

*radon, Rn-222, woda podziemna,
woda radonowa, masyw granitoidowy Strzegom–Sobótka*

Joanna Maria POLCYN*

WYSTĘPOWANIE RADONU W WODACH PODZIEMNYCH NA WSCHÓD OD STRZEGOMIA W REJONIE MASYWU GRANITOIDOWEGO STRZEGOM–SOBÓTKA

W artykule przedstawiono wyniki badań stężenia radonu w wodach podziemnych na wschód od Strzegomia w rejonie masywu granitoidowego Strzegom–Sobótka. Pomiary wykonywano w Laboratorium Hydrogeologicznym na Wydziale Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii przy użyciu ultraniskotłowego spektrometru ciekłoscyntylacyjnego Quantulus 1220. Uzyskane wyniki wyniosły od 0,9 do 288,5 Bq/dm³. Wartości stężenia radonu większe (lub równe) niż 74 Bq/dm³, oznaczające minimalne stężenie radonu, które powoduje korzystne oddziaływanie dla organizmu, zanotowano jedynie w próbkach wody pobranych ze wsi Wiśniowa.

1. WSTĘP

Radon jest gazem radioaktywnym, który powstaje z rozpadu ²²⁶Ra w skałach. O jego stężeniu w wodach podziemnych decydują: współczynnik emanacji skał zbiornikowych i stężenie macierzystego radu – ²²⁶Ra w tych skałach oraz zmiany objętości i prędkości przepływu, a także mieszanie się różnych składowych wód podziemnych w systemie ich krążenia (Przylibski 2006). Wraz ze wzrostem współczynnika emanacji skał zbiornikowych, tj. ze zwiększeniem się ilości radonu uwalnianego do porów i szczelin skalnych, jak również ze wzrostem ²²⁶Ra w tych skałach, zwiększa się stężenie ²²²Rn w wodach podziemnych przeznie przepływających. Zmiany objętości i prędkości przepływu oraz mieszanie się różnych składowych wód podziemnych w systemie ich krążenia mogą prowadzić do zmniejszenia bądź zwiększenia stężenia radonu w wodach podziemnych.

* Politechnika Wroclawska, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii, Instytut Górnictwa, Zakład Geologii i Wód Mineralnych, Plac Teatralny 2, 50-051 Wrocław.

Celem pracy jest wyznaczenie obszarów o zwiększonej zawartości radonu w wodach podziemnych. Pomiary wykonywane przez autorkę artykułu mogą być wykorzystywane w ochronie radiologicznej ludności, która zamieszkuje obszary o podwyższonym potencjale radonowym. Radon rozpuszczony w wodzie odgrywa istotną rolę w życiu człowieka gdy w czasie jej rozpylania (podczas prysznicu bądź kąpieli) oraz gotowania uwalniania się on do atmosfery, skąd jest następnie inhalowany w czasie oddychania (Przylibski 2006). Wtedy wody te mogą stanowić istotne źródło radonu obecnego w powietrzu pomieszczeń mieszkalnych. Wysokie stężenie radonu we wdychanym powietrzu może powodować zagrożenie zwiększonym ryzykiem zachorowania na raka płuc.

Jednocześnie wykonywane badania mogą mieć duże znaczenie z punktu widzenia medycyny (balneologii), ponieważ wody radonowe są uznawane za potencjalnie lecznicze. Badania autorki pozwalają wyznaczyć obszary o minimalnym stężeniu radonu, które powoduje korzystne oddziaływanie dla organizmu. Według Szmytówny (1955) stężenie to wynosi co najmniej 74 Bq/dm^3 . Niemniej jednak w ujęciu wody leczniczej koncentracja radonu powinna być większa (wynosić co najmniej 100 Bq/dm^3) aby stężenie tego gazu ulegającego rozpadowi promieniotwórczemu w czasie magazynowania i transportu nie uległo zmniejszeniu poniżej 74 Bq/dm^3 . Nie wyznaczono jeszcze dopuszczalnej górnej granicy stężenia radonu w radonowych wodach leczniczych i potencjalnie leczniczych (Przylibski 2006).

2. MASYW GRANITOIDOWY STRZEGOM–SOBÓTKA

Masyw granitoidowy Strzegom–Sobótka znajduje się na bloku przedsudeckim między Jaworem i Męcinką na zachodzie, a Strzeblowem i Wirkami na wschodzie (Puziewicz 1990). Rozciąga się on w kierunku WNW–ESE na długość około 50 km i osiąga maksymalną szerokość 12 km. Na południowym wschodzie masyw granitoidowy graniczy z amfibolitami, serpentynitami i gabrami kompleksu ofiolitowego Ślęży (rys. 1). Na południu masyw Strzegom–Sobótka graniczy z gnejsami kompleksu sowiogórskiego. Granicę południową wyznacza linia Gogołów–Grabina Śląska–Dobromierz, której część stanowi uskoki Strzegomia–Świdnicy. Na południowym zachodzie masyw ograniczony jest sudeckim uskokiem brzeżnym.

