

*radon, wody radonowe, Kowary,
kopalnia „Wolność”, kopalnia „Liczyrzepa”,
kopalnia „Podgórze”, inhalatorium radonowe*

Wojciech MIŚTA¹
Robert NOWAKOWSKI¹

BADANIA WYPŁYWÓW WÓD RADONOWYCH W DAWNYCH WYROBISKACH POURANOWYCH KOWAR

W artykule przedstawiono wyniki kartowania hydrogeologicznego wypływów wód podziemnych oraz badań zawartości w nich radonu (²²²Rn), na terenie nieczynnych kopalń żelaza i uranu w okolicy Kowar. Ukazano plany wyrobisk górniczych i opisano ich aktualny stan techniczny.

Stwierdzono silne zróżnicowanie poziomu zawartości izotopu ²²²Rn w badanych wypływach (od <5 do 2702 Bq/dm³). Najwyższą wartość zanotowano w wypływie nr 8, zlokalizowanym w sztolni 19a (kop. „Podgórze”). Wypływy wysokoradonowe są przestrzennie związane z wystąpieniami gnejsu.

1. Wstęp

Kowary to miejscowość o wielowiekowych tradycjach górniczych, położona na terenie Dolnego Śląska, w południowo-wschodniej części [Kotliny Jeleniogórskiej](#). Najstarsze prowadzone tu prace poszukiwawcze datuje się na 1148 r., a intensywna eksploatacja górnicza trwała aż do XVI w. Ponownie zainteresowano się tymi złożami w XIX w. (vide [4]), początkowo pozyskiwano tu rudę żelaza, a później – również m.in. srebro, miedź i ołów. W 1925 roku stwierdzono obecność rud uranowych, których wydobywanie rozpoczęto po zakończeniu II wojny światowej. Eksploatacja w kopalniach rejonu Kowar trwała aż do 1962 r. (vide [1]), natomiast w latach 1974–1989 w sztolni 19a, należącej niegdyś do zlikwidowanej kopalni „Podgórze”, funkcjonowało inhalatorium radonowe. Obecnie w sztolniach 9 i 9a utworzono trasę turystyczną oraz nowe inhalatorium, które działa od 2002 („Sztolnie Kowary – Jelenia Struga”) [5].

¹ Politechnika Wrocławska, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii, Studenckie Koło Naukowe „GÓRNIK”.

Celem przeprowadzonych prac terenowych było zlokalizowanie wypływów wód radonowych w wyrobiskach górniczych, pozostałych po dawnych kopalniach położonych w okolicy Kowar oraz pobranie próbek do analiz instrumentalnych.

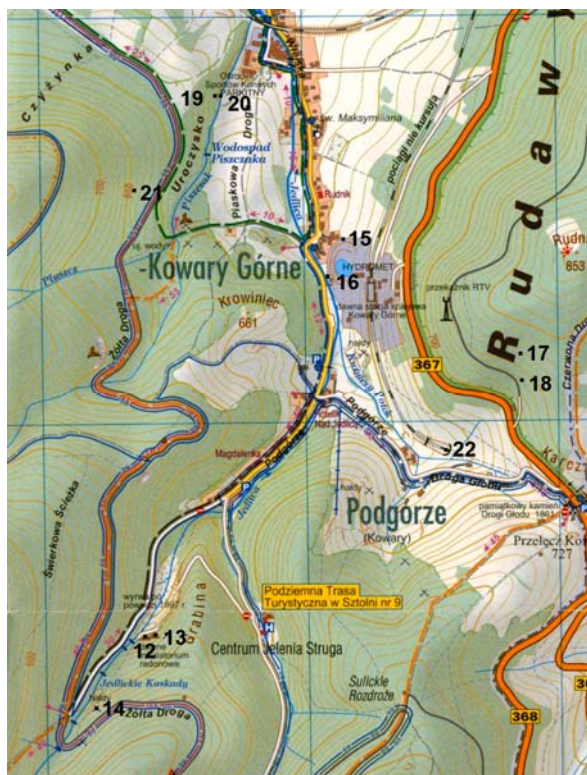
Oznaczenia aktywności (^{222}Rn) w badanych próbkach prowadzono dwiema metodami. W czasie badań terenowych do szczelnych pojemników pobierano z wypływów próbki wody o masie $0,5 \text{ dm}^3$. Pomiar wykonywano po powrocie do bazy noclegowej. Przelewano wodę do szklanego naczynia z dyfuzorem, zaopatrzonego w szczelny gumowy korek. Za pomocą ręcznej pompki i dyfuzora bąbelki powietrza wtłaczane były na dno naczynia i przechodząc przez badaną próbkę wody unosiły ze sobą rozpuszczony w niej radon. Powietrze wzbogacone w wyekstrahowany z wody radon wtłaczane było do komory jonizacyjnej czeskiego terenowego emanometru RP-25 (ZMA Ostrov n. Ohří). Przyrząd ten wskazuje wartość jonizacji powietrza, którą następnie przelicza się na stężenie radonu (^{222}Rn) według algorytmów uzyskanych w czasie kalibracji metody za pomocą roztworów kalibracyjnych (^{226}Ra). Limit detekcji ma wartość 5 Bq/dm^3 , przy niepewności oznaczenia 10%. Metodą tą przeprowadzono oznaczenia 17 próbek. [3]

