

Jan Antoni RUBIN
Politechnika Śląska, Gliwice

PROMIENIOTWÓRCZOŚĆ NATURALNA WYBRANYCH ODPADÓW GÓRNICZYCH

Streszczenie. W referacie przedstawiono wyniki badań promieniotwórczości naturalnej wybranych surowców odpadowych. Prace badawcze dotyczyły odpadów z przemysłu górniczego. Były one prowadzone pod kątem możliwości wykorzystania ich w budownictwie.

THE NATURAL RADIOACTIVITY OF CHOSEN MINING- WASTE MATERIAL

Summary. In the report one introduced findings of the natural radioactivity of chosen waste- raw materials. Research works referred waste material from the mining industry. They there were driven at an angle of the possibility of using their in the building.

1. Wprowadzenie

Swoistym produktem towarzyszącym wszelkiej działalności człowieka są odpady, w tym również odpady przemysłowe. Do jednych z najbardziej uciążliwych dla środowiska zalicza się procesy górnicze ze względu na powstawanie, obok podstawowego produktu, znacznych ilości odpadów, których nieprawidłowe zagospodarowanie wiąże się w istotny sposób z degradacją środowiska naturalnego. Nagromadzone na składowiskach odpady z górnictwa węgla kamiennego stanowią spore obciążenie dla lokalnego środowiska naturalnego człowieka. Skala, a także zasięg tego zjawiska, zależy od bardzo wielu czynników, w tym przede wszystkim od ilości i rodzaju omawianych odpadów, jak również od ich składu chemicznego i granulometrycznego oraz zawartości metali ciężkich i stężenia naturalnych radionuklidów.

Niektóre z tych odpadów są klasyfikowane przez EPA (Environmental Protection Agency) jako odpady szczególnie niebezpieczne, które muszą być zagospodarowane w szczególnie sposób. Oprócz aspektu ekologicznego występuje także aspekt ekonomiczny związany ze składowaniem odpadów i wynikające z tego faktu opłaty.

W istniejących warunkach Górnego Śląska, biorąc pod uwagę szczególnie silne zanieczyszczenie środowiska, wykorzystanie miejscowych materiałów odpadowych wymaga prowadzenia skrupulatnych badań i ustalenia ścisłych kryteriów oceny pod względem przydatności ich w szeroko pojętym budownictwie [6, 8].

W Katedrze Procesów Budowlanych Politechniki Śląskiej od wielu lat prowadzi się systematyczne badania nad utylizacją odpadów przemysłowych. Prowadzono także sporo prac badawczych nad wykorzystaniem w budownictwie odpadów z górnictwa węgla kamiennego. Między innymi prowadzono badania nad:

- możliwością wykorzystania łupków hałdowych samoczynnie przepalonych w procesie kształtowania betonów bitumicznych [3];
- możliwością wytwarzania kruszywa karboporytowego ze spiekanych odpadów popłuczkowych [4];
- możliwością kształtowania betonów lekkich kruszynowych na spoiwach cementowych, doziarnianych łupkami hałdowymi samoczynnie przepalonymi [9];
- możliwością wykorzystania skały płonnej w procesie kształtowania ceramiki budowlanej (prace własne);
- możliwością wykorzystania łupków hałdowych samoczynnie przepalonych w procesie kształtowania ceramiki budowlanej [10].

Generalnie – ze względu na zastosowanie – można wyszczególnić pięć podstawowych grup materiałów budowlanych, wytwarzanych z surowców odpadowych:

- betony komórkowe (z popiołów lotnych i z mielonych piasków odpadowych);
- ceramika budowlana (ze skały płonnej – ilastej oraz z popiołów lotnych);
- kruszywa budowlane (np. żużle hutnicze, łupki hałdowe samoczynnie przepalone, granulowane – spiekane popioły lotne);
- materiały termoizolacyjne (z odpadów bazaltowych, z żużli hutniczych, ze stłuczki szklanej);
- spoiwa mineralne (np. hutnicze mielone żużle granulowane, pył krzemionkowy, popioły lotne, syntetyczne gipsy z odsiarczania spalin).