Szczegółowe opisy petrograficzne granitoidów przedstawił Majerowicz (1963; 1972). Wyróżnił on trzy zasadnicze ich odmiany: granodioryt biotytowy, granit dwuływczykowy oraz granit biotytowo-hornblendowy. Na powierzchni granity odsłaniają się fragmentarycznie (Depciuch 1971). Największe odsłonięcia tworzą na północnym zachodzie w okolicy Strzegomia oraz na północnym wschodzie w rejonie Sobótki.



Rys. 1. Wschodnie podczwartorzędowe granitoidów w masywie Strzegom–Sobótka (Cymerman 2004).

Fig. 1. Sub-quaternary outcrops of granitoids in Strzegom–Sobótka massif (Cymerman 2004).

3. CHARAKTERYSTYKA GEOLOGICZNA I TEKTONICZNA MASYWU GRANITOIDOWEGO STRZEGOM–SOBÓTKA NA WSCHÓD OD STRZEGOMIA

Swoje badania autorka prowadziła w części wschodniej wychodni granitidowych (na wschód od Strzegomia) masywu Strzegom–Sobótka (obszar zaznaczono na rysunku 1). Puziewicz (1990) wyróżnił na tym obszarze 4 główne rodzaje granitów: granodioryt biotytowy, granit dwuływczykowy, granit biotytowy oraz granit biotytowo-hornblendowy. Mapa geologiczna masywu granitoidowego Strzegom–Sobótka na wschód od Strzegomia, zawierająca zróżnicowanie odmian granitoidów, została przedstawiona na rysunku 2.

W północno-zachodniej części obszaru badań znajduje się duże wystąpienie granitów biotytowych (rys. 1), które Maciejewski i Morawski (1975) scharakteryzowali jako odmiana Granicznej. Granity te występują także na sąsiednim arkuszu Strzegom (Kural 1980) nieujętych na mapie, m.in. w pobliżu miejscowości Graniczna, a w rejonie obszaru badań kontynuują się aż do miejscowości Skarżyce. Ich niewielkie wystąpienia znajdują się także na północ od Przyłęgowa i Łazan. Skały te kontaktują z łup-

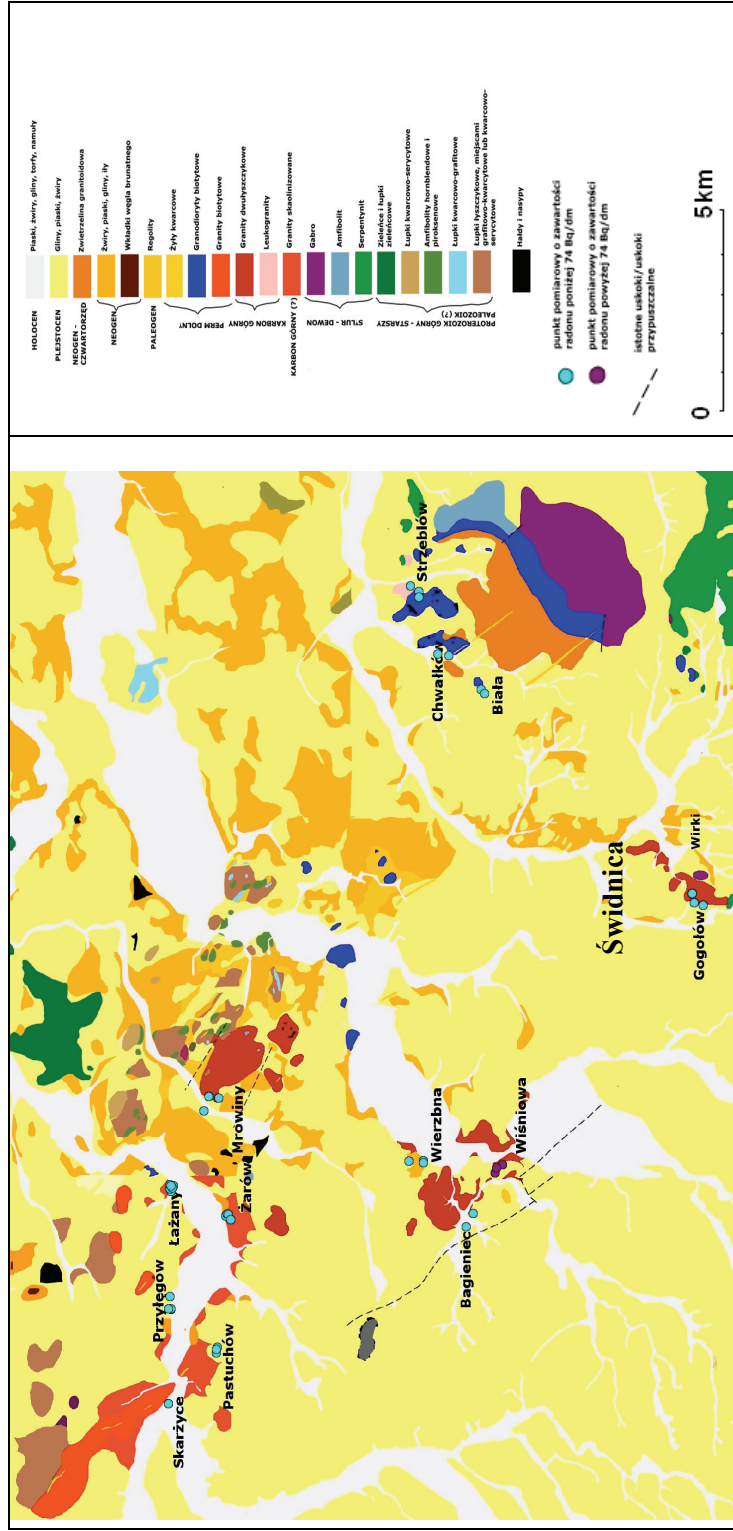
kami łuszczakowymi. Według tzw. systemu Johannsen–Niggli–Smulikowski granit ten nazywany jest granitem monzonitowym (granodioritem) (Maciejewski, Morawski 1975). Skały te poprzecinane są długimi żyłami kwarcowymi. Granity biotytowe znalazły się pod dużym wpływem oddziaływania magmy kostrzańskiej i zostały wzbogacone w silnie pertytowy skałen potasowy. Na ogół granity te są silnie zwietrzałe w stropie (do głębokości 2 metrów) i rozsypują się na drobne okruchy (kasza granitowa) (Buksiński 1965). W skałe w dużej ilości występuje jasny magnezowy biotyt. Pin i in. (1989) określili wiek granitów biotytowych na dolnopermski (280 mln lat).