W czasie prac terenowych jednorazową strzykawką pobierano również próbki wody o objętości 10 cm^3 , a następnie za pomocą igły przelewano ją na dno specjalnych naczynek pod warstwę scyntylatora o takiej samej objętości. Po szczelnym zamknięciu naczynka kilkukrotnie mocno nim wstrząsano, w celu przemieszczenia radonu z wody do scyntylatora, w którym gaz ten jest łatwiej rozpuszczalny. Naczynka o pojemności 20 cm^3 wykonane są ze zubożonego w potas szkła, służą one zarówno do transportu próbek jak i do wykonywania pomiarów w spektrometrze ciekłoscyntylacyjnym. Pomiarów wykonywano w Laboratorium Hydrogeologii Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej. Wykorzystano do tego celu ultraniskotłowy spektrometr ciekłoscyntylacyjny Quantulus 1220 oraz ciekły scyntylator Insta-Fluor-Plus. Dolny próg detekcji tej metody wynosi $0,05 \text{ Bq/dm}^3$. Kalibracja urządzenia została przeprowadzona w oparciu o wzorce ^{226}Ra udostępnione przez Laboratorium Radiometrii Głównego Instytutu Górnictwa w Katowicach. Pomiarów wykonywano zgodnie z wewnątrzlaboratoryjnym systemem jakości. Metodą tą oznaczono 9 próbek [3].

Omawiane badania realizowano jako element współpracy naukowo-badawczej Uniwersytetu Karola w Pradze i Politechniki Wrocławskiej, w ramach projektu pt. „Kartowanie hydrogeologiczne oraz oznaczanie stężenia radonu (^{222}Rn) w wodach podziemnych południowo-wschodniej osłony metamorficznej granitu Karkonoszy”. Opiekunem naukowym i koordynatorem badań ze strony Politechniki Wrocławskiej był dr hab. Tadeusz A. Przylibski.

2. Wyniki prac badawczych

W ramach przeprowadzonych prac spenetrowano dostępne wyrobiska dawnych kopalń „Podgórze”, „Wolność” i „Liczyrzepa”. Łącznie pobrano 22 próbki wody z 12 wypływów w sztolniach, 6 przy wylotach sztolni, 3 na powierzchni terenu oraz jedną we wnętrzu tunelu kolejowego (por. rys. 1).



