
ANNALES
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA
LUBLIN — POLONIA

VOL. LII, 12

SECTIO B

1997

Instytut Geografii UJ

JOANNA POCIASK-KARTECZKA

*Promieniotwórcze skażenie środowiska pod wpływem górnictwa
węgla kamiennego na Górnym Śląsku*

The influence of radionuclides released by Silesian coal mine activity on the natural environment
(Poland)

WSTĘP

W dotychczasowych badaniach dotyczących skażenia środowiska naturalnego w wyniku górnictwa węgla kamiennego nie zwracano zbyt dużej uwagi na skażenia substancjami radioaktywnymi. Górnictwo węgla kamiennego, które rozwija się na Górnym Śląsku od ponad 100 lat, jest jednym ze źródeł „technogenicznie zwiększonej radioaktywności naturalnej”; około 70 kopalń produkuje średnio 150×10^6 t węgla rocznie. Eksploatacja odbywa się na głębokości od 350 do 1050 m. W Polsce o zagrożeniu promieniowaniem w śląskich kopalniach wiadomo od prawie trzydziestu lat, kiedy Główny Instytut Górniczy (GIG) rozpoczął badania, w wyniku których stwierdzono między innymi, iż 5% górników otrzymuje dawkę promieniowania od 5 do 15 mSv/rok, podczas gdy dawka w rejonie normalnym wynosi 2 mSv/rok. Podwyższona promieniotwórczość w kopalniach wynika przede wszystkim z dużej zawartości izotopu radu Ra-226 w węglu kamiennym. Ponadto dużą promieniotwórczością odznaczają się wody krążące w obrębie węglonośnych utworów skalnych, a także wytrącające się z nich osady. Zagrożeni są nie tylko górnicy, bowiem część wód kopalnianych trafia na powierzchnię.

ANOMALIA RADIOHYDROGEOLOGICZNA NA GÓRNYM ŚLĄSKU

Wody radowe są rzadkie w przyrodzie i rzadko występują na obszarach górnictwa węglowego. Radoczynność wód kopalnianych na Śląsku wiąże się przede wszystkim z podwyższonym stężeniem izotopów radu w stosunku do wartości zwykle spotykanych w przyrodzie. Dotyczy to zarówno izotopu Ra-226 należącego do rodziny uranowej, jak i izotopów Ra-228 i Ra-224 należących do rodziny torowej. Stężenie radu osiągnęło tak wysokie wartości, iż obszar Górnośląskiego Zagłębia zaliczono do dodatkowej anomalii radiohydrogeologicznej. W wyniku długotrwałego (około 300 mln lat) krążenia wód w górotworze doszło do selektywnego wymycia radu, czemu sprzyjało wysokie zasolenie oraz środowisko redukcyjne. W wyniku tego procesu powstały wody radowe albo radoczyste o radoczynności trwałej (nie należy mylić z wodami radonowymi bogatymi w radon Rn-222 o radoczynności przemijającej).

Jak dotąd stwierdzono istnienie kilku anomalii hydrogeologicznych na świecie. Jedną z nich znajduje się w Iranie, gdzie stężenie radu w wodach gorących źródeł wynosi 300 kBq/m^3 . W innych rejonach górniczych, np. w Zagłębiu Ruhry, które jest jedynym poza Śląskiem obszarem węglowym z wodami radowymi, w ściekach kopalni Auguste Viktoria, rad osiągnął stężenie 63 kBq/m^3 . W Polsce natomiast zdarzają się stężenia radu osiągające wielkość nawet 420 kBq/m^3 (Wiktorowski 1989).

PROMIENIOWANIE GAMMA I JEGO SKUTKI

Rad-226 jest źródłem promieniowania gamma, które jest promieniowaniem falowym. Wnikające do organizmu promieniowanie w formie fotonu przekazuje w czasie zderzeń z elektronami atomów dużą ilość energii. Powoduje to wybijanie tych elektronów i w konsekwencji prowadzi do jonizacji. Wybite elektrony z uwagi na zaabsorbowaną dużą energię zaczynają się poruszać z wielką szybkością, wywołując dalsze zderzenia. Obok jonów powstają wtedy atomy i cząsteczki w stanie wzbudzonym oraz rodniki. Promieniowanie gamma jest bardziej przenikliwe aniżeli promieniowanie korpuskularne alfa. W efekcie, wniknięcie promieniowania do organizmu prowadzi do powstania form, które inicjują zupełnie inne reakcje niż te, jakie normalnie w nim przebiegają i stają się one przyczyną wielu chorób.