Wystąpienia granitów od Skarżyc aż do Żarowa zostały scharakteryzowane przez Buksińskiego (1960) jako granity skaolinizowane. Autor uważa, że mają one wiek prawdopodobnie górnokarboński. Granity występują na głębokościach od kilkudziesięciu cm do kilkudziesięciu m (Buksiński 1965). Ich kaolinizacja spowodowana była wietrzeniem chemicznym w środowisku kwaśnym. Maciejewski i Morawski (1975) na obszarze tym wyróżnili: granity biotytowe (odmiany Granicznej), kontynuujące się aż do miejscowości Łażany, granity biotytowe odmiany Łażan oraz granity dwułuszczakowe (w rejonie Żarowa).

W środkowej części obszaru badań znajdują się dwie większe wychodnie granitu (w okolicach miejscowości Mrowiny oraz na północ od Świdnicy) (rys. 1). Mniejsze wystąpienie tych skał znajduje się w rejonie miejscowości Gogółów. Są to granity dwułuszczakowe (Maciejewski, Morawski 1975; Majerowicz 1979; Kural 1987; Walczak-Augustyniak 1980, 1988; Puziewicz 1990; Domańska-Siuda 2007). Skały te w świetle badań wieku bezwzględnego metodą Rb-Sr są starsze od granitów biotytowych (Pin i in. 1989). Mają one wiek górnokarboński (około 325–330 mln lat). W składzie granitów dwułuszczakowych występują: plagioklaz, mikroclin, kwarc, biotyt i muskowitz (Maciejewski, Morawski 1975). Miejscami przechodzą one w granity muskowitzowe, aplitowe i alkaliczne (Kural 1987; 1991). Ponadto w centralnej części obszaru badań występują granodiority biotytowe.

W neogenie (miocen środkowy i górny) miały miejsce najintensywniejsze ruchy pionowe w rejonie Mrowin. Ich skutkiem było powstanie zrębów i zapadlisk o charakterze schodowym (Kural 1991; Kural, Gawroński 1975). Największe zapadliska tektoniczne zostały nazwane obniżeniami Dzikowej-Chwałowa, Zastruża i Kalna. Zaznacza się również poprzeczny rów Siedlimowic. Przypuszczalne uskoki przecinają skały wychodni granitowych na wschód od Mrowin. Ważniejsze z nich zostały zaznaczone na rysunku 1.

Granity dwułuszczakowe znajdujące się na północ od Świdnicy należą do odmiany granitów wierzbnickich (Majerowicz 1972). Z analizy planimetrycznej wynika, że są to skały typu monzonitowego. Granity w rejonie wsi Wierzbna opracowane zostały pod względem tektonicznym przez Closs'a (1922). Zajął się on spękaniem w granitach, grupując pomierzone wartości kierunków i upadów spękań masywu w następującym schemacie spękań: podłużne, poprzeczne, pokładowe i diagonalne. Następnie tematyką spękań zajął się Majerowicz (1972) oraz Walczak-Augustyniak i Szalamacha (1982).



Rys. 2. Mapa geologiczna obszaru badań wraz ze zróżnicowaniem rodzajów granitoidów (zestawione przez autorkę na podstawie: Berezowska, Berezowski 1985; Buksiński 1960; Gaździk 1957; Jamrozik 1991; Pin i in. 1989; Puziewicz 1990, 1995; Sawicki, Teisseyre 1955; Szalamecha Walczak-Augustyniak 1976, 1978; Walczak-Augustyniak 1980, 1988; Walczak-Augustyniak i in. 1992; Żelaźniewicz 2005)

Fig. 2. Geological map of research area with variety granitoids (after Berezowska i Berezowski 1985; Buksiński 1960; Gaździk 1957; Jamrozik 1991; Pin et al. 1989; Puziewicz 1990, 1995; Sawicki, Teisseyre 1955; Szalamecha Walczak-Augustyniak 1976, 1978; Kural 1987, 1991; Pin et al. 1989; Puziewicz 1990, 1995; Sawicki, Teisseyre 1955; Walczak-Augustyniak et al. 1992; Żelaźniewicz 2005)

Wyróżnili oni 4 grupy spękań, które mogą stanowić system spękań diagonalnych o charakterze kompresyjnym (Walczak-Augustyniak i in. 1992). Istnieje ponadto grupa spękań, której nie można prosto zdefiniować ze względu na zmienny charakter kompresyjno-tensyjny. Należy do niej silnie okwarcowana strefa tektoniczna na wschód od Bagieńca.