Rys. 1. Lokalizacja stanowisk pomiarowych

Fig. 1. Location of measuring points

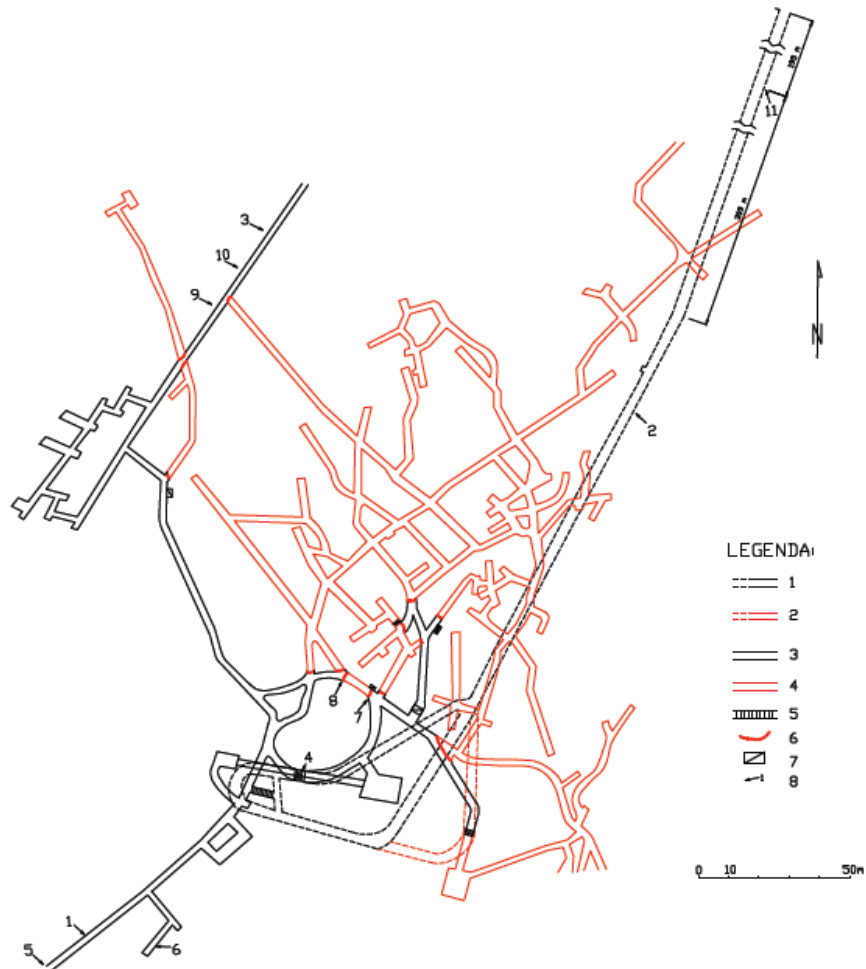
2.1. Kopalnia „Podgórze”

Na terenie dawnej kopalni „Podgórze” pobrano łącznie 18 próbek wody z 11 stanowisk zlokalizowanych w sztolniach i 3 na wypływach z tych sztolni.

W sztolniach 19 i 19a spenetrowano dostępne wyrobiska, w których stwierdzono nieduże obwały spowodowane kradzieżą obudowy. W wyniku ich powstania w sztolniach miejscami gromadzi się woda, która utrudnia penetrację. Poziom wody sięga miejscami do około 50 cm. Natomiast w komorze maszyn wyciągowych, w miejscu ich montowania, głębokość jest znacznie większa (jej pomiaru zaniechano z braku odpowiedniego sprzętu). Wszystkie miejsca opróbowania przedstawiono na planie (rys. 2) natomiast wyniki badań laboratoryjnych zamieszczono w tabeli 1.

Próby 6 i 8 stanowią, wg klasyfikacji Przylibskiego [2], wody wysoko radonowe (1000 do 9999,9 Bq/dm³), przy czym w wypływie nr 8 odnotowano wartość 2702 Bq/dm³. Jest to najwyższa odnotowana zawartość radonu (²²²Rn) w wodzie na całym badanym obszarze. Na stanowisku oznaczonym numerem 6 znajduje się prowizorycznie wykonane z gumowej rury ujęcie wypływu, które sugerowało możliwość występowania w tej wodzie wysokiego stężenia radonu. Po przeprowadzeniu badań laborato-

ryjnych okazało się że w tym przypadku zawartość radonu jest na poziomie 1145 Bq/dm³. Wszystkie pozostałe próby stanowią wody radonowe (wg [2]), tj. zawierające (²²²Rn) w stężeniu od 100 do 999,9 Bq/dm³.



