

IZOTOPY PROMIENIOTWÓRCZE W OSADACH DENNYCH
ANTROPOGENICZNEGO ZBIORNIKA WODNEGO
W PŁAWNIOVICACH

MAREK TUSZYŃSKI¹, MACIEJ KOSTECKI²

¹ Uniwersytet Śląski, Instytut Fizyki, Zakład Fizyki Medycznej, ul. Uniwersytecka 4, 40-070 Katowice

² Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk, ul. M. Skłodowskiej-Curie 34, 41-819 Zabrze

KOMUNIKAT

Keywords: bottom sediments, dam-reservoirs, radioisotopes.

RADIONUCLIDES IN BOTTOM SEDIMENTS OF ANTROPOGENIC
WATER RESERVOIR PŁAWNIOVICE (SILESIA VOIEVODSHIP)

The distribution of radioactive substances in cores collected in 12 sample points of bottom sediments of Pławniowice antropogenic water reservoir has been studied. This ecosystem is an artificial reservoir on the Potok Toszecki river, which goes through the agricultural region in the west part of the Upper Silesian region. The aim of the work was to investigate samples from bottom sediments to determine sort and amount of radionuclides and other chemical elements and biological substances. These samples were taken from eleven points along the short and long axis of reservoir and were divided from 10-cm layers of bottom sediments. The measurement of radioactivity substances using high sensitive gamma spectrometry technique with semiconductor detector HPGe type was done. There was shown occurrence of radionuclides from uranium-radium (²³⁸U) progeny, thorium ²³²Th progeny, the natural radionuclide of potassium ⁴⁰K and the artificial radioisotope of cesium ¹³⁷Cs. The mean activity concentration of radioelements is ⁴⁰K – 347,0 Bq/kg, ¹³⁷Cs – 204,7 Bq/kg, ²³⁸U – 44,5 Bq/kg, ²³²Th – 24,0 Bq/kg. Besides the concentrations change of radioisotope along the reservoir in the sediments was analyzed. A higher concentration of radioisotopes at the end of the lake was observed generally. For the cesium ¹³⁷Cs the highest concentration in the 10-cm layer was in the middle points of the lake (for maximal deep) determined. This could be related with the Chernobyl accident. The concentrations of radioisotope are naturally in the environmental and are not dangerous.

Streszczenie

Przedstawiono koncentracje izotopów promieniotwórczych w osadach dennych antropogenicznego zbiornika wodnego w Pławniowicach (gmina Rudziniec, województwo śląskie). Próby osadów pobrano z dwunastu stanowisk wzdłuż długiej (7) i krótkiej (5) osi zbiornika. Pomiar przeprowadzono techniką wysokoczułej spektrometrii promieniowania gamma z detektorem półprzewodnikowym typu HPGe. Stwierdzono występowanie: izotopów promieniotwórczych z szeregu uranowo-radowego, szeregu torowego, naturalnego izotopu potasu ⁴⁰K oraz sztucznego izotopu cezu ¹³⁷Cs. Średnia koncentracja zidentyfikowanych izotopów wynosiła: ⁴⁰K – 347 Bq/kg, ¹³⁷Cs – 205 Bq/kg, rodziny ²³⁸U – 45 Bq/kg, rodziny ²³²Th – 24 Bq/kg. Stwierdzo-

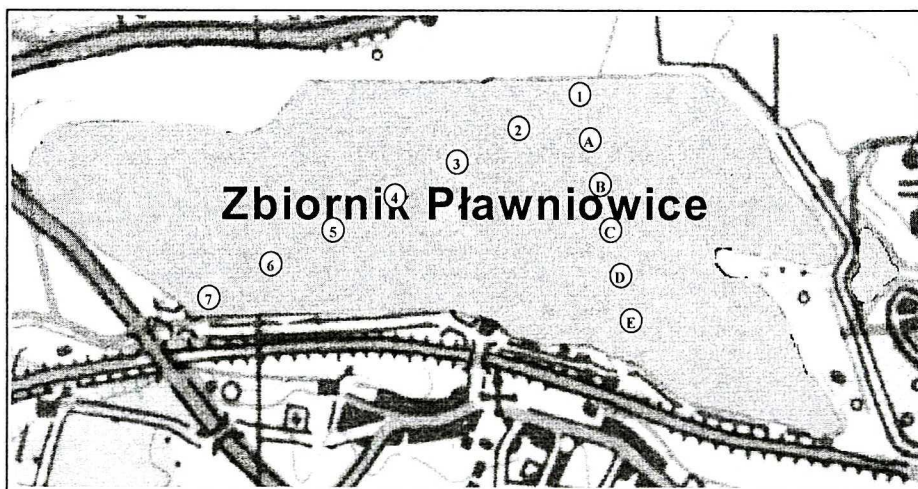
no, że koncentracje wykrytych izotopów są na poziomie normalnie spotykanym w środowisku naturalnym i w żadnym punkcie nie odbiegały od wartości przeciętnie spotykanych. Koncentracje te nie stanowią żadnego zagrożenia radioaktywnego.

