

Ireneusz TOMZA*

ANOMALIA RADIOHYDROGEOLOGICZNA GÓRNOŚLĄSKIEGO ZAGŁĘBIA WĘGLOWEGO I JEJ WPŁYW NA PROMIENIOTWÓRCZE SKAŻENIE ŚRODOWISKA

S t r e s z c z e n i e. Opisano anomalię radiohydrogeologiczną, występującą na terenie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Radioaktywność wód powodowana jest przez izotopy radu, głównie ^{226}Ra z rodziny ^{238}U oraz w mniejszym stopniu przez ^{228}Ra i ^{224}Ra z rodziny toru ^{232}Th . Z promieniotwórczych wód radowych odprowadzanych z kopalń na powierzchnię wytrącają się promieniotwórcze osady trwale skażające naturalne środowisko. Skażeniu ulegają tereny użytkowane rolniczo, na których stwierdzono znaczne podwyższenie radioaktywności roślin uprawnych.

WSTĘP

Na terenie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW) występuje jedna z największych w świecie anomalii radiohydrogeologicznych. Wody podziemne z górnośląskich kopalń węgla są nie tylko silnie zasolone, lecz również promieniotwórcze. Radioaktywność tych wód powodowana jest przez izotopy radu, głównie ^{226}Ra o okresie połowicznego rozpadu $T_{1/2} = 1620$ lat z rodziny uranu ^{238}U oraz – w mniejszym stopniu – przez izotopy ^{228}Ra $T_{1/2} = 6,7$ lat i ^{224}Ra $T_{1/2} = 3,64$ dnia z rodziny toru ^{232}Th (Tomza I., 1978).

Wysokie stężenia radu obserwuje się wyłącznie w wodach słonych, które w warunkach redukcyjnych wypłukują te izotopy z górotworu. Stamtąd wody przedostają się do wyrobisk górniczych, a następnie transportowane są na powierzchnię, powodując jej skażenie (Tomza I., Lebecka J., 1981).

Miedzy uranem i torem a izotopami radu zachodzi znaczne naruszenie równowagi promieniotwórczej, ponieważ związki radu rozpuszczają się w innych warunkach geochemicznych niż związki uranu i toru. Te ostatnie przechodzą do roztworu w środowisku utleniającym.

Z części promieniotwórczych wód radowych wytrącają się osady, które są źródłem przenikliwego promieniowania gamma. Osady te trwale skażają koryta cieków wodnych, odprowadzających wody kopalniane oraz przyległe tereny (Tomza I. i współ., 1986).

RADONOSNE WODY W PRZYRODZIE

A. Na świecie

Zjawisko występowania promieniotwórczych wód radowych, w przeciwieństwie do wód radonowych, jest bardzo rzadkie, a o tak wielkim natężeniu

* Międzyresortowy Instytut Fizyki i Techniki Jądrowej ASH, Kraków.
Główny Instytut Górnictwa, Katowice.

unikatowe w skali światowej. Dotychczas, poza GZW, podwyższone stężenia radu w wodach z kopalń węgla stwierdzono jedynie w Zagłębiu Ruhry, gdzie promieniotwórcze wody o stężeniu radu 13.3 kBq/m^3 odprowadzane były do rzeki Lippe. Największe stężenie ^{226}Ra , stwierdzone w kopalni Auguste Victoria, wynosiło 63 kBq/m^3 (Gans I. i współ., 1981). Wody te były również silnie zmineralizowane. Poza tym wysokie stężenia radu odkryto w gorących źródłach mineralnych w okolicach miasta Ramsar w Iranie. W źródłach tych stężenie ^{226}Ra dochodziło do 330 kBq/m^3 , natomiast w glebie w okolicy źródeł stężenie radu wahało się w granicach od 0.6 do 360 kBq/kg . Aktywność radu w popiele roślin rosnących na tym terenie zawierała się w granicach od 0.01 do 13 kBq/kg , przy czym nie zaobserwowano zależności między stężeniem radu w glebie a stężeniem w roślinach (Khademi i współ., 1980).