W tej części rejonu badań występuje uskok Bagieńca–Paszowic (został on przedstawiony na rysunku 1), który stanowi granicę pomiędzy granitoidowym masywem Strzegom–Sobótka i rowem Roztoki–Mokrzyszowa (Kural 1991). Uskok ten prawdopodobnie tworzy strefę, a nie pojedynczą linię tektoniczną.

Granity dwulizytkowe znajdują się także w rejonie miejscowości Gogołów. W okolicy Gogołowa i Wirek istnieje strefa tektoniczna Kraskowa–Szczepanowa, która ma podobny charakter jak strefa tektoniczna na wschód od Bagieńca (Walczak-Augustyniak i in. 1992).

W pobliżu Białej, Chwałkowa i Strzeblowa (Sobótka) występują granodioryty biotytowe. Są to granodioryty typu Chwałkowa oraz odmiany Strzeblowa. Charakteryzują je silne objawy zaangażowania tektonicznego (Maciejewski i Morawski 1975). Niektóre zdeformowane partie granitów przyjmują tekstury kierunkowe i przechodzą w ortognejsy, jednakże nie obserwuje się przeobrażeń mineralnych. Granodioryt biotytowy charakteryzuje się zmienną zawartością biotytu oraz jest ubogi w aplity i pegmatyty. Cechuje go średniokrystaliczna, czasami porfirowata struktura i w przewodzie jasnoszara barwa. Granodioryt biotytowy ma wiek dolnopermski (280–300 mln lat) (Gaździk 1957; Majerowicz 1979; Puziewicz 1990; Jamrozik 1995; Majerowicz, Mierzejewski 1995; Cwojdzński, Żelaźniewicz 1995; Puziewicz, Oberc-Dziedzic 1995; Żelaźniewicz 2005).

W okolicy Strzeblowa (Sobótka) znajduje się wyróżniony przez Gaździka (1957) leukogranit. Według Majerowicza (1972) jest to metagranit alaskitowy (skaleń strzeblowski). Jest to skała drobnoziarnista o zabarwieniu białym. W składzie mineralnym przeważają skalenie (65%), występuje także kwarc (30%) oraz muskowit i serysyt z minerałami ilastymi (5%) (Kozłowski 1956). Skały te mają wiek górnokarboński (Gaździk 1957).

4. METODYKA BADAŃ

W trakcie prac terenowych pobrano próbki wody do oznaczenia stężenia aktywności ^{222}Rn , jak również za pomocą odbiornika GPS ustalono położenie badanych studni i zaznaczono je na mapie (rys. 2). W badaniach nie analizowano źródeł i odwiertów z uwagi na wstępny charakter prac na tym terenie.

Na obszarze występowania granitów biotytowych, z uwagi na istnienie niewielkiej ilości zabudowań, pobrano tylko jedną próbkę wody pochodzącą ze studni gospodarczej (w miejscowości Skarżyce).

W rejonie występowania granitów skaolinizowanych pobrano łącznie 17 próbek wody ze studni (3 próbki w Pastuchowie, po 4 próbki w Przyłęgowie i w Żarowie oraz 6 próbek w Łażanach).

Na obszarze występowania granitów dwuływczykowych pobrano łącznie 14 próbek do badań. 3 z nich pochodziły z miejscowości Mrowiny. We wsi Bagieniec pobrano próbki w 2 punktach badawczych, które zlokalizowane są w pobliżu strefy tektonicznej. Kolejne 3 próbki pobrano ze wsi Wierzbna. W pobliżu uskoku Bagieńca-Paszowic, który prawdopodobnie tworzy strefę, a nie pojedynczą linię tektoniczną (Kural 1991) zlokalizowane są 3 punkty badawcze w miejscowości Wiśniowa. W pobliżu strefy tektonicznej Kraskowa-Szczepanowa pobrano 3 próbki do badań we wsi Gogółów.

Kolejnych 6 próbek do badań pobrano w rejonie występowania granodiorytów biotytowych w pobliżu Białej, Chwałkowa i Strzeblowa (Sobótka). Ostatni z punktów badawczych zlokalizowany w Strzeblowie (Sobótka) znajduje się na obszarze leukogranitów.

