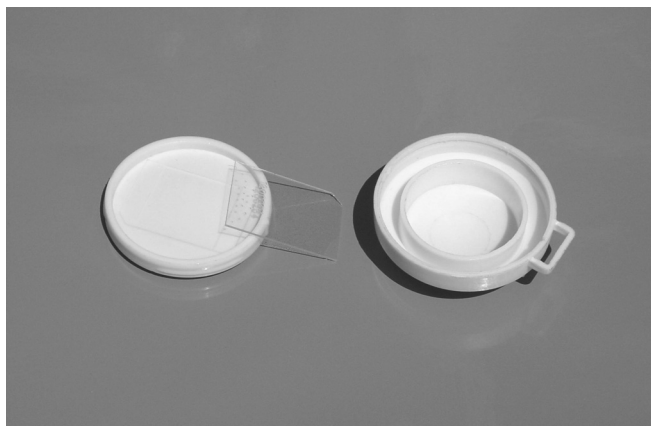
W roku 2007 wysłano do 101 uzdrowisk polskich po 5 dozymetrów pasywnych zamkniętych z detektorem śladowym CR-39. Badaniami objęto cały kraj.

Techniki pomiarowe służące do pomiaru stężenia aktywności radonu wykorzystują najczęściej promieniowanie alfa emitowane podczas rozpadu radonu i niektórych krótko żyjących produktów jego rozpadu (polon ^{218}Po i ^{214}Po).

Do pomiarów średniego miesięcznego stężenia aktywności radonu zastosowano dozymetry pasywne z detektorem śladowym. Określenie 'dozymetr pasywny' oznacza, że rejestracja promieniowania następuje w sposób bierny bez użycia wspomagających urządzeń mechanicznych. Dozymetr pasywny składa się z kasety dozymetrycznej i detektora śladowego. W badaniach zastosowano dozymetr pasywny typu NRPB (11).

Kaseta dozymetryczna zamknięta typu NRPB wykonana jest z tworzywa sztucznego i składa się z dwóch części. Wymiary kaset to: średnica — $5,5 \text{ cm}$, grubość — 2 cm . Detektor śladowy typu CR-39 umieszczony jest wewnątrz kasety. Istotną cechą konstrukcyjną kasety NRPB jest to, że po jej zamknięciu poprzez mikroszczeliny dyfunduje do środka wyłącznie gaz. W komorze kasety ustala się więc takie stężenie radonu, jakie panuje w otaczającym kasetę powietrzu, niezależnie od stężenia pochodnych radonu. Jest to miernik ekspozycji na radon. W przypadku znajomości dokładnego czasu pomiaru można wyliczyć średnie stężenie radonu występujące w powietrzu w tym okresie. Dozymetr NRPB zaprezentowany jest na rycinie 1.





Podstawowe dane techniczne
 wymiary detektora: 2,7×3,9 cm
 dolny próg detekcji: 50 kBqhm⁻³
 górny próg detekcji: 1 MBqhm⁻³
 precyzja pomiaru: 15%
 maks. powierzchnia analizowana: 450 mm²
 tło własne detektora: 1,1 ślmm⁻²

Ryc. 1. Rozłożona kaseta dozymetryczna typu NRPB z detektorem CR-39.

Fig. 1. Disassembled NRPB dosimetric cassette with CR-39 detector.

Po zakończeniu ekspozycji detektory CR-39 poddawane są obróbce chemicznej polegającej na ich wytrawieniu w 20% roztworze NaOH w temperaturze 80°C, w czasie 18 godzin. Analiza detektorów śladowych dokonywana jest za pomocą automatycznego systemu analizy obrazu będącego na wyposażeniu Instytutu Medycyny Pracy w Łodzi. W wyniku analizy otrzymuje się gęstość śladów na mm², która następnie przeliczana jest na wielkość ekspozycji, jakiej poddany był detektor (12).

WYNIKI POMIARÓW

W tabeli 2. zamieszczone są podstawowe dane dotyczące realizowanych badań.