Podwyższone stężenia radu zaobserwowano również w wodach towarzyszących złożom ropy naftowej i gazu (Kolb W. i Wójcik M., 1985).

Innym źródłem radu mogą być odpady z przeróbki fosforytów. W Brazylii w rejonie Araxa stężenie radu w ściekach odprowadzanych z zakładów przerabiających fosforyty sięga 50 kBq/m^3 (Paschoa i Nobrega, 1981). Duże stężenia radu obserwuje się również w składowiskach odpadów po przeróbce ród uranowych, jak np. w rejonie Canonsburga w Pensylwanii, w których aktywność właściwa radu dochodzi do 500 kBq/kg .

Należy zauważyć, że stężenie radu w wodach podziemnych w rejonie normalnym jest na ogół niższe od 0.03 kBq/m^3 (Raport NCPR, 1984), natomiast średnia zawartość ^{226}Ra w skorupie ziemskiej wynosi 25 Bq/kg (Raport UNSCEAR, 1982).

B. W Polsce

W górnośląskich kopalniach węgla występują dwa typy wód promieniotwórczych. Do pierwszego zaliczamy wody pozbawione siarczanów, tj. jonów SO_4^{2-} , w których oprócz jonów radu występują jony baru i strontu. Do drugiego typu wód zaliczamy te, w których nie ma jonów Ba^{2+} , natomiast występują jony SO_4^{2-} w znacznych ilościach. Z wód barowych, w których stężenie radu jest na ogół wyższe, przy zmieszaniu z wodami siarczanowymi, wytrącają się promieniotwórcze osady w postaci siarczanów baru i strontu z domieszką siarczanu radu. W procesie tym praktycznie cały rad przechodzi z roztworu do osadu, w rezultacie czego stężenie radu w osadzie wzrasta o kilka rzędów wielkości, ponieważ masa osadu w stosunku do masy wody, z której osad ten się wytrąca jest niewielka.

Aktywność właściwa osadów zależy od stężenia radu w wodzie, od ilości nośnika, z którym rad się współstrąca, tj. stężenia jonów baru i strontu oraz od ilości innego materiału niepromieniotwórczego, z którym

osad jest wymieszany. Mimo nieznacznej ilości osadu wytrącającego się z 1 m³ wody, z powodu bardzo dużego natężenia jej wypływu i procesu trwającego niekiedy wiele lat, ilość wytrąconego osadu z jednej kopalni może dochodzić do setek, a nawet tysięcy ton. Promieniotwórcze osady wytrącają się zarówno na dole w wyrobiskach kopalnianych, jak i na powierzchni.

Stężenie radu w wodach siarczanowych jest na ogół niższe niż w wodach bezsiarczanowych, lecz natężenie wypływu tych wód jest wielokrotnie większe niż wód barowych, w rezultacie czego ilość radu odprowadzana do środowiska przez wody siarczanowe jest około trzykrotnie większa od ilości radu dostarczanego przez wody barowe.

Rad z wód siarczanowych nie wytrąca się w postaci osadu, lecz ulega rozcieńczeniu oraz adsorpcji na osadach dennych cieków wodnych i na glebie.

Jonom radu rozpuszczonym w wodzie towarzyszą produkty ich promieniotwórczego rozpadu, tj. głównie radioaktywne izotopy radonu, polonu, ołowiu, bizmutu oraz talu. Maksymalne stężenie izotopów radu wykryte w wodach kopalni Śląsk wynosiło 420 kBq/m³, w tym 390 kBq/m³ ²²⁶Ra oraz 30 kBq/m³ ²²⁸Ra i ²²⁴Ra. Był to wyciek wody barowej o niewielkim natężeniu, który w niedługim czasie zanikł.

Promieniotwórcze wody dołowe odprowadzane są na powierzchnię, gdzie są częściowo wykorzystywane do procesów technologicznych, a w większości odprowadzane rurociągami lub rowami do małych strumieni i rzek zasilających Wisłę i Odrę.