WSTĘP

Utworzony w wyeksploatowanym wyrobisku popiaskowym zbiornik Pławniowice (pow. 225 ha, maks. głębokość 17 m) jest intensywnie eksploatowanym ośrodkiem rekreacyjnym. Zasilany jest wodą Potoku Toszeckiego – zlewnia typowo rolnicza [1, 4] – wnoszącego do zbiornika znaczne ładunki substancji biogenych powodujące stan hipertrofii [4, 5]. Jesienią 1998 roku pobrano próbki w celu oznaczenia w osadach dennych tego antropogenicznego ekosystemu wodnego koncentracji izotopów promieniotwórczych.

METODYKA BADAŃ

Próby osadów pobrano z dwunastu stanowisk rozmieszczonych wzdłuż osi długiej (pkt. 1–7) i krótkiej (pkt. 8–12) zbiornika (Rys. 1).



Rys. 1. Zbiornik Pławniowice, rozmieszczenie punktów poboru prób
Pławniowice dam-reservoir, location of sample points

Oznaczenia promieniotwórczości naturalnej osadów przeprowadzono za pomocą spektrometru gamma z detektorem półprzewodnikowym HPGe, cechującego się wysoką energetyczną zdolnością rozdzielczą (2 keV) i dużą wydajnością (rzędu 30%) firmy CANBERA. Zastosowanie tej aparatury umożliwiło uzyskanie pełnej identyfikacji izotopów gamma promieniotwórczych, drogą identyfikacji kwantów promieniowania gamma w zakresie energii od 100 keV do 3 MeV. Dane o koncentracji wykrytych izotopów promieniotwórczych uzyskano stosując metodę porównawczą ze standardem promieniotwórczym gleby Agencji Atomowej w Wiedniu (typ 375 SOIL (IAEA). Analizę numeryczną przeprowadzono oprogramowaniem IAEA, programem GANNAS.

Próbki do badań na spektrometrze promieniowania gamma przygotowano metodą standardową. Suszono je w temperaturze 90°C, mielono, przesiewano a następnie zamykano w pojemnikach pomiarowych na okres 30 dni w celu otrzymania tzw. równowagi promieniotwórczej w rodzinach uranowej i torowej. W zależności od ilości materiału badawczego pomiary wykonywano w czasie 24 lub 48 godzin. Analogiczne pomiary wykonano dla standardów i tła spektrometru gamma.

WYNIKI BADAŃ

W wyniku przeprowadzonych pomiarów i analizy numerycznej w badanych próbkach osadów dennych zidentyfikowano izotopy promieniotwórcze należące do szeregu uranowego (^{238}U (^{214}Bi , ^{234}Pb , ^{226}Ra), szeregu torowego ^{232}Th (^{228}Ac , ^{212}Pb , ^{208}Tl), izotop promieniotwórczy potasu ^{40}K i sztuczny izotop promieniotwórczy cezu ^{137}Cs . Otrzymane aktywności poszczególnych izotopów promieniotwórczych i szeregów promieniotwórczych zestawiono w tabeli 1 oraz przedstawiono na histogramach (Rys. 2).

Potas ^{40}K

Izotop potasu ^{40}K naturalnie występuje w przyrodzie. Jego zawartość w potasie naturalnym wynosi 0,0117%. Cechuje się bardzo długim czasem połowicznego zaniku, wynoszącym $T_{1/2} = 1,277 \cdot 10^9$ lat. Potas ^{40}K oznaczono na podstawie linii promieniowania gamma o energii $E_\gamma = 1,461$ MeV. Oznaczone koncentracje mieszczą się w przedziale od 200 do 435 Bq/kg, ze średnią wartością dla wszystkich badanych próbek $A_{\text{sr}} = 333,05$ Bq/kg. Otrzymane koncentracje są typowe dla gleb i piaskowców [1] i nie stanowią zagrożenia radiologicznego.