Tabela 2. Dane podstawowe dotyczące przeprowadzonych badań
Table 2. Essential data on our study

Lp. No.	Wielkość charakteryzowana Specification	Liczba Number
1	Dozymetry wysłane do uzdrowisk Dosimeters sent to Spas	505
2	Uzdrowiska, które otrzymały dozymetry do badań Spas that received the dosimeters	101
3	Uzdrowiska, które odesłały dozymetry Spas that returned the dosimeters	81
4	Uzdrowiska, które nie eksponowały dozymetrów Spas that did not expose the dosimeters	5
5	Uzdrowiska, które brały udział w badaniu Spas participating in the study	76

W 2 uzdrowiskach (Świeradów Zdrój i Łądek Zdrój) zmierzono stężenia przekraczające 1000 Bqm⁻³, co oznacza możliwość otrzymania przez pracowników uzdrowisk dawek rocznych przekraczających 6 mSv. Oszacowania dawek dokonano na podstawie zaleceń zawartych w Międzynarodowych Podstawowych Normach Ochrony Przed Promieniowaniem Jonizującym i Bezpieczeństwa Źródeł Promieniowania (13). I tak przy założeniu 2000 godzin pracy w roku współczynniki konwersji wynoszą:

$$1 \text{ Bq} \times \text{h} \times \text{m}^{-3} \cong 4,45 \times 10^{-3} \text{ mJ} \times \text{h} \times \text{m}^{-3} \quad [1]$$

$$1 \text{ mJ} \times \text{h} \times \text{m}^{-3} \cong 1,4 \text{ mSv} \quad [2]$$

Proste wyliczenie matematyczne wykazuje, że roczna praca przy stężeniu radonu w powietrzu 1000 i więcej Bqm⁻³ spowoduje otrzymanie przez pracownika dawki przekraczającej 6 mSv, co oznacza konieczność zaliczenia go do kategorii A narażenia na promieniowanie jonizujące (14).

Z kolei w 4 uzdrowiskach zmierzono stężenia z przedziału od 500 do 1000 Bqm⁻³. Zestawienie wyników pomiarów z tych 6 uzdrowisk zamieszczone są w tabeli 3.

W 7 uzdrowiskach stężenie radonu zawierało się w przedziale od 200 do 500 Bqm⁻³. Przekroczenie wielkości stężenia radonu w powietrzu wynoszące 200 Bqm⁻³ może być istotne z punktu widzenia ochrony radiologicznej, w szczególności przy braku świadomości o istnieniu potencjalnego zagrożenia od radonu. Łącznie problem ekspozycji na radon może dotyczyć około 160 osób.

W 63 uzdrowiskach (83% przebadanych) zmierzono stężenia poniżej 200 Bqm⁻³. Nie ma w nich problemu radonu i powodowanego przez niego zagrożenia. Zestawienie wyników pomiarów zamieszczono w tabeli 4.

Od 2000 r. obowiązuje w Polsce Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. — Prawo atomowe (14), która reguluje zagadnienia związane z działalnością polegającą na wykorzystywaniu energii atomowej. Ustawa ta ma zastosowanie również w przypadku zwiększonego narażenia na naturalne promieniowanie spowodowane działalnością człowieka. W artykule 23. tej ustawy do działalności powodującej zwiększone ryzyko na promieniowanie jonizujące ustawodawca zaliczył tę, która jest związana z wykonywaniem prac w zakładach górniczych, jaskiniach oraz w uzdrowiskach. Ocena narażenia, według cytowanej ustawy, dokonywana może być na podstawie pomiarów dozymetrycznych w środowisku pracy.

Przebywanie w atmosferze zawierającej radon powoduje otrzymanie przez człowieka dawki na płuca i w konsekwencji możliwość wywołania nowotworu płuc.

Niestety, do tej pory nie ukazały się przepisy wykonawcze do ww. ustawy. Miejmy nadzieję, że realizowany



Tabela 3. Wyniki pomiarów średnich miesięcznych wartości stężenia aktywności radonu w uzdrowiskach gdzie stwierdzono przekroczenie 500 Bqm⁻³

Table 3. Results of measurements of mean monthly values of radon activity concentrations in Spas where the value of 500 Bqm⁻³ was exceeded

Lp. No.	Nazwa uzdrowiska Spa	Miesięczne stężenie aktywności radonu w powietrzu Monthly radon activity concentration in the air (Bqm ⁻³)		
		średnie mean	maksymalne maximum	minimalne minimum
1	Uzdrowisko „Świeradów — Czerniawa” Sp. z o.o. Świeradów — Zdrój	3372	13960	350
2	Uzdrowisko „Łądek — Długopole” S.A. Łądek Zdrój	903	2180	50
3	Sanatorium Uzdrowiskowe „Moniuszko” Duszniki Zdrój	416	530	250
4	Sanatorium Uzdrowiskowe „Złocień” Ustroń	290	660	60
5	Szpital Uzdrowiskowy dla Dzieci Świeradów Zdrój	383	530	300
6	Sanatorium Uzdrowiskowe „Chemik” NZOZ Duszniki Zdrój	178	560	50