Stężenie radu w wodach odprowadzanych do środowiska jest znacznie niższe niż w wodach wypływających bezpośrednio z górotworu. Powodowane jest to mieszaniem się wód promieniotwórczych z niepromieniotwórczymi w tzw. chodnikach wodnych, które służą jako zbiorniki wód podziemnych, skąd okresowo wypompowywane są na powierzchnię oraz wytrącaniem radu z osadem jeszcze w wyrobiskach kopalnianych lub chodnikach wodnych.

METODY POMIAROWE

A. Oznaczenia radu w wodzie

Oznaczanie stężenia izotopów radu ²²⁶Ra i ²²⁸Ra w próbkach wód wykonano w Laboratorium Radiometrii Głównego Instytutu Górniczego w Katowicach metodą opracowaną przez autora z wykorzystaniem ciekłych scyntylatorów (Tomza I., 1975, Tomza I., 1983), na podstawie której opracowano Polską Normę (PN-8/Z-70072).

Metoda polega na wydzieleniu radu z badanej próbki przez współstrącenie z barem w postaci siarczanów, radiochemicznym oczyszczeniu osadów

z pozostałych izotopów promieniotwórczych, wymieszaniu z ciekłym scyntylatorem żelującym, tak by osad był równomiernie zawieszony w całej objętości scyntylatora i na pomiarze aktywności osadu w spektrometrze na ciekłe scyntylatory. Wykorzystując różne okresy połowicznego rozpadu pochodnych izotopów radu, można niezależnie oznaczyć stężenie ^{226}Ra i ^{224}Ra , mierząc aktywność preparatu dwukrotnie w różnych okresach po spreparowaniu próbki i rozwiązując prosty układ równań. Optymalnymi okresami pomiaru, przy których błąd oznaczenia jest najmniejszy, są: 24-30 godzin i 7-9 dni po spreparowaniu próbki. Aktywność ^{228}Ra jest taka sama jak aktywność ^{224}Ra , ponieważ w wodach podziemnych izotopy te pozostają w równowadze promieniotwórczej w granicach błędu oznaczenia.

Równocześnie z badanymi próbkami preparuje się próbkę wzorcową o znanym stężeniu radu, względem której prowadzi się oznaczenie. Błąd pomiaru aktywności względem wzorca w próbkach o objętości 1dm^3 , w których stężenie promieniotwórcze izotopów radu jest większe od 0.3 Bq/dm^3 i nie przekracza 5% przy poziomie ufności 0.95.

Pomiary wykonano spektrometrem na ciekłe scyntylatory Rack Beta firmy LKB.

B. Oznaczanie radu w próbkach stałych

Oznaczanie koncentracji izotopów radu w próbkach stałych - osady, gleby - prowadzono metodą spektrometrii gamma z zastosowaniem półprzewodnikowego detektora germanowego i wielokanałowego analizatora amplitudy impulsów zgodnie z Polską Normą (PN-B9/Z-70073). Próbki przed pomiarem suszono w temperaturze 105°C i zamykano w szczelnym pojemniku na okres 1 miesiąca celem ustalenia równowagi promieniotwórczej między izotopami radu a ich pochodnymi. Błąd pomiaru nie przekraczał 10% lub $\pm 20\text{ Bq/kg}$.

Pomiary prowadzone były w laboratorium radiometrii GIG i uzupełnione w Międzyresortowym Instytucie Fizyki i Techniki Jądrowej AGH.

C. Pomiar natężenia promieniowania - mocy dawki ekspozycyjnej

Moc dawki ekspozycyjnej promieniowania gamma mierzono radiometrem GRS-500 kanadyjskiej firmy EDA oraz radiometrem RKP polskiej firmy Polon. Radiometry skalowano w Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej w Warszawie. Błąd pomiaru nie przekraczał 20%, jeżeli natężenie promieniowania było większe niż 5 pA/kg .