Próbki wody pobierano do szklanego naczynka o pojemności 20 cm³. W naczynku znajdowało się 10 cm³ ciekłego scyntyлятора Insta-Fluor Plus. Woda w ilości 10 cm³ pobierana była za pomocą strzykawki. Następnie za pomocą igły i strzykawki była ona wprowadzana do naczynka pomiarowego pod warstwę scyntyлятора. Naczynko szczelnie zamykano oraz kilkunastokrotnie wstrząsano w celu umożliwienia przejścia radonu z wody do scyntyлятора. Po transporcie do laboratorium pomiar był wykonywany ultraniskotłowym spektrometrem ciekłoscyntylacyjnym Quantulus 1220. Spektrometr mierzy emitowane promieniowanie alfa i beta pochodzące od radonu i jego pochodnych (Kozłowska 2009). W czasie pomiaru w wybranym oknie rejestrowana jest całkowita liczba zliczeń (total alfa), które pochodzą od radonu i jego pochodnych, ale jedynie od izotopów rozpadających się poprzez emisję cząstki α . Za pomocą specjalnych algorytmów, z zastosowaniem procedury dopasowującej zmierzone wartości eksperymentalne do krzywej rozpadu radonu, oblicza się aktywność właściwą próbki w momencie jej pobrania. Na dokładność pomiaru wpływa fakt, że oblicza się średnią ważoną z 9 pomiarów oraz wyznaczony zostaje błąd pomiarowy.

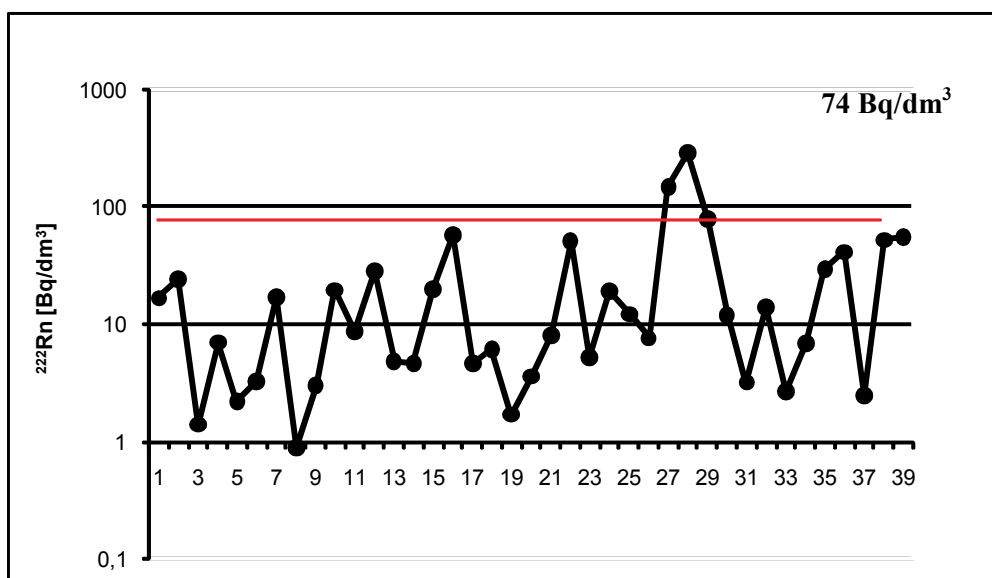
5. PREZENTACJA I DYSKUSJA UZYSKANYCH WARTOŚCI STEŻEŃ ²²²Rn W WODACH PODZIEMNYCH NA WSCHÓD OD STRZEGOMIA W REJONIE MASYWU GRANITOIDOWEGO STRZEGOM-SOBÓTKA

Wody podziemne na wschód od Strzegomia w rejonie masywu granitoidowego Strzegom-Sobótka według klasyfikacji Przylibskiego (2005) są w przewadze wodami ubogimi w radon bądź niskoradonowymi. Linią ciągłą na wykresie (rys. 3) zaznaczono wartość 74 Bq/dm³, oznaczającą granicę od której wody podziemne uznawane są za wody radonowe oraz są potencjalnie lecznicze (Dowgiało 2002). Tylko trzy spo-

śród wszystkich wyników pomiarów stężenia aktywności radonu są większe niż podana wartość. Te próbki wody pobrano z 3 studni we wsi Wiśniowa.

Dwie spośród trzech prób pobranych w Wiśniowej zawierają powyżej 100 Bq/dm^3 radonu ($150 \pm 1,5$ i $288 \pm 2,1 \text{ Bq/dm}^3$) stąd też wody te można uznać według klasyfikacji Przylibskiego (2005) za radonowe. W trzeciej próbce wody ze studni stężenie radonu wyniosło $78 \pm 1,1 \text{ Bq/dm}^3$, zatem jest to woda niskoradonowa.

Przyczyny istnienia większych wartości stężenia radonu w tych wodach można upatrywać w występowaniu spękań w granitach bądź w występowaniu w tym rejonie uskoku tektonicznego Bagieńca–Paszowic, który według Kurala (1991) prawdopodobnie tworzy strefę tektoniczną, a nie jedną linię tektoniczną.

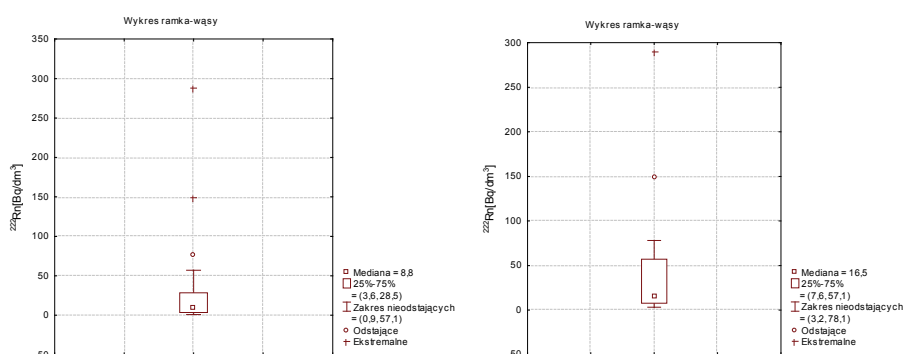


Rys. 3. Stężenie radonu w wodach podziemnych na wschód od Strzegomia w rejonie masywu granitoidowego Strzegom–Sobótka.