ŹRÓDŁA PROMIENIOWANIA NA GÓRNYM ŚLĄSKU

Zawartość średnia naturalnych radionuklidów w **węglach** na Górnym Śląsku nie jest zbyt duża, a nawet nieco niższa od średnich światowych (tab. 1). Jednakże w niektórych rejonach Zagłębia koncentracje te są bardzo wysokie, co jest spowodowane wulkanizmem towarzyszącym wydźwignięciu pewnych partii górotworu lub wypaleniami i wytleniami pokładów w wyniku samozapaleń. Najwyższe stężenia Ra-226 stwierdzono w Rybnickim Okręgu Węglowym (Wysocka, Skowronek 1991).

Tab. 1. Koncentracja radionuklidów naturalnych w węglu kamiennym oraz w skorupie ziemskiej (Wysocka, Skowronek 1991)

Specific activity of natural radionuclides in hard coal and the Earth's crust (after Wysocka, Skowronek 1991)

Obszar	K-40	Ra-228	Ra-226
	Bq/kg		
USA	52	21	18
RPA	110	20	30
Byłe kraje ZSSR	120	22	28
W. Brytania	120	17	17
Polska	59	11	17
Zakres	0-785	0-105	0-121
Świat przeciętnie	50	20	20
Skorupa ziemska	370	25	25

Wody kopalni śląskich zawierają znacznie więcej radu aniżeli wody w innych rejonach górniczych świata i należą do jednych z najsilniej radowych wód na świecie (tab. 2). Wyróżnia się dwa typy tych wód: typ A – wody zawierające jony Ba^{2+} i małą ilość jonów SO_4^{2-} oraz typ B – wody zawierające stosunkowo dużą ilość jonów SO_4^{2-} , a nie zawierające jonów Ba^{2+} lub zawierające go bardzo mało. Rad wytrąca się z wód typu A w postaci silnie promieniotwórczego siarczany radowo-barowego. Siarczany wytrącające się z wód kopalnianych występują w postaci nierozpuszczalnej, promieniotwórczej zawiesiny, która może gromadzić się w osadach dennych zbiorników oraz kanałów i rzek odprowadzających wody dołowe. Z wód typu B rad nie wytrąca się, a jedynie ulega rozcieńczeniu przy mieszaniu się z innymi wodami.

Osady, które powstają w kopalniach z wytrącenia się radu odznaczają się bardzo dużą promieniotwórczością i wynoszą nawet 133 200 Bq/kg (tab. 3). Również osady wytrącające się na powierzchni – w zbiornikach oraz rowach i rzekach odprowadzających wody kopalniane – posiadają bardzo dużą zawartość

Ra-226. Na przykład osady z Rowu Chwałowickiego (kopalnia Jankowice) posiadają stężenia radu dochodzące do 157 kBq/kg, natomiast osady w zbiorniku Rontok (kopalnia Silesia) osiągają wielkość 70 kBq/kg, tak że stanowią silne źródło promieniowania gamma przewyższające 550 razy wielkości średnie w województwie katowickim (Lebecka i in. 1986).

