

Krystyna GRABOWSKA, Małgorzata SOWA

Politechnika Śląska, Gliwice

WŁASNOŚCI FIZYKOCHEMICZNE I HYDROGEOLOGICZNE ODPADÓW Z WYBRANYCH KOPALŃ WĘGLA KAMIENNEGO

Streszczenie. W artykule przedstawiono wyniki badań mające na celu określenie wpływu odpadów pogórnich (skały płonnej i odpadów poflotacyjnych) na zanieczyszczenie wód w rejonie ich składowisk. Określono skład chemiczny i mineralogiczny odpadów, ich toksyczność, własności fizyczne i hydrogeologiczne, zawartość części rozpuszczalnych oraz mineralizację wody przez odpady w warunkach laboratoryjnych i naturalnych.

PHYSICAL, CHEMICAL AND HYDROGEOLOGICAL PROPERTIES OF BITUMINOUS COAL MINING WASTER FROM CHOSEN COLLIERIES

Summary. Influence of coal mining waste material (flotation tailings and waste rock) on water contamination in the vicinity of dumping sites was examined.

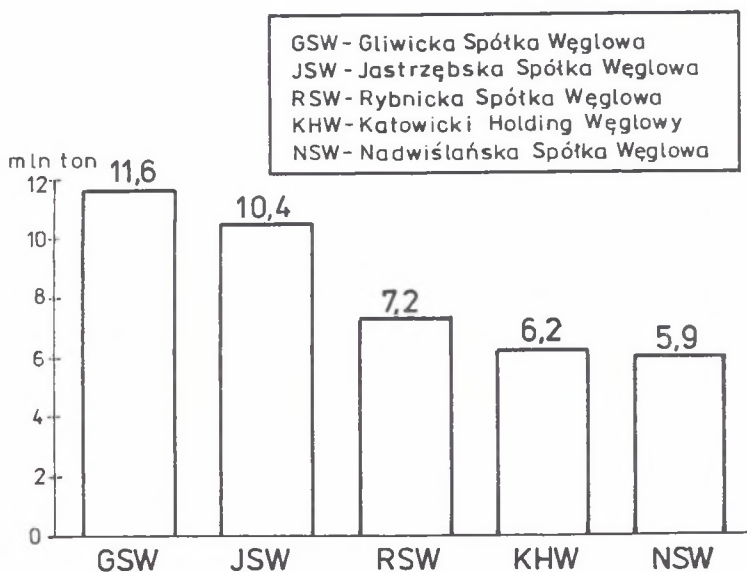
Chemical and mineralogical composition, toxicity, soluble components were determined. Water mineralization influenced by mining wastes was investigated under laboratory and field conditions.

1. Wstęp

Na obszarze województwa katowickiego powstaje rocznie ok. 60 mln ton odpadów przemysłowych, z czego ok. 73% stanowią odpady górnicze [1]. Wydobyciu węgla kamiennego towarzyszą dwa rodzaje odpadów:

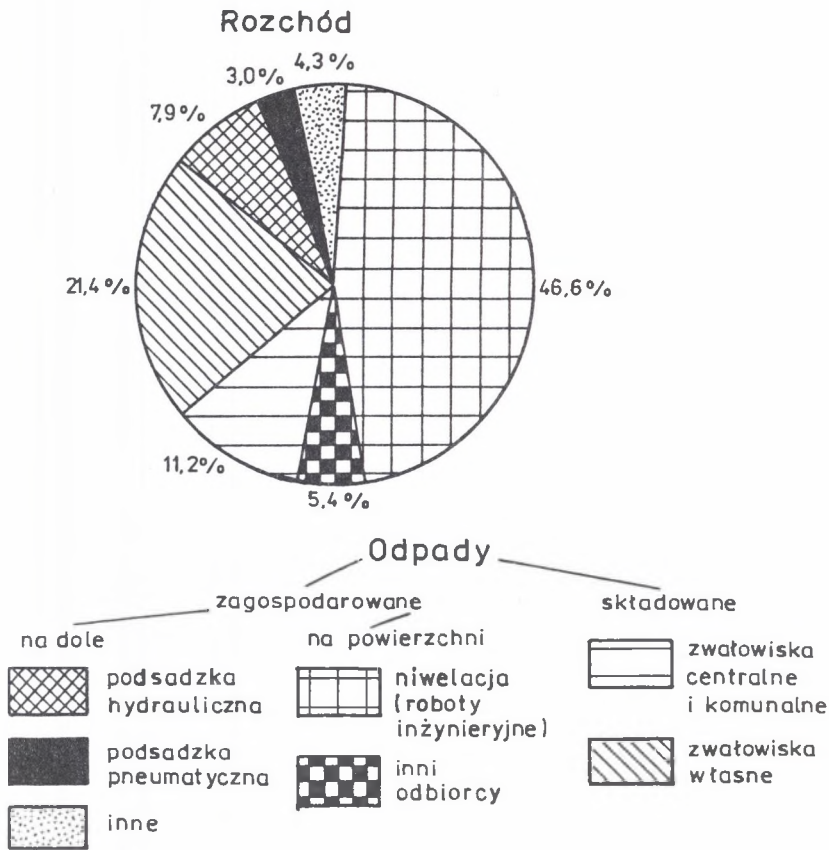
- skała płonna (kamień dołowy),
- muły poflotacyjne z procesów przeróbczych.

Ilość wytwarzanych odpadów uzależniona jest od wielkości wydobycia, jakości eksploatowanych pokładów i zakresu wzbogacania. Największa ilość odpadów wytwarzana jest przez kopalnie Gliwickiej i Jastrzębskiej Spółki Węglowej, a deponowane są one głównie na Centralnym Składowisku „Kotłarnia”. Ilość odpadów wytworzonych przez kopalnie w poszczególnych spółkach w roku 1994 przedstawia rys. 1.



Rys.1. Roczny przychód odpadów górniczych w kopalniach GZW w 1993 roku [6]
Fig.1. Total annual output of mining wastes in 1993

Rocznie górnictwo węgla kamiennego wytwarza ok. 48 mln ton odpadów, z czego ok. 64% zostaje zutilizowanych, a pozostałe 36% stanowią składowiska zajmujące ponad 2 tys. ha (rys.2). Niektóre składniki z odpadów zdeponowanych na składowisku mogą być wymywane przez infiltrujące opady atmosferyczne powodując migrację zanieczyszczeń do gleb i wód w rejonie składowania.



Rys.2. Bilans odpadów górniczych - 1993

Fig. 2. Balance of mining wastes in 1993

2. Cel i zakres badań

Celem badań jest scharakteryzowanie pod względem ekologicznym odpadów pogórniczych z wybranych kopalń węgla kamiennego:

- skała płonna: uśrednione odpady z pięciu kopalń: „Sośnica”, „Knurów”, „Szczygłowice”, „Pniówek”, „Zofiówka”, przewidziane do składowania w „Kotłarni”, oraz z kopalni „Wawel” i „Sośnica”, deponowane na składowiskach przykopalnianych,
- odpady poflotacyjne z kopalń: „Jastrzębie”, „Zabrze Bielszowice” i „Murcki” [3].

Odpady pobrano z Zakładów Przeróbczych ww. kopalń jako uśredniony materiał z 1-miesięcznej produkcji. Określono wpływ składowisk tych odpadów na mineralizację wód w rejonie ich deponowania [2]. W tym celu wykonano następujące badania: oznaczono skład chemiczny i mineralogiczny odpadów, własności fizyczne i hydrogeologiczne, toksyczność oraz wymywalność jonów podstawowych wg testu wymywalności. Wykonano również analizy chemiczne wód pobranych z rowów odwadniających składowisko Kotłarnia oraz ze stawów bezodpływowych utworzonych na składowiskach kopalń „Wawel” i „Sośnica”.

