

KRZYSZTOF A. PACHOCKI, BOHDAN GORZKOWSKI, ZDZISŁAW RÓŻYCKI, KAMIL WIEPRZOWSKI, ELŻBIETA WILEJCZYK¹, JACEK SMOTER¹

RADON ²²²Rn W WODZIE DO PICIA Z TERENU POGÓRZA IZERSKIEGO

RADON-222 IN DRINKING WATER OF IZERA PLATEAU

Zakład Ochrony Radiologicznej i Radiobiologii
Państwowy Zakład Higieny
00–791 Warszawa, ul. Chocimska 24
Kierownik: dr *K.A. Pachocki*
¹ Sekcja Ochrony Radiologicznej,
Oddział Zamiejscowy w Jeleniej Górze
Wojewódzka Stacja Sanitarno-Epidemiologiczna we Wrocławiu
58–500 Jelenia Góra, ul. Kasprowicza 17
Kierownik Oddziału: lek. med. *Z. Bucki*

Oznaczano ilościowo stężenia radonu ²²²Rn w wodzie powierzchniowej i podziemnej oraz w wodzie ze studni indywidualnych na terenie Pogórza Izerskiego. Radon oznaczano metodą ciekłej scyntytacji cząstek alfa.

WSTĘP

Góry Izerskie stanowią zachodnią część Sudetów. Na wschodzie graniczą z Karkonoszami poprzez Przełęcz Szklarską, na zachodzie sięgają Bramy Łużyckiej. Zbudowane są z gnejsów, granitoidów i łupków łuszczkowych. Wody krystalicznych formacji geologicznych charakteryzują się niewielką ogólną mineralizacją. Dotyczy to głównie subregionów karkonosko-izerskich.

Jak wiadomo skały metamorficzne: granity i gnejsy zawierają podwyższoną koncentrację uranu i radu co ma wpływ na formowanie się wód radonoczynnych. Na terenie Pogórza Izerskiego występują złoża uranu w formie żył, gniazd lub słupków rudnych. Od 1948 r. wydobywano rudę uranu w miejscowościach: Radoniów, Czerniawa, Kopaniec, Mała Kamienica, Kromnów oraz Szklarska Poręba. Złoża rudy uranowej należały do ubogich (średnio 0,2% uranu) i były przerabiane w Zakładach Przemysłowych R-1 w Kowarach na 50% koncentrat uranowy, który wywożony był do ZSRR [14]. Produktami rozpadu szeregu uranowo-radowego m.in. jest: rad ²²⁶Ra oraz radon ²²²Rn. Radon wraz ze swoimi produktami rozpadu (²¹⁸Po, ²¹⁴Pb, ²¹⁴Bi, ²¹⁴Po) stanowi największe źródło dawki otrzymanywanej przez ogół ludności (głównie drogą inhalacyjną) z naturalnych źródeł promieniowania jonizującego [1].

Wspomniane powyżej uwarunkowania geologiczne były powodem przystąpienia do wykonywania pomiarów radonu w wodzie do picia na tym obszarze. Generalnie, w ostatnim czasie rośnie zainteresowanie badaniami poziomu stężenia radonu ²²²Rn

w wodzie pitnej [2, 11–13]. Niniejsza praca jest kolejną z cyklu prac poświęconych tym zagadnieniom [4–10].

MATERIAŁ I METODY

Próbki wody z terenu Pogórza Izerskiego pobierane były w latach 1997–2001 r. Do naczynka Packard zawierającego 10 ml roztworu scyntylacyjnego Opti-Fluor 0 pipetowano 10 ml badanej próbki wody. Pomiar radonu wykonywano metodą ciekłej scyntylacji cząstek *alfa* i *beta* przy wykorzystaniu licznika Packard Tri-Carb 1900 TR [6–8]. Czas zliczania próbek wynosił od 15 do 40 minut, a błąd oznaczania (zależnie od mierzonej aktywności) kształtował się w przedziale 5 – 12%. Pomiar rozpoczynano minimum po 8 godzinach od czasu dodania wody do roztworu organicznego (scyntyлятора). W tym czasie radon przechodził w naczynku całkowicie do górnej fazy organicznej i ustalała się równowaga między radonem a jego krótkożyjącymi produktami rozpadu. Rejestrowane były trzy cząstki *alfa* i dwie cząstki *beta* powstające z rozpadu radonu-222 i jego pochodnych.