Tab. 2. Charakterystyka typów wód kopalnianych (Lebecka i in. 1994)
Types of mine waters in the Upper Silesia Region (after Lebecka et al. 1994)

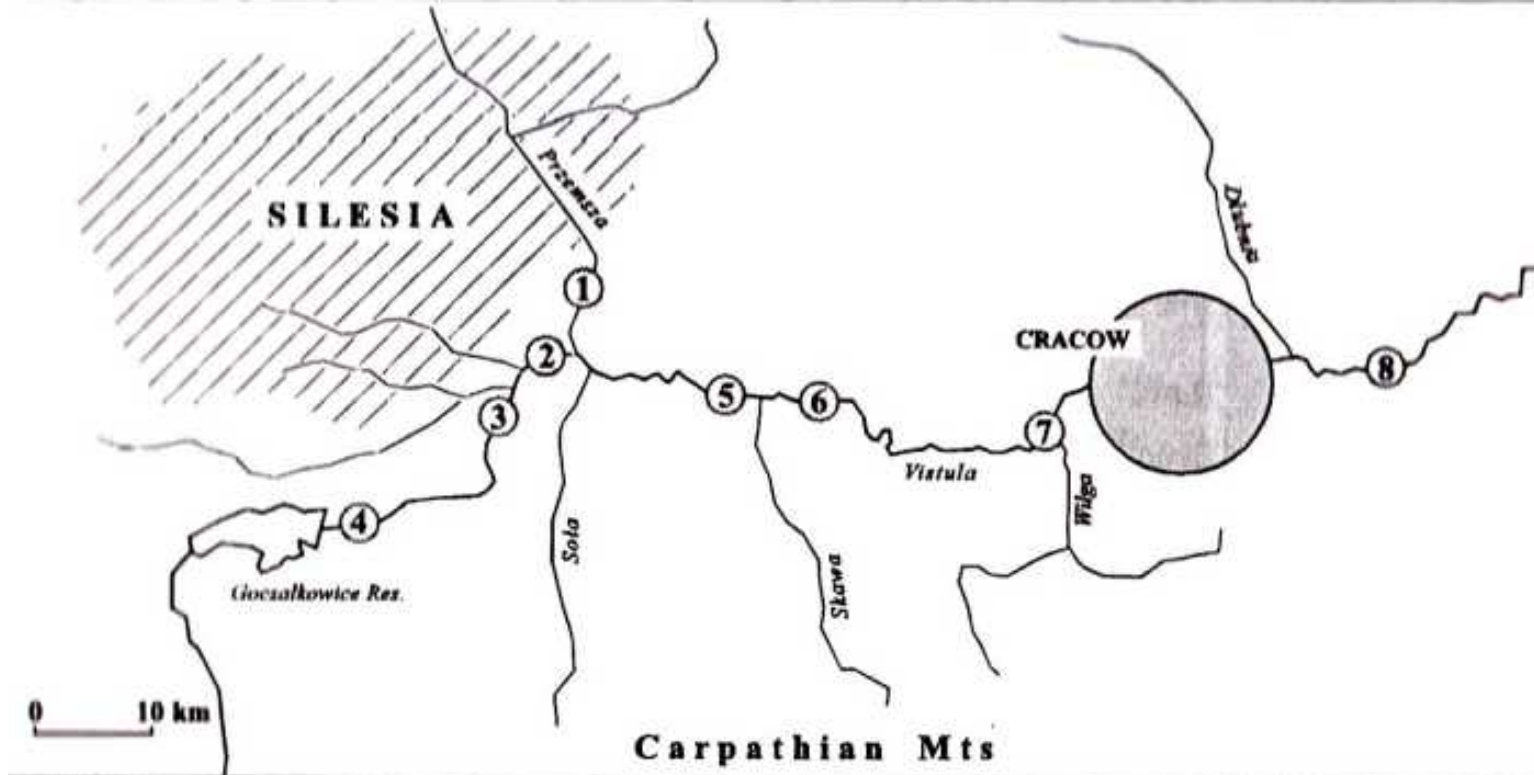
Typ wody	Koncentracja Ra-226	Mineralizacja
	(kBq/m ³)	(kg/m ³)
A	0,5–390	30–230
B	0,1–12	5–100

Tab. 3. Zawartość Ra-226 w próbkach osadów niektórych kopalń śląskich (Lebecka i in. 1986)
Ra-226 concentrations in mine deposits in Bq/kg (after Lebecka et al. 1986)

Nr przykładu	Koncentracja Ra-226
1	5350
2	133 200
3	110
4	17 200
5	25 740
6	69 800