Rys. 2. Plan sztolni 19 i 19a (kop. „Podgórze”) z zaznaczonymi miejscami opróbowania; 1 – wyrobiska dostępne, poziom wejścia do sztolni, 2 – wyrobiska niedostępne, poziom wejścia do sztolni, 3 – wyrobiska dostępne, poziom powyżej wejścia do sztolni, 4 – wyrobiska niedostępne, poziom powyżej wejścia do sztolni, 5 – schody metalowe, 6 – zawał, 7 – szyb, 8 – miejsce i numer punktu pobrania próbki wody

Fig. 2. A plan of adits N° 19 and 19a (“Podgórze” mine) with location of sampling points; 1 – available workings, entrance adit level, 2 – unavailable workings, entrance adit level, 3 – available workings, upper level, 4 – unavailable workings, upper level, 5 – stairs, 6 – caving, 7 – shaft, 8 – sampling points and numbers of a samples

Próby nr 2 i 4 zostały pobrane w pobliżu miejsca, w którym odbywały się inhalacje radonowe – pierwsza z nich (nr 2) około 500 m od wejścia, a druga (nr 4) – z zawalonego szybu znajdującego się za komorą inhalacyjną. Zawartość radonu w tych próbach wyniosła odpowiednio 283 i 213 Bq/dm³. Wszystkie zbadane wypływy były usytuowane w wystąpieniach gnejsów oczkowych.

Z odwodnienia obu sztolni wypływa woda o zawartości średniej około 273 Bq/dm³. W miejscach wypływu wody ze sztolni usytuowano dwa stanowiska pomiarowe nr 12 i 13 (por. tab. 2). Wypływ ten zasila rzekę Jedlicę równocześnie podwyższając zawartość radonu w jej wodach, jednak z uwagi na wartki nurt, który sprzyja uwalnianiu gazu radoczynność spada po niedługim czasie.

Tab. 1. próbki pobrane z wnętrza inhalatorium radonowego (kop. „Podgórze”); pomiary przy pomocy przyrządu pomiarowego RP 25.

NR PRÓBY	OPIS	SKAŁA ZBIORNIKOWA	STĘŻENIE Rn-222 [Bq/dm ³]
1	Wypływ z ociosu	gnejsy oczkowe	575
2	Wypływ ze stropu (sztolnia 19a) około 500 m od wejścia	gnejsy oczkowe	283
3	Wypływ ze stropu sztolni	gnejsy oczkowe	589
4	Wypływ z szybu za inhalatorium	gnejsy oczkowe	213
5	Przekop 611 wypływ ze spągu	gnejsy oczkowe	355
6	Wypływ z ociosu (wstawiona gumowa rura)	gnejsy oczkowe	1145
7	Wypływ ze stropu obok szybu skipowego	gnejsy oczkowe	356
8	Wypływ ze stropu przy zawale	gnejsy oczkowe	2702
9	Wypływ ze stropu w sztolni 19	gnejsy oczkowe	676
10	Wypływ ze stropu w sztolni 19	gnejsy oczkowe	724
11	Wypływ ze stropu (rynienka) około 200 m od wejścia do sztolni 19a	gnejsy oczkowe	542

W obrębie kopalni „Podgórze” pobrano również próby ze sztolni nr 17, która znajduje się na rzednej terenu o 60 m wyższej niż „Stare inhalatorium”, idąc w górę potoku. Obiekt ten był sztolnią poszukiwawczą w której wykonano około 1393 m. wyrobisk poziomych oraz kilka szybików. Obecnie po około 20 m. od wejścia do sztolni utworzył się zawał, który uniemożliwia penetrację reszty wyrobisk. Dla potrzeb badań dwukrotnie zostały pobrane próby z wypływu. Uzyskano wyniki 544 Bq/dm³ i 345 Bq/dm³ (tab. 2), z których wynika że zawartość radonu (²²²Rn) nie jest stała.

Na terenie kopalni Podgórze spenetrowano także krótki dostępny odcinek sztolni nr 16. Zły stan techniczny drewnianej obudowy spowodował zawał, w związku z czym aktualnie dostępne jest tylko kilkanaście metrów podziemnego korytarza. W penetrowanym obiekcie nie stwierdzono żadnych wpływów wód podziemnych.