Szereg uranowy ^{238}U

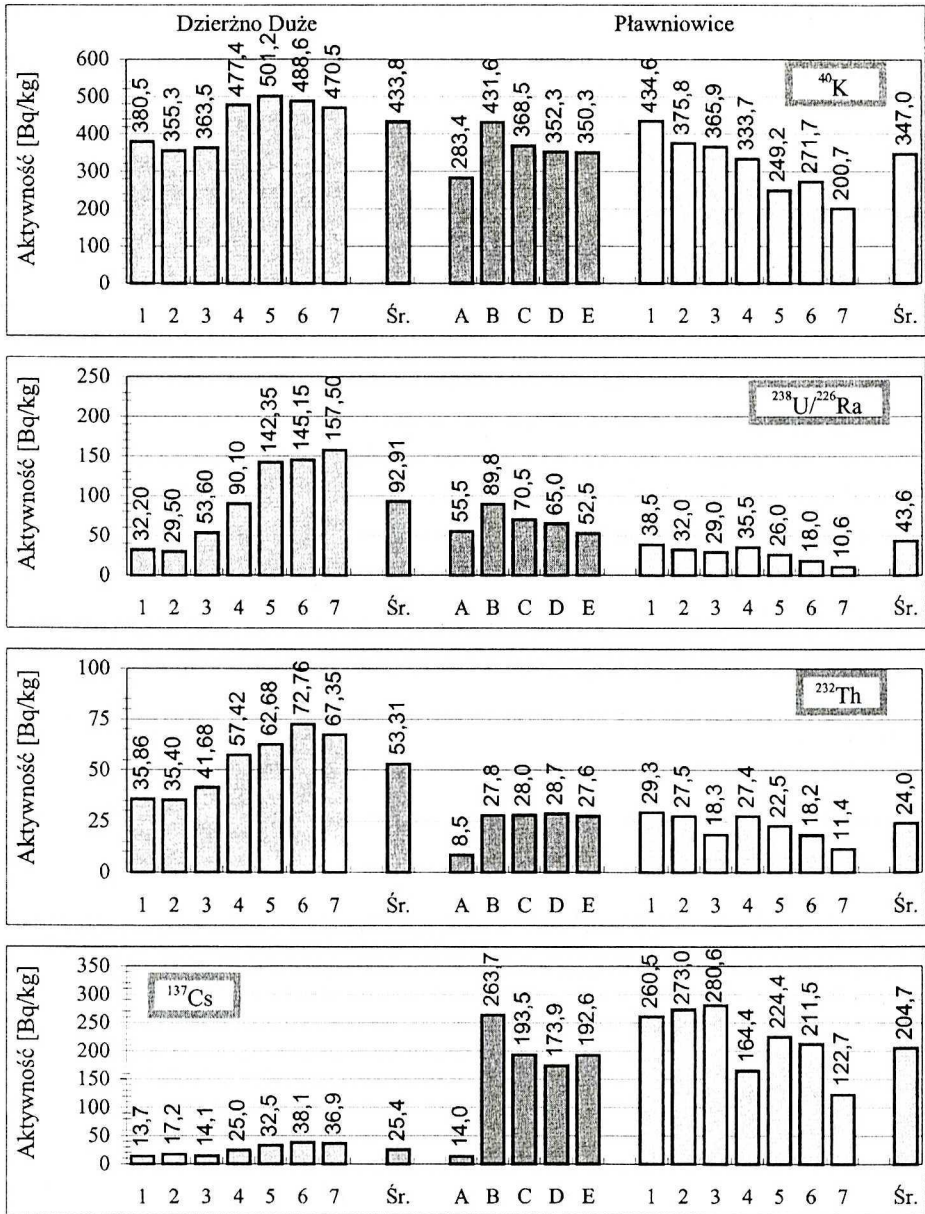
Koncentrację uranu ^{238}U (^{226}Ra) i jego szeregu oznaczono po osiągnięciu stanu równowagi promieniotwórczej na podstawie linii promieniowania gamma o energii $E_\gamma = 0,609$ MeV izotopu bizmutu ^{214}Bi . Dla wszystkich przebadanych próbek otrzymano średnią koncentrację ^{238}U (^{226}Ra) w ilości $A_{\text{sr}} = 46,22$ Bq/kg i zmieniała się w granicach od 59,20 do 24,95 Bq/kg.