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Prawie całe zaopatrzenie Szklarskiej Poręby w wodę pochodzi z ujęć powierzchniowych. Stężenie radonu w tych wodach jest niskie i zawiera się w przedziale od 1,23 Bq/l do 4,32 Bq/l. Jedyne ujęcie podziemne wód – „Huta Julia” z warstwy geologicznej czwartorzędowej, dające ok. 3% zaopatrzenia miasta w wodę, wykazuje wysokie stężenie radonu. Mierzone w różnych porach roku w wodzie nie uzdatnionej wahało się ono od 294,4 Bq/l do 319,5 Bq/l. W wodzie uzdatnionej było niższe i wahało się od 217,0 Bq/l do 250,3 Bq/l. Wody podziemne z tego ujęcia nie są mieszane w sieci miejskiej z wodami powierzchniowymi. Zasilają one tylko częściowo osiedle Huty (Tab. I).

Tabela I. Stężenia radonu-222 w wodzie z ujęć wodociągowych w Szklarskiej Porębie
Radon ^{222}Rn concentration water from water-supply stations in Szklarska Poręba

L.p.	Nazwa ujęcia	Stężenie radonu ^{222}Rn w wodzie Bq/l (\pm SD)	
		Przed uzdatnieniem	Po uzdatnieniu
A. Wody powierzchniowe:			
1.	„Łabski Szczyt” – wody ze Szrenickiego Potoku	1,62 (\pm 12,4%)	–
2.	„Kamieńczyk” – wody z rzeki Kamieńczyk	1,69 (\pm 12,3%)	1,65 (\pm 12,8%)
3.	„Biała Dolina” – wody z potoku Biała Dolina	4,32 (\pm 11,1%)	–
4.	„Wysoki Kamień” – wody z potoku Wysoki Kamień	3,29 (\pm 11,5%)	1,50 (\pm 12,7%)
5.	„Huta Julia” – wody z rzeki Kamiennej	1,23 (\pm 12,6%)	1,86 (\pm 12,2%)
B. Wody podziemne:			
1.	„Huta Julia” – studnia pobiera wodę z warstwy geologicznej IV rzędowej	294,42–319,49 (\pm 5,0%)	217,00–250,28 (\pm 5,0%)

Wody z ujęć powierzchniowych zasilające sieć wodociągową w innych miastach i osiedlach regionu wykazują również niskie stężenia radonu, nie przekraczające 10 Bq/l. Tylko ujęcie w Krobicy wykazuje wyższe stężenia, od 18,9 Bq/l do 23,5 Bq/l (Tab. II).

Tabela II. Stężenia radonu-222 w wodzie z powierzchniowych ujęć wodociągowych Pogórza Izerskiego
Radon ^{222}Rn concentration in surface water from water-supply stations in Izera Plateau

L.p.	Lokalizacja i nazwa ujęcia	Stężenie radonu ^{222}Rn w wodzie Bq/l (\pm SD)	
		Przed uzdatnieniem	Po uzdatnieniu
1.	Mirsk – I ujęcie	0,62 (\pm 11,3%)	–
2.	Szklarska Poręba – ze wszystkich 5-ciu ujęć	1,23–4,32 (\pm 11,8%)	1,50–1,86 (\pm 12,2%)
3.	Pisarzowice	1,34 (\pm 9,7%)	1,48 (\pm 9,7%)
4.	Świeradów Zdrój: – ujęcie „Bronka Czecha” (strumień „Santa Maria”) – ujęcie „Wrzos” (strumień „Mirotka”)	6,91 (\pm 8,4%) 1,97 (\pm 12,5%)	7,26 (\pm 8,3%)
5.	Czarniawa Zdrój – ujęcie „Łużyce” na Czarnym Potoku	2,46 (\pm 10,1%)	2,22 (\pm 10,2%)
6.	Krobica – ujęcie na Potoku Krobica	–	18,9–23,5 (\pm 5,9%)

Większość ujęć wód na terenie Pogórza Izerskiego pobiera do zasilania wodociągów wody podziemne. Wody te wykazują znacznie większą koncentrację radonu niż wody powierzchniowe. W 40% ujęć podziemnych wód (nie uzdatnionych) stwierdzono stężenia radonu przekraczające 100 Bq/l. Zakres obserwowanych stężeń wynosił od 113,3 Bq/l do 464,5 Bq/l.

Radon w procesie uzdatniania wody, które trwa w czasie, ulega rozpadowi promieniotwórczemu oraz odparowuje z basenów odstojnikowych, co powoduje jego niższe stężenie w wodzie uzdatnionej. Tylko 25% wód uzdatnionych zawierało stężenia radonu przekraczające 100 Bq/l (od 115,9 Bq/l do 250,3 Bq/l) (Tab. III).