Pomiary prowadzono na terenie GZW radiometrami Laboratorium Radiometrii GIG i MIFiJT AGH.

WYNIKI BADAŃ

A. Promieniotwórcze wody

Wyniki pomiarów łącznego stężenia izotopów radu $^{226}\text{Ra} + ^{228}\text{Ra}$ w wodach pobranych w wyrobiskach kopalnianych do 1989 roku zestawiono w tablicy 1. Przedstawiono w niej stężenia maksymalne, które zaobserwowano w kopalniach, przy czym uwzględniono tylko te kopalnie, w których stężenie radu przewyższało 10 kBq/m^3 wody. Wyniki te należy traktować jako sondażowe, a to z powodu dużej liczby kopalń i bardzo dużej liczby niestabilnych wycieków, których nie można na bieżąco kontrolować. W tablicy 1 zaznaczono również typ promieniotwórczej wody. Typem A nazwano wody beziarczanowe, zawierające oprócz jonów radu także jony baru; typem B nazwano wody siarczanowe.

Na podstawie wyników zawartych w tablicy 1 sporządzono wykres (rys.1). Uwzględniono na nim kopalnie, w których maksymalne stężenie radu przewyższało 50 kBq/m^3 oraz grupę kopalń odprowadzających największą ilość radu do środowiska. Największą ilość radu odprowadzają do środowiska kopalnie, w których stężenie radu jest stosunkowo małe, lecz mają intensywne dopływy radonośnych wód. Przykładem może być kopalnia Piast w nowym Bieruniu, która odprowadza $190 \text{ MBq } ^{226}\text{Ra}$ oraz $82 \text{ MBq } ^{228}\text{Ra}$ i ^{224}Ra . W przeszłości wodę o najwyższym stężeniu ^{226}Ra - 28 kBq/m^3 odprowadzała kopalnia Marcel w Radlinie Śląskim. Kopalnia ta teraz nie odprowadza promieniotwórczych wód na powierzchnię, ponieważ cały rad zawarty w jej wodach wytrąca się na dole w wyrobiskach górniczych. Obecnie wody o najwyższym stężeniu radu - 17.9 kBq/m^3 ^{226}Ra i 2.9 kBq/m^3 ^{228}Ra odprowadza na powierzchnię kopalnia Krupiński. Z wód tej kopalni wytrącają się promieniotwórcze osady.

W tablicy 2 przedstawiono ilość radu (ładunek) odprowadzaną przez wybrane kopalnie do środowiska w ciągu doby. Dane z tablicy 2 zilustrowano na rys.2, na którym przedstawiono ładunek radu - $^{226}\text{Ra} + ^{228}\text{Ra}$, odprowadzany z wodami na powierzchnię przez poszczególne kopalnie.

Zgodnie z Zarządzeniem Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki z dnia 19 maja 1989 r., maksymalna aktywność odpadów ciekłych, które można usunąć do wód w ciągu miesiąca z jednostki organizacyjnej wynosi dla ^{226}Ra - 0.7 MBq/miesiąc , a dla ^{228}Ra - 0.9 MBq/miesiąc . Porównując te liczby z danymi zawartymi w tablicy 2 widać, że są one przekroczone w skrajnym przypadku kopalni Piast przeszło 8000 razy tylko dla ^{226}Ra . Podobnie dopuszczalne stężenie ^{226}Ra w odpadach ciekłych, które można odprowadzać do środowiska, w myśl tego zarządzenia, wynosi 0.7 kBq/m^3 . W przypadku kopalni Krupiński poziom ten przekroczony jest przeszło 25 razy.