Szereg torowy ^{232}Th

Koncentrację toru ^{232}Th i jego szeregu, po osiągnięciu stanu równowagi promieniotwórczej oznaczono na podstawie linii promieniowania gamma o energii $E_\gamma = 2,614$ MeV izotopu talu ^{208}Tl . Dla wszystkich przebadanych próbek otrzymano średnią koncentrację ^{232}Th w wysokości $A_{\text{sr}} = 17,86$ Bq/kg i mieściła się w granicach od 10,48 do 24,28 Bq/kg.

Cez ^{137}Cs

Wykryty izotop cezu ^{137}Cs naturalnie nie występuje w środowisku przyrodniczym. Jest on pochodzenia sztucznego i powstaje z rozszczepienia uranu w wybuchach atomowych i w elektrowniach jądrowych. Duże ilości tego izotopu zostały wprowadzone do ekosystemu w czasie nasilenia próbnych wybuchów jądrowych (szczególnie lata 1961/62) oraz w czasie awarii elektrowni jądrowej w Czarnobylu w 1986 [2]. Ze względu na łatwość wykrywania go metodami jądrowymi nawet w niewielkich kon-



Rys. 2. Stężenia radionuklidów w osadach dennych zbiorników Pławniowiec i Dzierżno Duże
 The radionuclides concentrations in the bottom sediments of Pławniowiec and Dzierżno Duże
 reservoirs (1-7, A-E : sample points, Śr-average)

centracjach i długi jego czas połowicznego zaniku ($T_{1/2} = 30$ lat), cez jest obserwowany obecnie prawie we wszystkich próbkach naturalnych. W pracy został on oznaczony na podstawie linii promieniowania gamma o energii $E_\gamma = 0,661$ MeV. Dla wszystkich przebadanych próbek otrzymano średnią koncentrację ^{137}Cs w wysokości $A_{\text{sr}} = 196,24$ Bq/kg i mieściła się w granicach od 122,67 do 280,63 Bq/kg.

Tablica 1. Stężenia izotopów promieniotwórczych w osadach dennych zbiornika Pławniowice
The concentration of radioisotopes in bottom sediments of Pławniowice dam-reservoir

Nr	Masa Massa [g]	Naturalny Natural Gęstość Density [g/cm ³]	Rodzina torowców ²³² Th Thorium progeny					Rodzina uranowców ²³⁸ U Uranium progeny					Sztuczny Artificial ¹³⁶ Cs 661 keV	
			⁴⁰ K	²⁰⁸ Tl 2614 keV, 583 keV	²²⁸ Ac 911 keV	²¹² Pb 238 keV	Średnia Average	²¹⁴ Bi 609 keV	²¹⁴ Pb 352 keV, 295 keV	²²⁶ Ra 186 keV	Średnia Average			
1	63,7	0,980	283,407	10,050	12,821	0,000	11,233	8,526	17,957	11,393	17,689	0,000	15,680	14,020
2	44,2	0,680	431,639	19,963	28,887	32,169	30,354	27,843	52,684	33,062	52,101	11,779	45,949	263,674
3	43,0	0,662	368,508	22,633	31,394	27,284	30,886	28,049	55,465	42,528	58,697	14,142	52,230	193,468
4	43,5	0,669	352,286	22,472	29,492	29,777	32,969	28,678	56,867	50,091	66,820	13,309	57,926	173,924
5	12,8	0,557	350,307	18,755	32,735	28,345	30,552	27,597	49,360	36,332	0,000	4,586	28,564	192,551
6	41,0	0,631	434,596	24,475	29,879	30,379	32,581	29,329	49,443	31,734	52,316	0,000	44,498	260,487
7	37,7	0,580	375,828	17,783	29,584	29,261	33,296	27,481	47,605	48,579	57,831	21,259	51,338	272,970
8	40,0	0,615	365,949	17,626	0,000	28,483	27,190	18,325	47,016	32,054	52,044	15,663	43,705	280,631
9	42,3	0,651	333,725	22,905	30,401	24,155	32,274	27,434	54,484	39,869	80,267	14,304	58,207	164,387
10	33,2	0,511	249,207	17,562	24,642	24,358	23,562	22,531	59,058	35,900	57,922	15,078	50,960	224,421
11	38,1	0,587	271,699	12,929	17,937	19,263	22,836	18,241	44,729	27,810	49,468	10,914	40,669	211,485
12	55,0	0,846	200,734	10,774	10,749	11,344	12,869	11,434	24,998	18,581	24,237	0,000	22,605	122,673
Średnia Average	40,0	0,647	347,0	18,8	24,3	24,9	28,0	24,0	48,6	35,4	49,6	11,0	44,5	204,7
Odch.st. Std. dv.	12,1	0,130	71,1	4,8	10,4	9,4	7,7	7,2	12,6	11,2	22,4	7,2	13,7	75,6
Max.	63,7	0,98	434,596	24,475	32,735	32,169	33,296	29,3285	59,058	50,091	80,267	21,259	58,207	280,631
Min.	12,8	0,510	200,734	10,05	0,000	0,000	11,233	8,526	17,957	11,393	0,000	0,000	15,680	14,02