WPLYW EKSPLOATACJI WĘGLA NA PROMIENIOTWÓRCZOŚĆ ŚRODOWISKA

Według szacunku GIG-u wraz z zasolonymi wodami kopalnianymi każdej doby trafia do Wisły około 306 MBq/d izotopu Ra-226 i około 555 MBq/d izotopu Ra-228, co w porównaniu do końca lat osiemdziesiątych jest wartością dwukrotnie mniejszą. W niektórych kopalniach śląskich udało się bowiem wdrożyć technologie oczyszczania wód oraz kontrolowane mieszanie wód naturalnych, a także zmniejszyć ilości wód pompowanych. Niemniej jednak zrzuty takich ilości substancji radioaktywnych nie pozostają bez wpływu na poziom promieniotwórczości środowiska na powierzchni. Przejawia się to zarówno w postaci podwyższonego stężenia izotopów radu w wodach powierzchniowych i osadach rzecznych, jak również w glebie, wodach podziemnych, powietrzu i roślinności w najbliższym otoczeniu cieków prowadzących wody kopalniane.



Ryc. 1. Lokalizacja punktów poboru osadów rzecznych
Location of river sediment sampling sites

SKAŻENIE WÓD POWIERZCHNIOWYCH

Wody radowe odprowadzane są do Wisły i jej dopływów, przy czym są to wody radowe typu A (z kopalni Silesia) oraz wody radowe typu B (z kopalni: Piast, Cieczott i Ziemowit). Badania wykazały, że stężenie radu w Wiśle na wysokości Nowego Bierunia osiąga wielkość $0,20 \text{ kBq/m}^3$ (norma $0,11 \text{ kBq/m}^3$). W przypadku małych rzek, do których bezpośrednio zrzucane są wody kopalniane, stężenia te są wyższe i osiągają – tak jak w przypadku Potoku Goławickiego (kopalnia Ziemowit) – wartość $1,41 \text{ kBq/m}^3$. W wodach rzecznych w Holandii i Niemczech stężenia Ra-226 wynoszą zwykle około $0,003 \text{ kBq/m}^3$ stężenia powyżej $0,008 \text{ kBq/m}^3$ uważa się za podwyższone.

Ładunek radu w wodach dołowych odprowadzanych do dorzecza Odry nie jest zbyt duży i nie przekracza stężeń dopuszczalnych (tab. 4).

Tab. 4. Aktywność izotopów radu odprowadzanych przez kopalnie z wodami dołowymi do poszczególnych rzek na terenie GOP (Lebecka i in. 1991)
 Ra-226 concentration in waters pumped by Silesian mines (after Lebecka et al. 1986)

Dorzecze	Koncentracja Ra-226
	MBq/d
Dorzecze Wisły	
Rawa	2,0
Brunica	—
Gostynia	263,1
Mleczka	—
Bobrek – B. Przemsza	2,0
Czarna Przemsza	1,4
Przemsza	—
Mała Wisła	190,7
Dorzecze Odry	
Olza	82,4
Ruda-Nacyna	7,5
Bierawka	10,0
Bytomka	0,8
Kłodnica	3,8

SKAŻENIE OSADÓW RZECZNYCH

Zawartości Ra-226 w osadach rzecznych (Wisła, Przemsza) wykazują przestrzenne zróżnicowanie (ryc. 1). Koncentracje Ra-226 są wyższe niż przeciętne wartości dla skorupy ziemskiej i wykazują silną zależność od lokalizacji: rzeki i kanały zasilające Wisłę w rejonie Górnego Śląska dostarczają znacznych ilości tych radionuklidów z wodami kopalnianymi (tab. 5). Maksymalne stężenia (210–420 Bq/kg) występują w osadach wiślanych w bezpośrednim sąsiedztwie Śląska. W tych samych próbkach stwierdzono również najwyższe stężenia Ra-228 (210–600 Bq/kg). Znacznie niższe stężenia radu (Ra-226: 45–80 Bq/kg, Ra-228: 40–130 Bq/kg) obserwowano w pozostałych próbkach (Jasińska i in. w druku).