Tab. 2. Pozostałe próbki pobrane w trakcie prac terenowych;
(RP25) – pomiar przy pomocy przyrządu pomiarowego RP 25, (Q) – pomiar przy pomocy urządzenia pomiarowego Quantulus 1220

NR PRÓBY	NAZWA ŹRÓDŁA	OPIS	SKAŁA ZBIORNIKOWA	STĘŻENIE Rn-222 [Bq/dm ³]
12	Sztolnia 19a	Wypływ ze sztolni 19a	gnejsy oczkowe	578 (RP25) 275 (RP25) 249 (Q)
13	Sztolnia 19 (Zawalona)	Wypływ ze sztolni 19	gnejsy oczkowe	149 (RP25) 118 (Q)
14	Sztolnia 17	wypływ ze sztolni	gnejsy oczkowe	345 (RP25) 544 (Q)
15	Sztolnia Główna	Wypływ z przodka (z otworu wiertniczego)	gnejsy oczkowe	1087 (RP25)
16	Sztolnia Jedlica	Wypływ z rury pcv przy "Potoku Jedlica"	Wypływ z rury pcv przy "Potoku Jedlica"	28 (Q)
17	Rudnik (Zlewnia Kuźniczego Potoku)	Wypływ z rumoszu pod korzeniem	gnejsy oczkowe	595 (Q)
18	Rudnik (Zlewnia Kuźniczego Potoku)	Wypływ z bagna ok. 50 m powyżej drogi	gnejsy oczkowe	341 (Q)
19	Sztolnia nr. 10 (Zlewnia Piszczaka)	Wypływ ze sztolni	granity gruboziarniste, porfirowate	64 (Q)
20	Wypływ z rury	Wypływ z rury prawdopodobnie odwodnienie sztolni nr 10	granity gruboziarniste, porfirowate	57 (Q)
21	Wypływ (Zlewnia Piszczaka)	Wypływ 20 m powyżej zielonego szlaku	gnejsy oczkowe	516 (Q)
22	Wypływ w tunelu kolejowym	Wypływ z ociosu w trzech miejscach; oddalony około 350 m od wejścia do tunelu (od strony Kowar)	łupki łyszczykowe	<5 (RP25)

2.2. Kopalnia „Wolność”

W rejonie kopalni „Wolność” badaniami zostały objęte pola „Wolność” i „Wulkan”. W polu „Wolność” pobrano do badań laboratoryjnych 4 próbki z 4 stanowisk. Jedną z nich pobrano z wnętrza sztolni, drugą na wypływie z wyrobiska, a dwie pozostałe z wypływów na powierzchni terenu. Spenetrowano sztolnię „Główną” w której, w okresach niskich stanów wody w górotworze, jest dostępne do badań około 1500 m wyrobisk. Sięgają one aż pod Rudnik, gdzie prowadzone były w gnejsach oczkowych. W przodku jednego z wyrobisk (rys. 3) znajduje się otwór wiertniczy z którego następuje intensywny wypływ wody. Po jej przebadaniu uzyskano wynik 1087 Bq/dm³,

wodę tę można więc sklasyfikować jako wysoko radonową (wg klasyfikacji Przylibskiego [2]). W celach porównawczych zbadano dwa powierzchniowe wypływy zlokalizowane w pobliżu miejsca pobrania poprzedniej próbki. Uzyskane dla nich wyniki wykazały niższą zawartość radonu (595 i 341 Bq/dm³). W obrębie tego pola zlokalizowano wylot zlikwidowanej sztolni „Jedlica” w której pozostawiono w celach odwadniających rurę PCV przez którą czołgając się można dotrzeć do początkowego odcinka sztolni. Dostęp do dalszej części wyrobisk uniemożliwia solidna betonowa tama, w której zainstalowano rurę z zaworem. Pod wpływem panujących tam warunków rura ta uległa silnej korozji. Wody tej sztolni wpływają bezpośrednio do rzeki Jedlicy jednak nie podnoszą one jej radioaktywności, ponieważ badania wykazały tu zawartość radonu rzędu 28 Bq/dm³.

W polu „Wulkan” zbadana została sztolnia nr 10. Ponieważ utrudniony dostęp do wnętrza sztolni uniemożliwił pobranie próby bezpośrednio na wypływie z górotworu, do badań wykorzystano wodę, która zebrała się w pobliżu wylotu sztolni, a wodę wpływającą przez rurę odwadniającą sztolnię, której wylot zlokalizowany jest w odległości kilkunastu metrów od jej wejścia. Uzyskane w ten sposób wyniki (64 Bq/dm³ ze sztolni i 58 Bq/dm³ z rury odwadniającej) nie były wiarygodne. Dlatego dodatkowo zbadano źródło znajdujące się powyżej sztolni nr 10, oznaczone na mapie jako punkt 21. Wykazano tam zawartość radonu na poziomie 516 Bq/dm³.