Tabela III. Stężenia radonu-222 w wodzie podziemnej z ujęć wodociągowych Pogórza Izerskiego
 Radon ²²²Rn concentration in groundwater from water-supply stations in Izerza Plateau

Lp	Nazwa miejscowości i lokalizacja ujęcia	Stężenie radonu ²²² Rn w wodzie Bq/l (±SD)	
		Przed uzdatnieniem	Po uzdatnieniu
1.	Lubań, ujęcie w Pisarzowicach	3,61–4,96 (±8,9%)	3,20–6,51 (±8,8%)
2.	Leśna	113,35–119,69 (±5,0%)	62,98–119,00 (±5,0%)
3.	Nowa Świdnica i Sulików	–	38,97–50,30 (±5,3%)
4.	Gryfów Śl., Stacja Pomp I Stacja Pomp II	355,97 (±4,9%) 21,70 (±5,3%)	45,90 (±5,1%) 10,58–11,46 (±7,3%)
5.	Wleń	–	28,62–34,78 (±5,6%)
6.	Lwówek Śląski	37,71–60,88 (±5,8%)	24,70–59,29 (±5,4%)
7.	Mirsk, ujęcie II	320,92 (±5,0%)	184,32 (±5,0%)
8.	Stara Kamienica	123,51–194,11 (±4,9%)	82,65–115,90 (±4,9%)
9.	Jakuszyce	371,03–403,63 (±5,0%)	–
10.	Szklarska Poręba, „Huta Julia”	249,42–319,49 (±5,0%)	217,00–250,28 (±5,0%)
11.	Lubomierz	1,92–2,73 (±10,3%)	–
12.	Złotniki	74,48–81,23 (±4,9%)	–
13.	Siekierczyn	14,44 (±7,8%)	6,98 (±9,3%)
14.	Świeradów Zdrój, studnia artezyjska „Leśna Droga”	321,21–464,52 (±4,9%)	–
15.	Wyręba	8,81 (±7,3%)	4,40 (±9,1%)
16.	Pobiedna	164,91 (±5,3%)	150,93 (±5,7%)
17.	Sobota	59,43 (±7,1%)	24,98 (±8,0%)
18.	Płakowice	31,76 (±7,4%)	31,01 (±7,4%)
19.	Rakowice Małe	13,55 (±7,4%)	14,59 (±7,5%)
20.	Jerzmanki	14,42 (±8,2%)	13,09 (±8,7%)

Na Pogórzu Izerskim występują również liczne studnie przydomowe, także w miejscowościach posiadających wodociągi. Najczęściej są to studnie kopane, o kilkumetrowej głębokości. Niektóre wsie nie posiadają wodociągów i studnie przydomowe są jedynym źródłem zaopatrzenia w wodę. We wszystkich badanych miejscowościach (poza Antonowem) występowały studnie, w których stężenie radonu przekraczało 100 Bq/l. Zakres pomierzonych stężeń wahał się od 25,8 Bq/l do 1095,1 Bq/l (Tab. IV).

Tabela IV. Stężenia radonu-222 w wodach ze studni indywidualnych z Pogórza Izerskiego
Concentration of radon-222 in well waters in Izera Plateau

Lp	Nazwa miejscowości i lokalizacja ujęcia	Stężenie radonu ^{222}Rn w wodzie Średnio [Bq/l (\pm SD)] (Zakres)
1.	Szklarska Poręba	119,99 (\pm 5,0%) (54,62–152,85)
2.	Świeradów Zdrój	438,51 (\pm 4,9%) (42,02–1095,11)
3.	Czerniawa Zdrój	165,27 (\pm 5,0%) (25,81–402,43)
4.	Pobiedna	144,71 (\pm 5,0%) (97,54–169,01)
5.	Stara Kamienica	285,40 (\pm 4,9%) (64,50–1037,60)
6.	Mała Kamienica	70,79 (\pm 5,3%) (33,15–104,69)
7.	Kromnów	200,01 (\pm 4,9%) (79,74–378,60)
8.	Kopaniec	501,38 (\pm 4,8%) (166,61–832,14)
9.	Wola Kromnowska	285,78 (\pm 4,9%) (51,69–637,74)
10.	Chromiec	126,62 (\pm 5,0%) (112,93–147,77)
11.	Rybnica	156,82 (\pm 5,0%) (32,89–449,55)
12.	Kwieciszowice	84,85 (\pm 5,2%) (25,91–155,66)
13.	Antoniów	58,69 (\pm 5,7%) (19,55–90,32)
14.	Proszowa – źródło górskie „Stuletnia Woda”	903,33 (\pm 4,8%)

WNIOSKI

1. Podziemne ujęcia wód stanowią ok. 66 % zaopatrzenia sieci wodociągowej na terenie Pogórza Izerskiego.

2. Wody podziemne używane do zasilania wodociągów zawierają wielokrotnie więcej radonu ^{222}Rn niż wody powierzchniowe.

3. Studnie indywidualne zawierają na ogół więcej radonu niż wody podziemne zasilające sieci wodociągowe.

4. Wysokie stężenia radonu-222 w wodach podziemnych można znacznie obniżyć w procesie uzdatniania wody przez napowietrzanie w otwartych basenach lub dla małych ujęć przepuszczając wodę przez urządzenia zawierające granulowany węgiel aktywowany.