Tab. 5. Zawartość radionuklidów w osadach rzecznych (Jasińska i in. w druku)
Radionuclides specific activity in river sediments (after Jasinska et al. in print)

Nr	40 _K	Ra-228	Ra-226
	Bq/kg		
1	230 ± 25	45 ± 5	45 ± 15
2	360 ± 35	610 ± 25	415 ± 70
3	310 ± 35	280 ± 20	205 ± 50
4	480 ± 45	40 ± 5	70 ± 20
5	185 ± 20	130 ± 5	80 ± 20
6	270 ± 15	75 ± 5	55 ± 15
7	440 ± 40	40 ± 5	65 ± 20
8	595 ± 40	60 ± 5	55 ± 15

SKAŻENIE WÓD PODZIEMNYCH I GLEBY

Wskutek infiltracji wód powierzchniowych oraz przenikania radionuklidów z gruntu, zanieczyszczeniu uległy także wody podziemne. W okolicach Rybnika na głębokości 1,5 m stężenie Ra-226 dochodziło do 1 kBq/kg. Skażenie gleb ma charakter lokalny i jest spowodowane przede wszystkim składowaniem osadów pochodzących z okresowego czyszczenia koryt rzek i kanałów odprowadzających wody dołowe z okresu, gdy nie zdawano sobie sprawy z promieniotwórczości osadów. W okolicach Rybnika stężenie Ra-226 w glebie dochodziło do 53 kBq/kg. Szacuje się, iż łączna powierzchnia terenu, który został skażony wynosi około 20 ha. Tereny te stanowią w większości nieużytki i nie są zamieszkałe przez ludność, ale wykorzystuje się je jako pastwiska. Część terenów została zrekultywowana (Lebecka i in. 1990).

SKAŻENIE POWIETRZA

Podwyższone natężenie promieniowania gamma występuje na niewielkich obszarach wzdłuż cieków, kanałów, na obszarach, gdzie złożono osady pochodzące z rzek i kanałów oraz nad zwałowiskami i osadnikami wód dołowych (ryc. 2). Moce dawek wzdłuż tras odprowadzenia wód radowych są bardzo wysokie i wynoszą nawet 200 pA/kg, tj. 1000 razy więcej niż wartości średnie oraz maleją ze wzrostem odległości od źródła. Na przykład moc dawki przy brzegu przekracza 100 pA/kg, zaś 10 m od brzegu nie przekracza już wartości

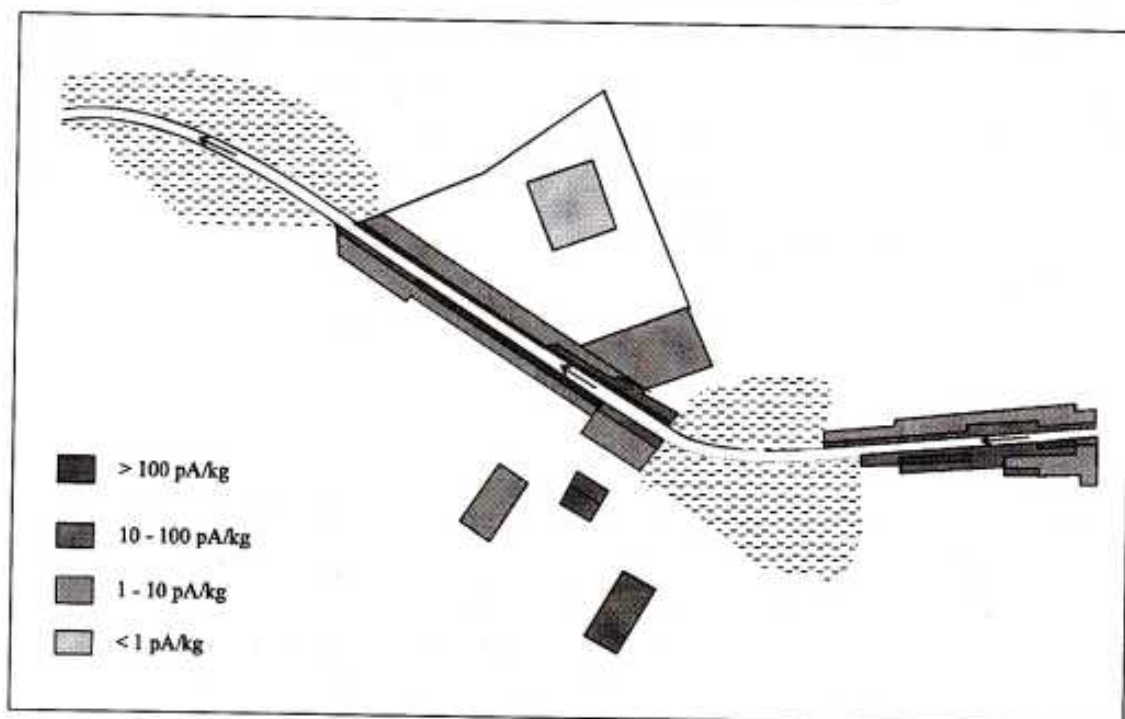
tła. Nieco mniejsze dawki stwierdzono na wysokości 1 m nad zwałowiskiem kopalni Chwałowice. Wynosiła ona około 9 pA/kg, tj. 45 razy więcej niż średnia moc dawki w woj. katowickim (Lebecka i in. 1990).