Fig. 3. Concentration of radon in the groundwaters on the east of Strzegom in the granitoid Strzegom–Sobótka massif region.

Transport radonu jest najefektywniejszy w strefach o znacznej ilości spękań, szczelin, porów oraz pustek, które powiązane są najczęściej z uskokami, nasunięciami czy też innymi dyslokacjami tektonicznymi (Przylibski 2005). Nad liniami wspomnianych dyslokacji tektonicznych, które stają się drożne dla gazów tworzą się anomalie radonowe m.in. w wodach podziemnych (King 1978; King i in. 1993; Varley, Flowers 1993; Abumurad, Al-Tamimi 2001). W rejonie uskoku, nad szczeliną notowane wartości stężenia radonu mogą kilku- bądź nawet kilkunastokrotnie przekraczać wartości tła (Kingi i in. 1993; Abumurad, Al-Tamimi 2001; Mouss'e i in. 2003; Ioannides i in. 2003).

W czterech punktach pomiarowych, w których pobrano wodę ze studni, zmierzone wartości stężenia aktywności radonu są większe od 50 Bq/dm^3 . Próbkę wody pochodząca ze wsi: Wierzbna, Mrowiny oraz ze Strzeblowa (2 próbki). Przyczyną zwiększonej zawartości radonu w wodzie ze studni w miejscowości Wierzbna można upatrywać w występowaniu spekań w granicie. Zwiększona zawartość radonu w wodach podziemnych obszaru Strzeblowa może być związana z silnym zaangażowaniem tektonicznym występujących tutaj granodiorytów biotytowych (Maciejewski, Morawski 1975).



Rys. 4. Wykres ramka - wąsy stężenia aktywności radonu w wodach podziemnych na wschód od Strzegomia w rejonie masywu granitoidowego Strzegom – Sobótka:

a) na terenie całego obszaru badań, b) na obszarze występowania granitów dwułuszczykowych

Fig. 4. Box graph concentration of radon in the groundwaters on the east of Strzegom in the granitoid Strzegom - Sobótka massif region:

a) all area of research, b) area where are occurred two-mica granite

Na rysunku 4a przedstawiono wykres ramka-wąsy wartości stężenia aktywności radonu w wodach podziemnych na wschód od Strzegomia w rejonie masywu granitoidowego Strzegom-Sobótka. Zakres wartości nieodstających zawarty jest w granicach od 0,9 do $57,1 \text{ Bq/dm}^3$. Z wykresu wynika, że jedynie wartości powyżej 100 Bq/dm^3 są ekstremalne, natomiast wartość $78,1 \text{ Bq/dm}^3$ jest odstającą.

Średnia zawartość radonu w badanych wodach wyniosła $27,6 \text{ Bq/dm}^3$, natomiast mediana ma wartość $8,8 \text{ Bq/dm}^3$. Zaznaczająca się różnica pomiędzy tymi dwoma wartościami wskazuje na asymetrię rozkładu. W przypadku danych asymetrycznych mediana jest lepszą miarą tendencji centralnej niż średnia, tak więc jest wartością bardziej miarodajną.

Na rysunku 4b oraz 5a i b przedstawione zostały wartości stężenia aktywności radonu w wodach podziemnych na wschód od Strzegomia w rejonie masywu granitoidowego Strzegom-Sobótka na obszarach występowania granitów dwułuszczykowych, granitów skaolinizowanych i granodiorytów biotytowych.

Największe wartości stężenia aktywności radonu w wodach podziemnych zanotowano na obszarze występowania granitów dwułuszczykowych. Zakres nieodstających

Tylko dwie spośród tych próbek posiadają wartości stężenia aktywności radonu większe niż 100 Bq/dm^3 ($150 \pm 1,5$ i $288 \pm 2,1 \text{ Bq/dm}^3$). Wartość ta jest istotna, gdyż tyle co najmniej powinna wynosić koncentracja radonu w ujęciu wody leczniczej (Szmytówna 1955). Przyczyną istnienia większych wartości stężenia radonu w tych wodach może być występowanie spekań w granitach bądź występowanie w tym rejonie uskoku tektonicznego Bagieńca-Paszowic. Uskok ten według Kurala (1992) prawdopodobnie tworzy strefę tektoniczną, a nie pojedynczą linię tektoniczną.

Największe stężenie aktywności radonu wystąpiło w wodach podziemnych na obszarze występowania granitów dwułyżczykowych. Właśnie w tej strefie pobrano trzy próbki, które charakteryzowały się największą koncentracją radonu.

PODZIĘKOWANIA

Praca finansowana w ramach badań statutowych nr 343189/W6/I-11.