Kroki postępowania przy ocenie możliwości zastosowania ww. odpadów w budownictwie, to:

- a) określenie poziomu stężeń naturalnych pierwiastków promieniotwórczych;
- b) określenie zawartości metali ciężkich oraz związków szkodliwych;
- c) określenie pozostałych istotnych cech technicznych.

2. Promieniotwórczość naturalna

Spośród naturalnych pierwiastków promieniotwórczych występujących w przyrodzie, istotne znaczenie ze względu na poziom tła naturalnego w środowisku mieszkalnym mają [2]:

- potas K-40 (okres półrozpadu $T_{1/2} \approx 1,32 \times 10^9$ lat);
- uran U-238 (okres półrozpadu $T_{1/2} \approx 4,50 \times 10^9$ lat) wraz z izotopami promieniotwórczymi szeregu uranowego (np. Ra-226, $T_{1/2} \approx 1620$ lat);
- tor Th-232 (okres półrozpadu $T_{1/2} \approx 14$ lat) wraz z izotopami promieniotwórczymi szeregu torowego.

Ponadto wybuchy jądrowe, a także awarie energetyki jądrowej wprowadzają do środowiska cez Cs-134 (okres półrozpadu $T_{1/2} \approx 2,20$ lat) i Cs-137 (okres półrozpadu $T_{1/2} \approx 27$ lat).

Rozpad promieniotwórczy wspomnianych wyżej izotopów jest źródłem cząstek alfa i beta oraz promieniowania gamma. Od stężenia radionuklidów w zewnętrznej warstwie skorupy ziemskiej i w materiałach budowlanych zależy moc dawki naturalnego promieniowania gamma zarówno na otwartym terenie, jak i wewnątrz budynku. W pewnych sytuacjach także stężenie cezu Cs-137 w zastosowanych materiałach budowlanych może stanowić istotny składnik zanieczyszczenia promieniotwórczego środowiska mieszkalnego człowieka. W tabelicy 1 zaprezentowano przykładowe zakresy stężeń naturalnych pierwiastków promieniotwórczych w różnych materiałach stosowanych w Polsce [11].

Tabela 1

Zakresy stężeń naturalnych radionuklidów w przykładowych materiałach budowlanych [11]

Materiały i surowce budowlane:	Stężenie [Bq/kg]:		
	K-40	Ra-226	Th-232
Beton zwykły	115–1099	111–177	7–133
Cegła ceramiczna	629–1243	41–82	37–96
Cegła silikatowa	181,3	37	1,1
Cement hutniczy	666	104	37
Cement portlandzki	92–542	26–70	11–37
Drewno budowlane	znikome	znikome	znikome
Gips naturalny	89–148	18–22	7–18
Granit	1036–1480	89–111	85–166
Piasek naturalny	262–333	22–82	18–104
Popiół lotny	385–1732	70–610	52–311
Wełna szklana	znikome	znikome	znikome
Żużel paleniskowy	226–2221	18–481	22–429
Materiał klarkowy ¹⁾	370	25	25

1) Dla porównania w ostatnim wierszu tabelicy 1 zamieszczono wartości średnich stężeń radionuklidów w skorupie ziemskiej, inaczej mówiąc w materiale budynku „klarkowego”.

3. Wskaźniki aktywności

Określenie zanieczyszczeń promieniotwórczych w surowcach i materiałach budowlanych polega na wyznaczeniu sumarycznej aktywności występujących w nich radionuklidów (tzn. potasu K-40, radu Ra-226 i toru Th-232) oraz pośrednio wielkości emisji gazowego radonu i porównaniu wyników z wymaganiami zawartymi w Rozporządzeniu Rady Ministrów RP – Dz.U. № 220, poz. 1850 [5]. Wyznaczenie stężenia naturalnych pierwiastków promieniotwórczych w badanych surowcach i materiałach pozwala na wyliczenie tzw. wskaźników aktywności.