SKAŻENIE ROŚLINNOŚCI

Następstwem skażeń gleby jest skażenie roślinności (tab. 6). Stężenie Ra-226 w trawie na pastwisku położonym nad potokiem z osadami radioaktywnymi w okolicach Rybnika wynosiło 1 kBq w 1 kg świeżej masy stanowiącej pożywienie dla krów.

Tab. 6. Stężenie radu w roślinności (Lebecka i in. 1990)
Ra-226 concentrations in vegetation (after Lebecka et al. 1990)

Roślinność	Stężenie radu (w suchej masie)
	Bq/kg
Marchew	60
Jabłka	27
Siano	7
Świeża trawa	1000



Ryc. 2. Moc dawek promieniowania gamma w pobliżu cieku
Gamma radiation in the vicinity of river channel

PRZECIWDZIAŁANIA SKAŻENIU PROMIENIOTWÓRCZEMU ŚRODOWISKA

Regularną kontrolę stężeń radu w wodach odprowadzanych przez kopalnie oraz w rzekach, do których zrzucane są te wody, prowadzi się od 1986 r. Zapobieganie skażeniu promieniotwórczemu realizowane jest w następującym zakresie:

- współstrącanie siarczanów radu i baru w starych wyrobiskach,
- oczyszczanie wód kopalnianych z radu przez dodawanie substancji wchodzących w reakcje fizykochemiczne z radem,
- proces utylizacji wód słonych.

Współstrącanie siarczanów radu i baru wykorzystuje się w przypadku wód radowych typu A. Celowo miesza się je z wodami zawierającymi siarczany, uzyskując w ten sposób osady siarczanów radu i baru pozostające w wyrobiskach. Sposób ten stosowany jest od wielu lat w kopalniach Marcel i Jankowice, a od pewnego czasu w kopalni Morcinek. W najbliższym czasie planuje się rozpoczęcie oczyszczania wód radowych typu B (kopalnie Piast, Czeczott, Ziemiowit). Prace nad oczyszczaniem wód radowych rozpoczęła także kopalnia Silesia.

W ostatnich latach rozpoczęto oczyszczanie wód kopalnianych z radu przez dodawanie substancji wchodzących w reakcje chemiczne lub fizykochemiczne z radem. W latach 1991-1992 w kopalniach Krupiński i 1 Maja (wody typu A) wdrożono technologię oczyszczania wód polegającą na dodawaniu do wód gipsów, które ulegają powolnemu rozpuszczaniu i powodują współwytrącanie baru i radu obecnego w wodach. Proces mieszania zachodzi w wyrobiskach, gdzie osady pozostają. W kopalni Krupiński oczyszczanie wód prowadzi się w zrobach, a następnie doczyszczają się jeszcze dodatkowo całość wód w osadniku na powierzchni. W kopalni 1 Maja oczyszczanie prowadzi się w chodnikach wodnych, a docelowo przewiduje się przeprowadzenie tego procesu w zrobach.