2.3. Kopalnia „Liczyrzepa”

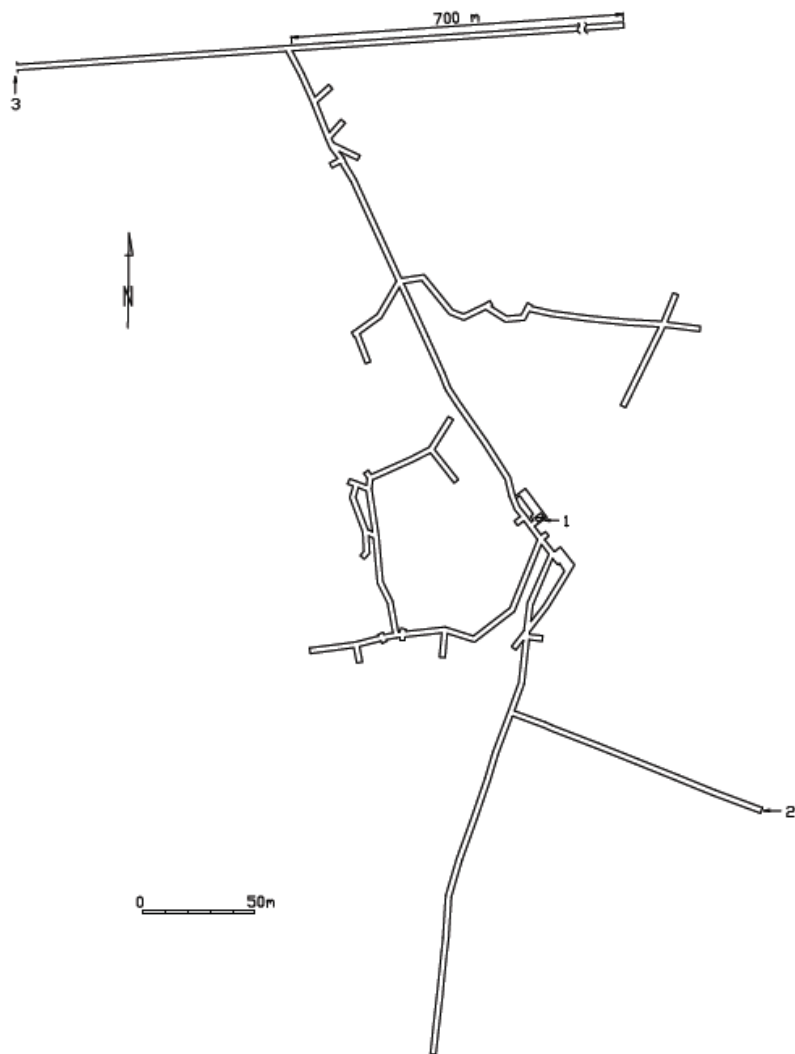
W okolicy kopalni „Liczyrzepa” nie zlokalizowano dostępnych wyrobisk górniczych ani nie stwierdzono wpływów z miejsc ich likwidacji. Odosobnioną próbkę pobrano więc z wnętrza tunelu kolejowego, który znajduje się w pobliżu kopalni. Wypływ zlokalizowany jest na południowo-zachodnim odciosie, około 350 m od wejścia do tunelu od strony Kowar. Najprawdopodobniej, z uwagi na stosunkowo dużą wydajność tego źródła, utworzono w tym miejscu kamienne ujęcie. Badanie wykazało zawartość radonu (^{222}Rn) na poziomie poniżej 5 Bq/dm³.

3. Podsumowanie

Najwyższe stężenie radonu (^{222}Rn) na badanym obszarze zanotowano w wypływie nr 8, zlokalizowanym w inhalatorium radonowym (teren dawnej kop. „Podgórze”) i miało ono wartość 2702 Bq/dm³. Inne wystąpienia wód wysoko radonowych (wg klasyfikacji Przylibskiego [2]) zlokalizowane są w wyrobiskach podziemnych Sztolni Głównej (pr. nr 15) i „Starego inhalatorium” (pr. nr 6, 8).