Tablica 1

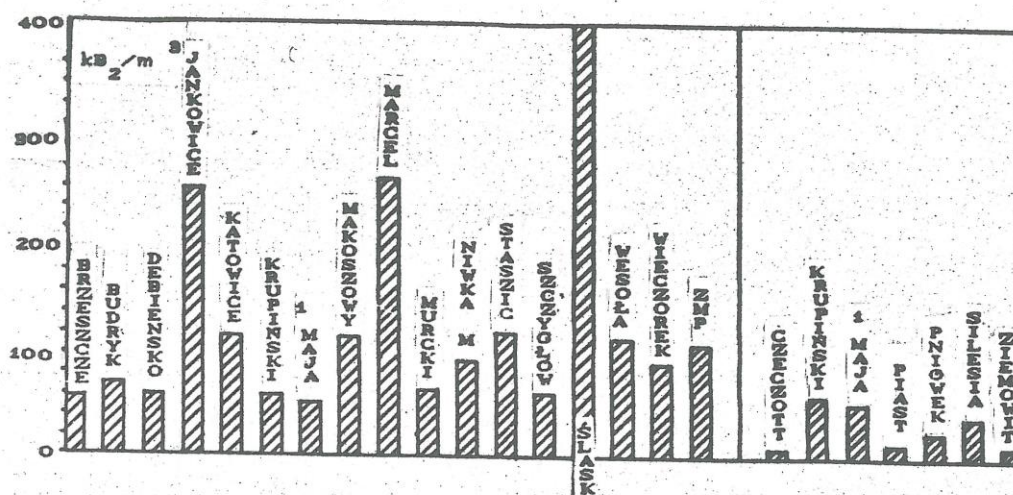
Maksymalne stężenia radu w kBq/m³ stwierdzone w kopalniach GZW do 1989r.

Nazwa kopalni	Stężenie radu	Typ wody	Nazwa kopalni	Stężenie radu	Typ wody
Borynia	36	A	Niwka-Modrzejów	93	B
Brzeszcze	58	B	Nowy Wirek	12	B
Budryk	71	A	Piast	15	B
Chwałowice	32	A	Pniówek	27	A
Czeczott	11	B	Polska	82	A
Dębieńsko	59	A	Pstrowski	48	A
Halemba	25	B	Rydułtowy	10	B
Jankowice	257	A	Silesia	42	A
Jastrzębie	19	-	Sośnica	14	-
Julian	26	B	Staszic	120	A
Katowice	116	B	Szczygłowice	62	A
Krupiński	59	A	Szombierki	17	-
1 - Maja	54	A	Śląsk	420	A
Makoszowy	116	-	Wesoła	114	A
Marcel	270	A	Wieczorek	91	B
Morciniek	29	A	Ziemowit	12	B
Moszczenica	17	-	Zofiówka	32	-
Murcki	65	A	Z M P	110	A
Mysłowice	25	B			

Wszystkie kopalnie odprowadzają do Wisły i jej dopływów około 468 MBq/dobę ²²⁶Ra, w tym 414 MBq/dobę z wodami siarczanowymi - typ B i 54 MBq/dobę z wodami barowymi - typ A, z których wytrącają się promieniotwórcze osady. Kopalnie położone w dorzeczu Odry odprowadzają 104 MBq/d

²²⁶Ra, w tym 82 MBq/dobę z wodami barowymi. Dodatkowo odprowadzane są do środowiska izotopy ²²⁸Ra i ²²⁴Ra w ilości 186 MBq/dobę.

Opisany stan stale ulega zmianom w miarę postępu eksploatacji; w kopalniach zanikają stare wypływy i pojawiają się nowe. Jednakże w miarę eksploataowania węgla z pokładów zalegających na większych głębokościach zwiększa się stopień zasolenia wód czemu towarzyszy wzrost stężenia promieniotwórczego. Poza tym promieniotwórcze wody pojawiają się w kopalniach, w których przed niewielu laty ich nie było. Do takich kopalń należą: Julian, Niwka-Modrzejów, Murcki, Wieczorek i inne. Wszystko to powoduje stopniowy wzrost ilości odprowadzanego do środowiska radu.



Rys.1. Maksymalne stężenia radu stwierdzone w kopalniach GZW do 1989 r.