LITERATURA

- ABUMURAD K.M., AL-TAMIMI M., 2001, *Emanation power of radon and its concentration in soil and rocks*, Radiation Measurements 34, 423–426.
- BEREZOWSKA B., BEREZOWSKI Z., 1985, *Szczegółowa Mapa Geologiczna Sudetów 1:25000*, ark. Mietków, Warszawa, Inst. Geol.
- BUKSIŃSKI S., 1960, *Szczegółowa Mapa Geologiczna Sudetów 1:25000*, ark. Żarów, Inst. Geol., Warszawa.
- BUKSIŃSKI S., 1965, *Objaśnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Sudetów*, ark. Żarów, Wyd. Geol., Warszawa.
- CLOSS H., 1922, *Streckung und Rutschstreifen im Granit von Zobten in Schlesien. Tektonik und Magma*, Untersuchungen zur Geologie der Tiefen. Abh. Preuss. Geol. Landesanst. N.F., 89, Berlin.
- CWOJDZIŃSKI S., ŻELAŻNIEWICZ A., 1995, *Podłoże krystaliczne bloku przedsudeckiego*, [w:] *Geologia i ochrona środowiska bloku przedsudeckiego. 50 lat badań geologicznych na Dolnym Śląsku*. 66. Zjazd Polskiego Towarzystwa Geologicznego, Wrocław, 21–24.09.1995, Ann. Soc. Geol. Pol., wyd. spec., cz. 1, 11–28.
- CYMERMAN Z., 2004, *Mapa tektoniczna Sudetów i bloku przedsudeckiego w skali 1:200 000*, Państwowy Instytut Geologiczny i Ministerstwo Środowiska, Warszawa.
- DEPCIUCH T., 1971, *Wiek bezwzględny granitoidów strzegomskich określony metodą K-Ar*, Kwart. Geol., 15 (4), 862–869.
- DOMAŃSKA-SIUDA J., 2007, *The granitoid Variscan Strzegom-Sobótka massif*, [in:] A. Kozłowski, J. Wiszniewska (red.), *Granitoids in Poland*, Archivum Mineralogiae Monograph, No. 1, Warszawa, Komitet Nauk Mineralogicznych PAN i Wydział Geologii UW, 179–192.
- DOWGIAŁŁO J., 2002, *Ocena zasobów dyspozycyjnych wód leczniczych i potencjalnie leczniczych*, [w:] B. Paczyński (red.), *Praca zbiorowa*, PIG, Warszawa.
- GAŹDZIK J., 1957, *Szczegółowa Mapa Geologiczna Sudetów 1:25000*, ark. Sobótka, Inst. Geol., Warszawa.
- IOANNIDES K., PAPACHRISTODOULOU C., STAMOULIS K., KARAMANIS D., PAVLIDESS., CHATZIPETROS A., KARAKALA E., 2003, *Soil gas radon: a tool for exploring active fault zones*. *Applied Radiation and Isotopes*, Vol. 59, 205–213.
- JAMROZIK L., 1995, *Tektonika osłony masywu granitoidowego Strzegom-Sobótka*, [w:] *Geologia i ochrona środowiska bloku przedsudeckiego. 50 lat badań geologicznych na Dolnym Śląsku*. 66. Zjazd Polskiego Towarzystwa Geologicznego, Wrocław, 21–24.09.1995, Ann. Soc. Geol. Pol., wyd. spec., cz. 1, 181–191.