We wspomnianym już, zharmonizowanym z przepisami Unii Europejskiej Rozporządzeniu Rady Ministrów RP [5], wskaźniki aktywności zdefiniowane są dwiema zależnościami:

$$f_1 = 0,000\ 33 \times S_K + 0,003\ 3 \times S_{Ra} + 0,005 \times S_{Th} \quad (1)$$

$$f_2 = S_{Ra} \quad (2)$$

gdzie: S_K , S_{Ra} , S_{Th} – stężenie potasu, radu i toru w badanych substancjach, [Bq/kg].

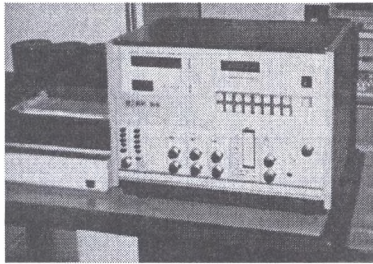
Wartości wskaźników aktywności (1) i (2) nie mogą przekraczać o więcej niż 20 % wartości, jak niżej:

- I. $f_1 = 1,0$ oraz $f_2 = 200$ Bq/kg – dla surowców i materiałów budowlanych stosowanych w budownictwie przeznaczonym na stały pobyt ludzi, a także inwentarza żywego;
- II. $f_1 = 2,0$ oraz $f_2 = 400$ Bq/kg – dla odpadów przemysłowych stosowanych w naziemnych obiektach budowlanych na terenach zurbanizowanych, jak również do niwelacji takich terenów;
- III. $f_1 = 3,5$ oraz $f_2 = 1000$ Bq/kg – dla odpadów przemysłowych stosowanych w pozostałych naziemnych obiektach budowlanych;
- IV. $f_1 = 7,0$ oraz $f_2 = 2000$ Bq/kg – dla odpadów przemysłowych stosowanych w budowlach podziemnych, za wyjątkiem odpadów przemysłowych wykorzystywanych do wypełniania podziemnych wyrobisk kopalnianych.

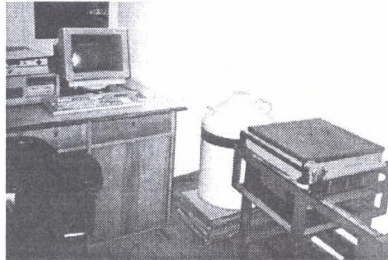
Przy robotach rekultywacyjnych (przekroczenie wartości dopuszczalnych w punktach II i III jw.) zaleca się profilaktycznie położenie na górnej powierzchni terenu dodatkowej warstwy innego materiału w celu obniżenia mocy dawki promieniowania przenikliwego, emitowanego przez zastosowane odpady przemysłowe.

4. Wyniki badań

W związku z przyjmowaniem wartości stężeń pierwiastków promieniotwórczych jako jednego z istotniejszych kryteriów oceny przydatności odpadów górniczych do stosowania w budownictwie, każdorazowo przeprowadzano badania tychże stężeń. Badania takie można prowadzić przy użyciu aparatury pomiarowej, jak na fot. 1 i 2.



Fot. 1. Trójkanałowy analizator zanieczyszczeń promieniotwórczych typu AZAR (ITB, Warszawa)
Phot. 1. Three the canal-analyzer of radioactive impurities of the type AZAR (ITB, Warsaw)



Fot. 2. Wielokanałowy, półprzewodnikowy analizator zanieczyszczeń promieniotwórczych (AGH, Kraków)
Phot. 2. The multichannel, solid-state analyzer of radioactive impurities (AGH, Cracow)

W tabelicy 2 przedstawiono maksymalne wartości ww. stężeń, a także wielkości liczbowe wskaźników aktywności $f_{1\max}$ i $f_{2\max}$ – wartość zasadnicza powiększona in plus o wartość błędu pomiarowego – dla wybranych łupków hałdowych z terenu Górnego Śląska [7]. Badania wykonano zgodnie z zaleceniami przedmiotowej Instrukcji ITB [1], dla odpadowych materiałów hałdowych dostarczonych w latach 1990–2000 do Laboratorium Budownictwa Politechniki Śląskiej przez Zleceniodawców prac badawczych prowadzonych w tymże Laboratorium.