Tabela 4. Rozkład stężeń radonu w uzdrowiskach
Table 4. Distribution of radon concentrations in Spas

Lp. No.	Wielkość charakteryzowana w Bqm ⁻³ Specification (Bqm ⁻³)	Liczba uzdrowisk Number of Spas	Procent Percent
1	< 200	63	83
2	200–500	7	9,1
3	500–1000	4	5,3
4	> 1000	2	2,6
	Uzdrowiska objęte badaniami Spa covered by the study	76	100

obecnie (planowane zakończenie w 2008 r.) projekt WHO dotyczący radonu (International Radon Project — IRP) zmobilizuje polskich ustawodawców do wydania odpowiednich rozporządzeń. Projekt IRP ma na celu wydanie poradnika zawierającego wytyczne, jak zmniejszać i szacować ryzyko.

WNIOSKI

W 13 uzdrowiskach około 160 osób może być narażonych na dawki promieniowania istotne z punktu widzenia ochrony radiologicznej i wymagające systematycznej oceny ekspozycji na radon. W 2 z nich powinna być to dozymetria indywidualna, w 4 — dozymetria środowiskowa, a w 7 należałoby prowadzić systematyczne pomiary stężeń radonu w celu zweryfikowania stopnia narażenia na radon. W pozostałych uzdrowiskach narażenie na radon jest na poziomie średniego narażenia populacji w Polsce.

PIŚMIENNICTWO

1. Cothorn C.R., Smith J.E. Jr [red.]: Environmental Radon. Plenum Press, New York 1987
2. Pachocki K., Gorzkowski B., Wilejczyk E., Smoler J.: Zawartość radonu ²²²Rn w wodzie do picia w Świeradowie

Zdroju i Czerniawie Zdroju. Roczn. Państw. Zakł. Hig. 2000;51(1):43–52

3. Przylibski T.A.: Radon w środowisku wód podziemnych i górnej części litosfery. Wiad. Chem. 2002;56(11–12):1003–1033
4. Przylibski T.A.: Size estimation and protection of the areas supplying radon to groundwater intakes. Arch. Environ. Prot. 2000;26(1):55–71
5. Skłodowska-Curie M.: Promieniotwórczość. PWN, Warszawa 1953
6. Amelung W., Evers A.: Handbuch der Bader — und Klimaheilkunde. Friedrich-Karl Schattauer-Verlag, Stuttgart 1962
7. Horiuchi K.: Radon in natura water. W: Katase A., Shimo M. [red.]: Proceedongs of the 7th Tohwa University International Symposium „Radon and thoron in the human environment”, Fukuoka, Japan 23–25 October 1997. World Scientific Publishing, Singapore, New Jersey, London, Hong Kong 1988, ss. 465–473
8. Ciężkowski W.: Studium hydrogeochemii wód leczniczych Sudetów polskich. Pr. Nauk. Inst. Geotechn. Polit. Wr. 1990;60(19)
9. Przylibski T.A.: Radon. Składnik swoisty wód leczniczych Sudetów. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2005
10. Kochański J.W.: Balneologia i hydroterapia. Akademia Wychowania Fizycznego, Wrocław 2002
11. Gilvin P.J., Bartlett D.T.: Performance of a PADCRadon dose meter. Nucl. Tracks Radiat. Meas. 1988;15(1–4):571–576
12. Kluszczyński D., Kamiński Z.: Opracowanie algorytmu korelacji gęstości śladów detektorów promieniowania alfa w automatycznym systemie analizy obrazu. Raport końcowy tematu IMP 16.5. Instytut Medycyny Pracy, Łódź 2000
13. Międzynarodowe Podstawowe Normy Ochrony przed Promieniowaniem Jonizującym i Bezpieczeństwa Źródeł Promieniowania. Państwowa Agencja Atomistyki, Warszawa 1997
14. Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. Prawo atomowe — tekst jednolity. DzU z 2007 r. nr 42, poz. 276