PODSUMOWANIE

Zastosowanie detektora promieniowania gamma najnowszej generacji pozwoliło na zidentyfikowanie, dla niewielkich ilości próbek osadu dennego, izotopów szeregu uranowego ^{235}U i torowego ^{232}Th , naturalnego izotopu promieniotwórczego potasu ^{40}K oraz sztucznego izotopu promieniotwórczego cezu ^{137}Cs . Stwierdzono, że koncentracja ^{40}K w badanych próbkach jest porównywalna z typowymi glebami światowymi [2]. Stwierdzono niższy poziom izotopów naturalnych ^{238}U i ^{232}Th niż w osadach dennych zbiornika Dzierżno Duże [4, 7]. Ich stężenia są typowe dla gleb [1, 2]. Zmieniające się z głębokością stężenia sztucznego izotopu cezu ^{137}Cs były skutkiem katastrofy w Czarnobylu i próbnych testów jądrowych w atmosferze w latach 60. [5]. Stwierdzono, że oznaczone koncentracje izotopów promieniotwórczych są mniejsze od dopuszczanych przez Polskie Prawo Atomowe i nie stanowią zagrożenia radiologicznego [8].

Badania, w wyniku których powstała niniejsza praca zostały sfinansowane przez Śląski Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach.

LITERATURA

- [1] Hughes J.S., K.B. Shaw, M.C. O'Riordan: *Radiation Exposure of the UK Population – 1998 Review*, NRPB 1989 (NRPB-R227), National Radiological Protection Board, Chilton.
- [2] He Qingping, D.E. Walling, P.N. Owens: *Interpreting the Cs-137 Profiles Observed in Several Small Lakes and Reservoirs in Southern England*, *Chemical Geology*, **129**, 115–131 (1996).
- [3] Kostecki M.: *Chemizm wód oraz podstawowe wskaźniki określające intensywność krążenia materii w zbiorniku zaporowym, w Pławniowicach*, *Archiwum Ochrony Środowiska*, **3-4**, 163–182 (1977).
- [4] Kostecki M.: *Dynamika przemian oraz wstępny bilans podstawowych form azotu i fosforu w zbiorniku zaporowym w Pławniowicach*, *Archiwum Ochrony Środowiska*, **1**, 57–85 (1978).
- [5] Owens P.N., D.E. Walling, He Qingping: *The Behavior of Bomb-Derived Caesium-137 Fallout in Catchment Soils*, *J. Environ. Radioactivity*, **323(3)**, 169–191 (1996).
- [6] *Słownik geograficzno-krajoznawczy Polski*, M.I. Mileska red., PWN, Warszawa 1983.
- [7] Tuszyński M., M. Kostecki, A. Kelany: *Radioizotopy w osadach dennych antropogenicznego zbiornika wodnego „Dzierżno Duże” (woj. Śląskie)*, *Archiwum Ochrony Środowiska* **3**, 77–89 (2002).
- [8] Zarządzenie Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki z dnia 28.08.1997 w sprawie określenia przypadków, w których działalność ze źródeł promieniowania jonizującego nie wymaga zezwolenia, *Monitor Polski* nr 59.