W procesach utylizacji wód słonych z kopalni Budryk i Dębieńsko rad jest usuwany z wody. Jak wykazały wyniki badań w zakładzie utylizacji wód słonych Dębieńsko I większość radu przechodzi do gipsu, natomiast odsolona woda i sól są praktycznie wolne od radu.

WNIOSKI

W celu ograniczenia wzrostu oraz redukcji istniejącego skażenia promieniotwórczego na Górnym Śląsku, należałoby podjąć następujące zadania:

- rozwijanie i ulepszanie metod zapobiegania skażeniom (np. poprzez wprowadzenie na szerszą skalę utylizacji wód słonych),

- dokonanie rekultywacji najbliższego otoczenia osadników i cieków odprowadzających wody kopalniane,
- opracowanie kompleksowego systemu kontroli skażeń środowiska,
- prowadzenie badań skoncentrowanych na transporcie i stężeniu radionuklidów w wodzie i osadach w powiązaniu z zawartością radionuklidów w organizmach żyjących.

LITERATURA

- Jasińska M., Mietelski J.W., Pociask-Karteczka J. 1997; Contamination of the Upper Vistula River sediments by radionuclides released by coal mine activity (East-central Europe), *Water, Air and Soil Pollution* (w druku).
- Lebecka J., Chalupnik S., Michalik B., Wysocka M., Skubacz K., Mielnik A. 1994; Radioactivity of Mine Waters in Upper Silesian Coal Basin and its Influence on Natural Environment, 5th International Mine Water Congress, Nottingham (U.K.), September 1994: 657-662.
- Lebecka J., Chalupnik S., Skubacz K., Skowronek J. 1991; Skażenia promieniotwórcze na Górnym Śląsku powodowane przez wody kopalniane i wytrącające się z nich osady, *Wiad. Górn.*, 6: 149-153.
- Lebecka J., Tomza I., Pluta I. 1986; Naturalne radionuklidy w wodach zrzutowych kopalń węgla kamiennego, *Post. Fiz. Med.*, 21, 3: 255-261.
- Lebecka J., Wysocka M., Skubacz K. 1990; Zaburzenia naturalnego tła promieniowania gamma w wyniku odprowadzania promieniotwórczych wód kopalnianych, *Acta Montana UG CSAV*, 83: 21-30.
- Wiktorowski W. 1989; A rad wciąż płynie, *Przegląd Techniczny*, 24: 7-8.
- Wysocka M., Skowronek J. 1991; Promieniotwórczość naturalna węgla w obszarze Rybnicko-Jastrzębskim, *Publ. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc.*, M-15 (235): 341-346.

SUMMARY

The Silesia industrial region has been recognized as a natural radioanomaly since the seventies of this century. There are 66 underground coal mines extracting approximately 150×10^6 tons of coal per year. The depth of mine works varies from 350 to 1050 m. One of major sources of radiation in this area results from hard coal mining activity which was introduced more than a hundred years ago here. Coal, deep circulation groundwaters and deposits contain significant quantities of Ra-226, a member of the uranium chain. There are other areas in the world known as radioanomalies. Also in a coal mine area in Germany occur radium-bearing waters with Ra-226 concentration up to 63 kBq/m^3 . Natural waters with similarly high radium concentration are observed, especially in oil fields. Hot springs in Iran contain up to 330 kBq/m^3 of Ra-226.

Concentration of Ra-226 in the Upper Silesian brines is usually between 1 and 100 kBq/m³, with the maximum value 390 kBq/m³ (Tab. 2). Since the amount of saline water drained by underground mine workings is as high as 91,000 m³ per day, also the total activity of Ra-226 reaches 650 MBq per day. The Upper Silesian radium-bearing waters are highly mineralized (dissolved matter up to 230 kg/m³), type Cl-Na or Cl-Na-Ca. Two types radium bearing waters have been distinguished: type A, containing not only radium ions but also barium ions as well, and waters type B with no barium but containing sulfate ions. Much higher radium concentrations are observed in radium-bearing waters type A, where Ra-226 concentration often exceeds 10 kBq/m³ and sometimes is higher than 100 kBq/m³.