K.A. Pachocki, B. Gorzkowski, Z. Różycki, K. Wieprzowski,
E. Wilejczyk, J. Smoter

RADON-222 IN DRINKING WATER OF IZERA PLATEAU

Summary

Radon-222 concentration in surface water, wells water and tap water in the main towns and villages which are located in area of Izera Plateau has been quantitative determined. The measurements were performed using the *alpha* liquid scintillation counting method.

The main waterworks in Szklarska poręba is supplied with the surface water in which the radon concentration is low: from 1,23 Bq/l to 4,32 Bq/l. Waterworks "Huta Julia" is supplied with the ground water have a high radon concentration: from 294,4 Bq/l to 319,5 Bq/l.

Majority of waterworks in Izera Plateau is supplied with the ground water in which the radon concentration is high: from 113,3 Bq/l to 464,5 Bq/l.

The appropriate mean value for water of individual wells was 253,0 Bq/l, within the range from 25,8 Bq/l to 1095,1 Bq/l.

PIŚMIENNICTWO

1. BEIR IV: Health risks of radon and other internally deposited alpha emitters. U.S. National Research Council Report, National Academy Press, Washington, D.C. 1988.
2. Kozłowska B., Hetman A., Zipper W.: Determination of ^{222}Rn in natural water samples from health resorts in the Sudety Mountains by the liquid scintillation technique. *Applied Radiation and Isotopes*, 1999, 51, 475–480.
3. Marszałek H.: Hydrogeologia górnej części zlewni Kamiennej w Sudetach Zachodnich. Wyd. Uniwersytetu Wrocławskiego. Wrocław 1996, 1–100.
4. Pachocki K., Gorzkowski B., Wilejczyk E., Smoter J.: Zawartość radonu ^{222}Rn w wodzie do picia w Świeradowie Zdroju i Czerniawie Zdroju. *Roczn. PZH* 2000, 51, 43–52.
5. Pachocki K., Flakiewicz W., Gorzkowski B., Różycki Z., Majle T.: Radon ^{222}Rn w wodach głębinowych z terenu województwa płockiego. *Notatki Płockie* 1998, 137, 4, 50–52.
6. Pachocki K., Gorzkowski B., Majle T., Różycki Z.: Występowanie radonu ^{222}Rn w wodzie z ujęć głębinowych na terenie Pojezierza Mazurskiego. *Roczn. PZH* 1997, 48,1, 69–77.
7. Pachocki K., Gorzkowski B., Majle T., Różycki Z., Peńsko J., Poręba I.: Pomiar stężenia radonu ^{222}Rn w wodzie z ujęć głębinowych na terenie Warszawy. *Roczn. PZH* 1996, 47, 285–293.
8. Pachocki K., Gorzkowski B., Różycki Z., Majle T.: Zawartość radonu w wodzie z ujęć głębinowych gdańskiego regionu hydrogeologicznego. *Roczn. PZH* 1999, 50, 145–155.
9. Pachocki K.A.: Radon w środowisku. *Ekologia i Zdrowie*, Warszawa 1995.
10. Pachocki K.A., Gorzkowski B., Różycki Z., Wilejczyk E., Smoter J.: Radon-222 w wodzie do picia z obszaru Jeleniej Góry. *Roczn. PZH* 2001, 52, 237–246.
11. Przylibski T.A.: Wybrane uwarunkowania występowania radonu-222 w Sudetach. Praca doktorska, Politechnika Wrocławska, Wydział Górniczy, Instytut Geotechniki i Hydrotechniki, Wrocław 1997 r.
12. Przylibski T.A., Żebrowski A.: Origin of radon in medicinal waters of Świeradów Zdrój. *Nukleonika* 1996, 41, 4, 109–116.
13. WHO: Guidelines for drinking water quality. Vol. Recommendations. Geneva, 1993, 4, 114–121.
14. Zdułski M. (Red.): Człowiek, środowisko, zagrożenia. Państwowa Agencja Atomistyki w Warszawie, Wyższa Szkoła Pedagogiczna w Zielonej Górze, Wyd. Nauczycielskie, Jelenia Góra 2000 r.

Otrzymano: 2001.11.16