Tablica 2
Promieniotwórczość naturalna wybranych łupków hałdowych samoczynnie przepalonych [7]

ŁUPEK HAŁDOWY	Max stężenia radionuklidów [Bq/kg]:			Wskaźniki aktywności:	
	K-40	Ra-226	Th-232	f_{1max} [-]	f_{2max} [Bq/kg]
<u>KWK Anna</u>	838,04	145,93	71,84	1,125	145,93
KWK Borynia	723,79	57,70	62,74	0,747	57,70
KWK Centrum	378,00	112,03	4,56	0,522	112,03
KWK Halemba	739,65	81,13	53,97	0,787	81,13
KWK Jowisz	823,17	103,80	69,48	0,968	103,80
<u>Stara hałda Knurów</u>	500,73	213,38	74,56	1,251	213,38
<u>KWK Knurów (1)</u>	740,99	144,86	75,18	1,106	144,86
<u>KWK Knurów (2)</u>	822,03	136,91	78,71	1,124	136,91
KWK 1 Maja (1)	378,70	127,31	46,45	0,783	127,31
KWK 1 Maja (2)	281,54	148,46	41,30	0,795	148,46
KWK 1 Maja (3)	623,85	68,28	57,02	0,721	68,28
<u>KWK Marcel (1)</u>	315,84	302,72	64,37	1,436	302,72
KWK Marcel (2)	309,47	153,43	48,55	0,857	153,43
KWK Marcel (3)	573,75	111,05	54,54	0,834	111,05
KWK Moszczenica	832,03	53,86	64,48	0,779	53,86
KWK Murcki	730,46	87,20	60,59	0,837	87,20
<u>Stara hałda Rybnik</u>	903,51	370,86	95,36	2,014	370,86
<u>KWK Rydułtowy</u>	907,21	125,40	73,36	1,087	125,40
KWK Rymer (1)	320,68	143,11	45,17	0,810	143,11
KWK Rymer (2)	323,22	167,67	54,40	0,939	167,67
<u>KWK Zabrze</u>	814,54	121,88	107,39	1,215	121,88

5. Podsumowanie

Dla przebadanych surowców odpadowych z wybranych 21 hałd przykopalnianych z obszaru Górnego Śląska, stwierdzono co następuje:

- materiał z 13 hałd kwalifikuje się do I grupy, czyli surowców i materiałów budowlanych stosowanych w budownictwie przeznaczonym na stały pobyt ludzi, a także inwentarza żywego;

- materiał z 7 hałd kwalifikuje się do II grupy, czyli odpadów przemysłowych stosowanych w naziemnych obiektach budowlanych na terenach zurbanizowanych, jak również do niwelacji takich terenów;
- materiał z 1 hałdy kwalifikuje się do III grupy, czyli odpadów przemysłowych stosowanych w pozostałych naziemnych obiektach budowlanych.

Dla łupków hałdowych jak wyżej, wartości liczbowe wskaźnika aktywności f_{1max} zawierają się w przedziale od 0,522 do 2,014 [-], zaś dla wskaźnika aktywności f_{2max} w przedziale od 53,86 do 370,86 [Bq/kg].

6. Wnioski

Zastosowanie do celów szeroko pojętego budownictwa materiałów odpadowych, w znacznych ilościach występujących na terenie Górnego Śląska, których ciągle jeszcze spore składowiska degradują powierzchnię terenu, leży w interesie tak lokalnego społeczeństwa, jak i wielu gałęzi przemysłu. Dotyczy to również górnictwa węgla kamiennego.