- KING CHI-YU, 1978, *Radon emanation on San Andreas Fault*, Nature, Vol. 271, 516–519.
- KING CHI-YU, ZHANG WEI, KING BI-SHIA, 1993, *Radon anomalies on three kinds of faults in California*. Pageoph., Vol. 141, No. 1, 111–124.
- KOZŁOWSKA B., 2009, *Promieniotwórczość naturalna wód źródłanych uzdrowisk S Polski*, Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego.
- KOZŁOWSKI J., 1956, *Wstępne prace poszukiwawcze skalenia w okolicy Strzeblowa*, Arch. Inst. Geol., Wrocław.
- KURAL S., 1980, *Szczegółowa Mapa Geologiczna Sudetów 1:25000, ark. Strzegom*, Inst. Geol., Warszawa.
- KURAL S., 1987, *Szczegółowa Mapa Geologiczna Sudetów 1:25000, ark. Mrowiny*, Inst. Geol., Warszawa.
- KURAL S., 1991, *Objaśnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Sudetów, ark. Mrowiny*, Wyd. Geol., Warszawa.
- KURAL S., GAWROŃSKI O., 1975, [w:] *Ocena występowania kaolinów na obszarach krystalicznych*, Praca zbiorowa, Opracowanie monograficzne masywów Strzegom–Sobótka i Strzelin–Żulowa, Arch. Inst. Geol., 1975, Wrocław.
- MACIEJEWSKI S., MORAWSKI T., 1975, *Zmienność petrograficzna granitów masywu strzegomskiego*. Kwart. Geol., 19 (1), 47–65.
- MAJEROWICZ A., 1963, *Granit z okolic Sobótki i jego stosunek do osłony w świetle badań petrograficznych*, Arch. Miner. 24, 2, 127–237.
- MAJEROWICZ A., 1972, *Masyw granitowy Strzegom–Sobótka*, Geologia Sudetica, 6, 7–96.
- MAJEROWICZ A., 1979, *Granity masywu Strzegom–Sobótka*, [w:] K. Dziedzic, S. Kozłowski, A. Majerowicz, Sawicki L. (red.) Surowce mineralne Dolnego Śląska. Ossolineum, Wrocław, 233–238.
- MAJEROWICZ A., MIERZEJEWSKI M., 1995, *Petrologia, pozycja tektoniczna i geotektoniczna skał krystalicznych NE i SE osłony masywu granitowego Strzegom–Sobótka*, Przewodnik LXVI Zjazdu PTG, Wrocław, 59–84.
- MOUSSA M.M., ABDEL-GABARM., EL ARABI, 2003, *Soil radon survey for tracking active fault: a case study along Qena – Safaga road, Eastern Desert, Egypt*, Radiation Measurements, Vol. 37, 211–216.
- PIN C., PUZIEWICZ J., DUTHOU J.L., 1989, *Ages and origins of a composite granitic massif in the Variscan belt: A Rb - Sr study of the Strzegom–Sobótka Massif, W. Sudetes (Poland)*, N Jahrb. Miner. Abh. 160, 71–82.
- PRZYLIBSKI T.A., 2005, *Radon. Składnik swoisty wód leczniczych Sudetów*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 330 s.
- PRZYLIBSKI T.A., 2006, *Radon w wodzie – występowanie i konsekwencje*, [w:] *Radon w środowisku życia, pracy i nauki mieszkańców Dolnego Śląska*, Wrocław, 42–47.
- PUZIEWICZ J., 1990, *Masyw granitowy Strzegom–Sobótka. Aktualny stan badań*, Arch. Mineral., 45 (1–2), 135–154.
- PUZIEWICZ J., OBERC-DZIEDZIC T., 1995, *Wiek i geneza granitoidów bloku przedsudeckiego*, [w:] *Geologia i ochrona środowiska bloku przedsudeckiego. 50 lat badań geologicznych na Dolnym Śląsku*. 66. Zjazd Polskiego Towarzystwa Geologicznego, Wrocław, 21–24.09.1995, Ann. Soc. Geol. Pol., wyd. spec., cz. 1, 273–284.
- SAWICKI L., TEISSEYRE H., 1955, *Szczegółowa Mapa Geologiczna Sudetów 1:25000, ark. Zagórze Śląskie*, Inst. Geol., Warszawa.
- SZAŁAMACHA J., WALCZAK-AUGUSTYNIAK M., 1976, *Szczegółowa Mapa Geologiczna Sudetów 1:25000, ark. Jażwina*, Inst. Geol., Warszawa.
- SZAŁAMACHA J., WALCZAK-AUGUSTYNIAK M., 1978, *Szczegółowa Mapa Geologiczna Sudetów 1:25000, ark. Mościsko*, Inst. Geol., Warszawa.
- SZMYTÓWNA M., 1955, *Nowoczesna klasyfikacja leczniczych wód mineralnych*, [w:] J. Roguski (red.), *Pamiętnik Ogólnopolskiego Zjazdu Balneologicznego*, Inowrocław, 28–29 V 1954 r., Dodatek do Archiwum Medycyny Wewnętrznej, PZWL, Warszawa, 23–26.
- VARLEY N.R., FLOWERS A.G., 1993, *Radon in soil gas and its relationship with some major faults of SW England*, Environmental Geochemistry and Health, Vol. 15, No. 2/3, 145–151.

- WALCZAK-AUGUSTYNIAK M., 1980, *Szczegółowa Mapa Geologiczna Sudetów 1:25000*, ark. Pszenno, Inst. Geol., Warszawa.
- WALCZAK-AUGUSTYNIAK M., SZALAMACHA J., 1982, *Objaśnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Sudetów*, ark. Pszenno, Wyd. Geol., Warszawa.
- WALCZAK-AUGUSTYNIAK M., 1988, *Szczegółowa Mapa Geologiczna Sudetów 1:25000*, ark. Świdnica, Inst. Geol., Warszawa.
- WALCZAK-AUGUSTYNIAK M., SZALAMACHA M., SZALAMACHA J., 1992, *Objaśnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Sudetów*, ark. Świdnica, Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- ŻELAŻNIEWICZ A., 2005, *Przeszłość geologiczna*, [w:] J. Fabiszewski (red.), *Przyroda Dolnego Śląska*, Polska Akademia Nauk, Oddział we Wrocławiu, Wrocław, 61–134.

THE OCCURRENCE OF RADON IN THE GROUNDWATERS TO THE EAST OF STRZEGOM
IN THE GRANITOID STRZEGOM-SOBÓTKA MASSIFS REGION

The paper presents results of researches of radon concentration in the groundwaters to the east of Strzegom in the granitoid Strzegom-Sobótka massifs region. Measurements were performed in the Hydrogeology Laboratory on Faculty Geoengineering, Mining and Geology with the use of spectrometer Quantulus. Measurements to oscillate between 0.9 to 288.5 Bq/dm³. Concentrations of radon higher than or equal 74 Bq/dm³ – minimum concentration of radon which are cause beneficial to human body were registered in water samples with Wiśniowa.