B. Promieniotwórcze osady

Jak wspomniano, promieniotwórcze osady wytrącają się nie tylko na dole w kopalniach, lecz również na powierzchni. Wytrącanie osadów następuje w osadnikach wód dołowych, rurociągach odprowadzających promieniotwórcze wody, rowach, odkrytych zbiornikach i rzekach.

Wyniki pomiarów aktywności osadów trudno jest usystematyzować, ponieważ osadzają się one w sposób przypadkowy zależnie od prędkości przepływu wody, głębokości i szerokości cieków wodnych, ich zakrętów i różnego rodzaju zanieczyszczeń, jak np. gałęzi, na których osadzają się promieniotwórcze muły.

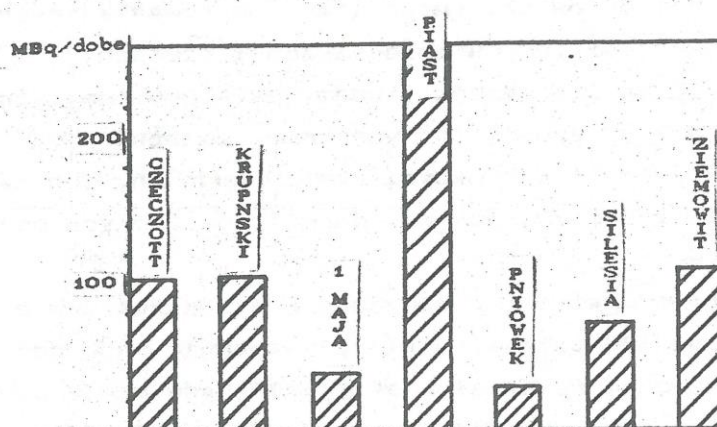
Maksymalną aktywność właściwą znaleziono w przeszłości w osadzie kopalni Marcel z poziomu 600 metrów, w którym stężenie radu dochodziło do 400 kBq/kg. Na powierzchni maksymalną aktywność radu stwierdzono w osadzie wyscielającym dno rowu, którym odprowadzano promieniotwórcze wody z kopalni Jankowice do rzeki Nacyny. Stężenie radu w tym osadzie dochodziło do 200 kBq/kg, czyli było dwudziestokrotnie większe niż przewiduje Polska Norma, kwalifikująca osady jako promieniotwórcze. Po interwencjach, osady te zostały usunięte, jednakże podczas usuwania część z nich została rozproszona po okolicznych łąkach, nad którymi natężenie promieniowania gamma dochodziło do 120 pA/kg, przy średnim tle w woj. katowickim 0.57 pA/kg. Aktywność roślin na tym terenie, przypadająca na kilogram masy, blisko tysiącrotnie przekraczała aktywność roślin z czystych terenów. Podobna sytuacja, jak w okolicy kopalni Jankowice, występuje w pobliżu kopalni 1-Maja, z której również w prze-

Tablica 2

Ładunek radu odprowadzany do środowiska przez wybrane kopalnie GZW

Nazwa kopalni	Ilość odpr. wody m^3 /dobę	Stężenie radu kBq/m^3		Ładunek radu $MBq/dobę$		Typ wody
		^{226}Ra	^{228}Ra	^{226}Ra	^{228}Ra	
Czeczott	16000	4.5	2.0	72	32	B
Krupiński	5200	17.9	2.9	93	15	A i B
1 Maja	2300	15.2	2.0	35	5	A
Piast	24000	7.9	3.4	190	82	B
Pniówek	2380	10.1	2.4	24	6	A i B
Silesia	10500	5.1	1.2	54	13	A i B
Ziemowit	34500	2.5	0.8	86	28	B
wszystkie kop.	540000	-	-	572	186	A i B

Uwaga! Maksymalna aktywność odpadów ciekłych (ładunek), które można usunąć do wód w ciągu miesiąca z jednostki organizacyjnej (kopalni) dla ^{226}Ra - 0.7MBq, a dla ^{228}Ra - 0.9MBq. Zarządzenie prezesa PAA z DN. 19.05.1989. NP NR 18/89.