The Silesian mines Ra-226 input to the environment reached about 306 MBq/d. in 1993, i.e. two times less than in the beginning of the eighties. In many cases, thanks to dilution and spontaneous precipitation of radium and barium sulfates, mine waters pumped out to the surface are free of radium. In two mines a technology of underground purification of radium and barium has been implemented. Presence of barium ions is essential for the behaviour of radium in the environment, because it enables coprecipitation of radium and barium sulfates. Therefore radium present in water type A is always precipitated out. As a result radioactive deposits BaSO₄ and RaSO₄ are formed (Tab. 3). This process occurs either by spontaneous or controlled mixing of natural waters. Precipitations takes place in underground mine workings or in streams, little rivers or pipelines. The concentrations of Ra-226 in deposits (radium and barium sulfates) formed in type A waters is very high and varies from 110 to even 133,200 Bq/kg (Lebecka et al. 1986). Radioactive deposits precipitate mainly in pipes and mine channels and therefore most of them leave in underground environment. However mine waters pumped to the surface are radioactively contaminated (Tab. 4). Nevertheless, waste waters released by a few mines contain more radium than accepted by Polish regulations. The radioactivity is directly discharged to the river water through waters pumped from mines. Radium carried by these waters is diluted in river waters including the Vistula River. The Ra-226 concentrations in one of a small stream were 1.41 kBq/m³ and 0.20 kBq/m³ in the Vistula River, i.e. two times more than Polish standards (0.11 kBq/m³). Comparing to the normal Ra-226 concentration in river water in Holland and Germany, which is below 0.008 kBq/m³, most of Upper Silesian rivers where waters from coal mines are released have definitely higher radium concentration.

Present and former discharge of radium with mine waters caused enhanced natural radioactivity in the vicinity of small streams, reservoirs and rivers in the Upper Silesia because of radium contaminated water and radioactive deposits accumulated there (Fig. 1). Gamma radiation exposure reaches even more than 200 pA/kg by a channel side, i.e. 1,000 times more than normal radiation in Silesia (0.2 pA/kg). There are also 20 ha of fields with very high radioactivity, reaching even 100 pA/kg. This fields are located not far from channels and rivers with waste waters from mines. The fields had been covered with deposits precipitated in channels and rivers and then removed from there since many years ago. Bottoms of channels and rivers were cleaned and the deposits were spread in the adjoining fields. Nobody realised the radioactivity threat in this area more than 25 years ago. Some of these fields compose a rural area (Lebecka et al. 1990).

Groundwater and soils are also contaminated by Ra-226 in some parts of the investigated area. Ra-226 concentration in soil reaches about 53 kBq/kg locally. Vegetation is radiologically contaminated also in these areas (Tab. 6). This vegetation is used by population and animals living there.

The water input from coal mines affects the concentration of radionuclides in bottom sediments in the Vistula River (Fig. 1). The highest Ra-226 concentrations (205–415 Bq/kg) were

detected in sediments of the Vistula in the vicinity of Silesia region (Tab. 5). The higher values of Ra-228 and K-40 were also stated there. However the K-40 concentration is related to clay contribution in sediments than to location (Jasinska et al. in print). Generally, the radiation doses obtained by inhabitants are not high (Lebecka et al. 1990). Evaluation shows that annual doses caused by radioactive waste waters and waste rocks released by coal mines do not exceed 1 mSv per year (Wiktorowski 1987). However, the radiation dose caused by coal layers obtained by 20% of miners is higher and amounts 2 to 5 mSv, and obtained by 5% of miners – much higher and amounts from 5 to 15 mSv.

There are many anthropogenic sources that contribute to human radiation doses. The input from coal mines strongly affects the natural environment, not only the Upper Silesia region. There has not been paid enough attention to the contamination of another, adjoining areas environment by natural radionuclides released by mine activity for many years. The water ecosystems of rivers and channels are mainly affected. Further investigation should be focused on aspects of radionuclides migration in natural environmental conditions via aquatic transport.