Nie należy odrzucać możliwości stosowania miejscowych surowców odpadowych, gdyż jak wynika z przedstawionych powyżej wyników badań, nie stanowią one istotniejszych zagrożeń radiacyjnych. Należy jedynie każdorazowo stosować wielokryterialne analizy doboru składników w funkcji ich wykorzystania. Składniki owe wymagają zastosowania w takich ilościach i przy użyciu takiej technologii, aby końcowy efekt radiacyjny nie przekroczył wartości dopuszczalnych.

Mimo odchodzenia w ostatnich latach od wykorzystywania odpadów przemysłowych w budownictwie, ciągle należy pamiętać o potencjalnych możliwościach zastosowania tych surowców, czego chwalebny przykładem jest przemysł materiałów wiążących, od lat wykorzystujący granulowany żużel wielkopiecowy oraz pył krzemionkowy z produkcji żelazostopów w procesach wytwarzania cementów powszechnego użytku.

LITERATURA

1. Brunarski L. i inni: Instrukcja № 234/2003 pt. „Badania promieniotwórczości naturalnej surowców i materiałów budowlanych”. ITB Warszawa, 2003.
2. Encyklopedia Techniki: „Energia jądrowa”. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne Warszawa, 1970.

3. Kmieć J.: Wypełniacz z hałdowych łupków samoczynnie przepalonych jako nowy materiał kompozytowy mieszanek mineralnych do drogowych betonów bitumicznych. II Konferencja naukowo-techniczna pt. „Materiały kompozytowe – właściwości, wytwarzanie, zastosowanie”. Wrocław, 1999.
4. Robakowski M.: Właściwości i stosowanie spiekanego kruszywa karboporytowego. XXXVII Konferencja Naukowa Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN i Komitetu Nauki PZITB. Łódź – Krynica, 1991.
5. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 3.12.2002 w sprawie wymagań dotyczących zawartości naturalnych izotopów promieniotwórczych w surowcach i materiałach stosowanych w budynkach przeznaczonych na stały pobyt ludzi i inwentarza żywego, a także w odpadach przemysłowych stosowanych w budownictwie, oraz kontroli zawartości tych izotopów. Dz.U. № 220, poz. 1850.
6. Rubin J. A., Rubińska-Jonczy B., Wawrzyńczyk M.: Promieniotwórczość naturalna surowców odpadowych z górnictwa i energetyki stosowanych w budownictwie mieszkaniowym. Międzynarodowe Sympozjum pt. „Gospodarka mineralnymi surowcami odpadowymi z górnictwa i energetyki”. Kraków–Przegorzały, 1996.
7. Rubin J. A.: Technologiczne kształtowanie struktury betonów lekkich kruszywowych z warunku promieniotwórczości naturalnej. Rozprawa doktorska. Politechnika Śląska, Wydział Budownictwa. Gliwice 2001.
8. Rubińska-Jonczy B., Rubin J. A.: Promieniotwórczość naturalna odpadów przemysłowych stosowanych w budownictwie. Przegląd Budowlany, 2/1994.
9. Rubińska-Jonczy B., Rubin J. A.: Wykorzystanie odpadów z górnictwa i energetyki w budownictwie”. Międzynarodowa Konferencja Naukowa pt. „Problemy ochrony środowiska w warunkach wejścia do Unii Europejskiej”. Wodzisław Śląski, 2002.
10. Smalec P.: Wykorzystanie odpadów górniczych w produkcji ceramiki budowlanej. Międzynarodowa Konferencja Naukowa pt. „Problemy ochrony środowiska w warunkach wejścia do Unii Europejskiej”. Wodzisław Śląski, 2002.
11. Zapotoczna – Sytek G.: „Radioaktywność betonu komórkowego”. MATERIAŁY BUDOWLANE № 18/1980.

Recenzent: Dr hab. inż. Jan Skowronek