Rys.2. Ładunek radu odprowadzany przez wybrane kopalnie do środowiska

szłości odprowadzano promieniotwórcze wody rowem usytuowanym na terenie ogólnie dostępnym i użytkowanym rolniczo. Promieniotwórczymi osadami skażone są rzeki: Szotkówka, do której odprowadzały promieniotwórcze wody kopalnie Borynia, Jankowice, Jastrzębie, Pniówek i Zofiówka oraz Leśnica, do której są odprowadzane wody zbiorczym kolektorem Olza z dwunastu kopalń Rybnicko-Jastrzębskiego Okręgu Węglowego, a także potok w Jastrzębiu, do którego zrzucane są wody o stężeniu $8 kBq/m^3$ ^{226}Ra i $3 kBq/m^3$ ^{228}Ra z kilku kopalń rybnicko-jastrzębskich na skutek zmniejszo-

nej drożności kolektora Olza. Zmniejszenie drożności spowodowane było osadzeniem na ściankach rurociągu promieniotwórczego osadu, który wiązał się w postać twardej skały. W osadzie dennym z potoku przepływającego przez Jastrzębie stwierdzono koncentrację ^{226}Ra , dochodzącą do 11 kBq/kg i ^{228}Ra do 6 kBq/kg, natomiast maksymalne natężenie promieniowania gamma w pobliżu potoku - 40 pA/kg.

Bardzo duże ilości promieniotwórczych osadów znajdują się w zbiorniku Rontok Duży w pobliżu Goczałkowic, do którego kopalnia Silesia odprowadza radioaktywne wody mieszane typu A i B. Okresami kopalnia ta odprowadzała 106 MBq/dobę ^{226}Ra z wodą, która po przejściu przez zbiornik wpływa do Wisły, w której również wytrącają się osady.

Skażeniu promieniotwórczemu ulegają również gleby i roślinność w pobliżu cieków odprowadzających radioaktywne wody siarczanowe, z których nie wytrącają się osady. Skażenie promieniotwórcze gleby w pobliżu zbiornika wód dołowych z kopalni Piast i Czeczot w miejscowości Bojszowy sięga do 300 m od jego obwałowań. Skażenie gleby w odległości 40 m od rzeki Gostynki, do której z kolei odprowadzane są wody ze zbiornika, wynosiło 185 Bq/kg ^{226}Ra i 160 Bq/kg ^{228}Ra , natomiast osad denny z tej rzeki, przy ujściu do Wisły zawierał łącznie 2100 Bq/kg ^{226}Ra i ^{228}Ra .

WNIOSKI

1. W Górnośląskim Zagłębiu Węglowym występuje jedna z największych w świecie anomalii radiohydrogeologicznych zarówno co do wartości stężeń radu, jak i natężenia wypływu promieniotwórczych wód.
2. Z części promieniotwórczych wód radowych odprowadzanych na powierzchnię wytrącają się radioaktywne osady trwale skażające naturalne środowisko, z pozostałej części rad ulega adsorpcji na osadach dennych i glebie.
3. Skażeniu ulegają tereny użytkowane rolniczo, na których stwierdzono znaczne podwyższenie radioaktywności roślin pastewnych.
4. Promieniotwórcze izotopy mogą wchodzić w ciąg pokarmowy człowieka.

LITERATURA

- [1] Gans I. et al. (1981): Radium in Waste from Coal Mines and other Sources in Federal Republic of Germany. Natural Radiation Environment Symposium. Bombay, Wiley Eastern Ltd.
- [2] Khademi B. et al. (1980): Transfer of radium from soil to plants in an area of high natural radioactivity in Ramsar, Iran. Natural Radiation Environment III, Conf-780 422/Vol. I, 600.
- [3] Kolb W., Wójcik M. (1985): Strahlenschutzprobleme bei der Gewinnung und Nutzung von Erdöl und Erdgas in der Bundesrepublik Deutschland.