Większość pobranych próbek wykazała radoczynność odpowiadającą wodom radonowym. Stanowiska w których woda nie może być uznana za leczniczą, ponieważ stężenie radonu (^{222}Rn) wynosi poniżej 75 Bq/dm³, znajdują się w polach „Wulkan” (pr. nr 19 i 20), i „Wolność” (pr. nr 18) kop. „Wolność” oraz na stanowisku w tunelu kolejowym (pr. nr 22), w rejonie kopalni „Liczyrzepa”. Najwyższe stężenia izotopu ^{222}Rn uży-

skano dla próbek ze stanowisk umiejscowionych na obszarach występowania gnejsów oczkowych, a najniższe – w rejonie budowanym przez łupki łyszczykowe. Zawartość radonu jest wyższa w wypływach zlokalizowanych w wyrobiskach podziemnych niż na w wypływach powierzchniowych. W sztolni nr 10 do badań laboratoryjnych pobrano próbkę z wody stojącej, co spowodowało otrzymanie zaniżonego wyniku.



Rys. 3. Plan Sztolni Głównej (kop. „Wolność”) z zaznaczonym miejscem pobrania próbki nr 15; 1 – szyb pochyły, 2 – miejsce pobrania próbki wody do badań laboratoryjnych, 3 – wejście do sztolni

Fig. 3. A plan of Główna Adit (“Wolność” mine) with a sampling point N° 15; 1 – steep shaft, 2 – sampling point, 3 – entrance of adit

Najwyższe zawartości radonu, w próbkach pobranych na powierzchni terenu otrzymano dla wypływów na zboczu Rudnika (pr. nr 17) oraz na polu „Wulkan” (pr. nr 21). Obydwa te punkty zlokalizowane są w obrębie wychodni gnejsów oczkowych.

Dalsze badania obejmą „Obszar poszukiwań „Budniki”, ponad Kowarami. W trakcie wstępnej penetracji tego terenu zlokalizowano niedostępną sztolnię nr 23 i dostępną sztolnię nr 21.

Literatura

- [1] ADAMSKI W., Kowarskie kopalnie rud żelaza i uranu, [w:] Grodzicki A., Lorenc M.W. (red.) Uczniowie Agricoli, mat. z konf. gór. w Kowarach z 1999 roku. Wyd. Muz. Karkonoskie w Jeleniej Górze. 2002.
- [2] PRZYLIBSKI T., *Radon – składnik swoistych wód leczniczych Sudetów*. Ofic. Wyd. Polit. Wr. 2005.
- [3] PRZYLIBSKI T., MIŚTA W., NOWAKOWSKI R., *Wyniki kartowania hydrogeologicznego oraz oznaczania stężenia aktywności radonu (^{222}Rn) w wodach podziemnych wschodniej części bloku karkonosko-izerskiego*. Rap. Inst. Gór. Polit. Wr. 2009.
- [4] ZAGOŹDŻON K., ZAGOŹDŻON P., *Stan obecny niektórych sztolni kopalnio „Wolność” w Kowarach*, [w:] Grodzicki A., Lorenc M.W. (red.) Uczniowie Agricoli, mat. z konf. gór. w Kowarach z 1999 roku. Wyd. Muz. Karkonoskie w Jeleniej Górze. 2002.
- [5] <http://www.teberia.pl/news.php?id=4328> – witryna internetowa portalu górniczego Teberia, art. KOWARY: Zagłada inhalatorium, 26.03.2009 r.

INVESTIGATION OF RADON WATER IN OLD WORKINGS AFTER URANIUM MINING IN KOWARY

In article are described results of hydrogeologic surveying of underground water outflow and radon (^{222}Rn) contents in it, on area of old iron and uranium mines in Kowary. Plans and actual state of mines are shown.

Big differences of isotope ^{222}Rn contents is was found in examined water outflow (between <5 to 2702Bq/dm^3).

The highest level was found in outflow No. 8, in adit No. 19a („Podgórze” mine). Outflows with high radon level are localised in gneiss.