Physikalisch-Technische Bundesanstalt. Radioaktivitet. Braunschweig, Febr.

- [4] Paschoa A., Nobrega A. (1981): Non-nuclear Mining with Radiological Implications in Araxa. Int. Conf. Radiation Hazards in Mining. Colorado School of Mines, Golden USA, October 4-9, 1981. J. of Energy Oak Ridge, Tech. Inf. Center, 889.
- [5] Polska Norma - 88/Z-70071. Ochrona radiologiczna w podziemnych zakładach górniczych. Limity narażenia górników na działanie naturalnych izotopów promieniotwórczych i metody kontroli.
- [6] Polska Norma - 89/Z-70072. Oznaczanie stężeń izotopów radu w wodach metodą ciekłych scyntylatorów.
- [7] Polska Norma - 89/Z-70073. Oznaczanie stężeń naturalnych nuklidów promieniotwórczych w osadach dołowych metodą spektrometrii gamma.
- [8] Tomza I. (1975): Determination of Low Radium Concentrations in Mineralized Waters. Proc. of the Int. Conf. on Low Radioactivity Measurements and Applications. 6 - 19 Oct. 1975. The High Tatras, Bratislava 1977.
- [9] Tomza I. (1978): Analiza naturalnej promieniotwórczości wód w kopalniach węgla kamiennego. Praca doktorska, AGH, Kraków.
- [10] Tomza I., Lebecka J. (1981): Radium-Bearing Waters in Coal Mines. Occurance, Methods of Measurement and Radiation Hazard. Int. Conf. Radiation hazards in mining. Colorado, October 1981, 945.
- [11] Tomza I. (1983): Determination of Radium in Underground Waters by Liquid Scintillation Method. Nucleonica Vol.28, 1983, p.53.
- [12] Tomza I., Lebecka J., Pluta I. (1986): Promieniotwórczość wód występujących w utworach karbońskich GZW. Prace GIG, ser.dod.434, Katowice 1986.
- [13] Zarządzenie Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki z dnia 19 maja 1989r. w sprawie zasad zaliczania odpadów do odpadów promieniotwórczych. Monitor Polski Nr 18/89.

RADIOGEOHYDROLOGICAL ANOMALY OF THE UPPER-SILESIA COAL BASIN AND RESULTING RADIOACTIVE POLLUTION OF THE ENVIRONMENT

S u m m a r y

Radiogeohydrological anomaly present in the Upper-Silesian Coal Basin has been described. Water radioactivity is due to the radium isotopes, mainly ^{226}Ra from ^{238}U radioactive series and to a smaller degree to the ^{228}Ra and ^{224}Ra isotopes from ^{232}Th radioactive series. Radioactive deposits which precipitate from radium radioactive waters drained from the mines to the Earth surface contaminate the environment

permanently. The plough-lands are being contaminated, too. Higher radioactivity of cultivated plants has also been found.

РАДИОГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ АНОМАЛИЯ ИЗ ВЕРХЕСИЛЕЗСКОГО КАМЕННОУГОЛЬНОГО БАСЕЙНА И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА РАДИОАКТИВНУЮ КОНТАМИНАЦИЮ ЕСТЕСТВЕННОЙ СРЕДЫ

Р э з ю м е

В работе описана радиогидрогеологическая аномалия из Верхнесилезского каменноугольного бассейна. Радиоактивность вод вызвана изотопами радия, прежде всего радием ^{226}Ra из семейства урана ^{238}U и в меньшей степени радием ^{228}Ra и ^{224}Ra из семейства тория ^{232}Th . Из радиоактивных радиевых вод отводимых из шахт на поверхность земли осаждаются радиоактивные отложения, постоянно создавая контаминацию естественной среды. Контаминацию подвергаются сельскохозяйственные районы, в которых отмечена повышенная радиоактивность культивируемых растений.