3. Skład chemiczny odpadów

Wyniki analiz chemicznych odpadów przedstawiono w tablicy 1. Głównymi składnikami odpadów są glinokrzemiany wyrażone przez SiO_2 i Al_2O_3 stanowiące ponad 50% masy odpadów. Zawartość żelaza jest zróżnicowana w zależności od zawartości pirytu w odpadach i wynosi od 1,51 do 8,1%. Zmienna jest również zawartość siarki całkowitej od 0,4 do 5,2%, w tym siarczanowej od 0,11 do 4,8%. Wysokie straty prażenia wskazują na wysoką zawartość węgla w odpadach.

4. Skład mineralogiczny

Wyniki analiz mineralogicznych omawianych odpadów zamieszczono w tablicy 2.

Analizy rentgenograficzne odpadów wykazują, że w ich składzie fazowym dominują: kaolinit i illit, w mniejszej ilości występują kwarc, kalcyt, dolomit, gips, piryt. Rentgenogramy wykazują dużą zawartość substancji bezpostaciowej, którą stanowi węgiel. Pod względem petrograficznym odpady skały płonnej stanowią w przeważającej ilości (ok. 80%) ilowce, w mniejszej ilości mułowce i piaskowce.

Tablica 1

Skład chemiczny odpadów górniczych

Rodzaj odpadów. Oznaczenia	Skala płonna			Odpady poftlotacyjne		
	Składowisko* Kodlarnia	KWK „Wawel”	KWK „Sośnica”	KWK „Zabrze Bielszowice”	KWK „Jastrzębie”	KWK „Murcki”
	zawartość w odpadach [%]					
SiO ₂	49.7	44.89	33.43	26.80	28.22	25.38
Al ₂ O ₃	21.4	19.89	18.72	12.30	15.19	15.08
Fe ₂ O ₃	4.32	4.91	5.54	8.10	6.02	1.51
CaO	1.29	2.70	1.30	3.20	4.00	3.63
MgO	1.09	3.76	3.26	2.70	1.38	2.52
Na ₂ O	0.23	0.54	0.27	0.34	2.04	0.65
K ₂ O	2.32	0.44	0.06	1.55	1.46	0.45
SO ₃	0.80	1.30	0.70	4.80	2.16	0.11
S _{calc}	1.20	1.62	1.02	5.20	2.53	0.40
strata prażenia	18.79	20.79	35.23	39.96	39.48	49.00
Razem	100.34	99.54	98.83	100.15	100.32	98.62

* Uśredniona próbka odpadów z kopalń: „Sośnica”, „Knurow”, „Szczygłowice”, „Pniówek” i „Zofiówka”

Tablica 2

Skład mineralogiczny odpadów

Minerały	Skala płonna		Odpady pofotocynine		
	KWK „Wawel”	KWK „Sośnica”	KWK „Zabrze Bielszowice”	KWK „Murcki”	KWK „Jastrzębie”
kaolinit	+	+	+	+	+
illit	+	+	+	+	+
kwarc	+	+	+	+	+
dolomit		+	+		
gips					+
piryt	+	+	+		
magnetyt					+
kalcyt		+			
syderyt			+		
substancja bezpost.	+	+	+	+	+

5. Toksyczność odpadów

Oznaczenie toksyczności wykonano wg normy BN-77/0441/01. Zbadano wydzielanie się gazów: H_2S , SO_2 i CO_2 z odpadów w środowisku kwaśnym przy $pH < 3$. Nie stwierdzono wydzielania się siarkowodoru i dwutlenku siarki, natomiast zaobserwowano wydzielanie się niewielkich ilości dwutlenku węgla, co spowodowane jest obecnością węglanów. Pod względem wydzielania się gazów odpady te są nietoksyczne.

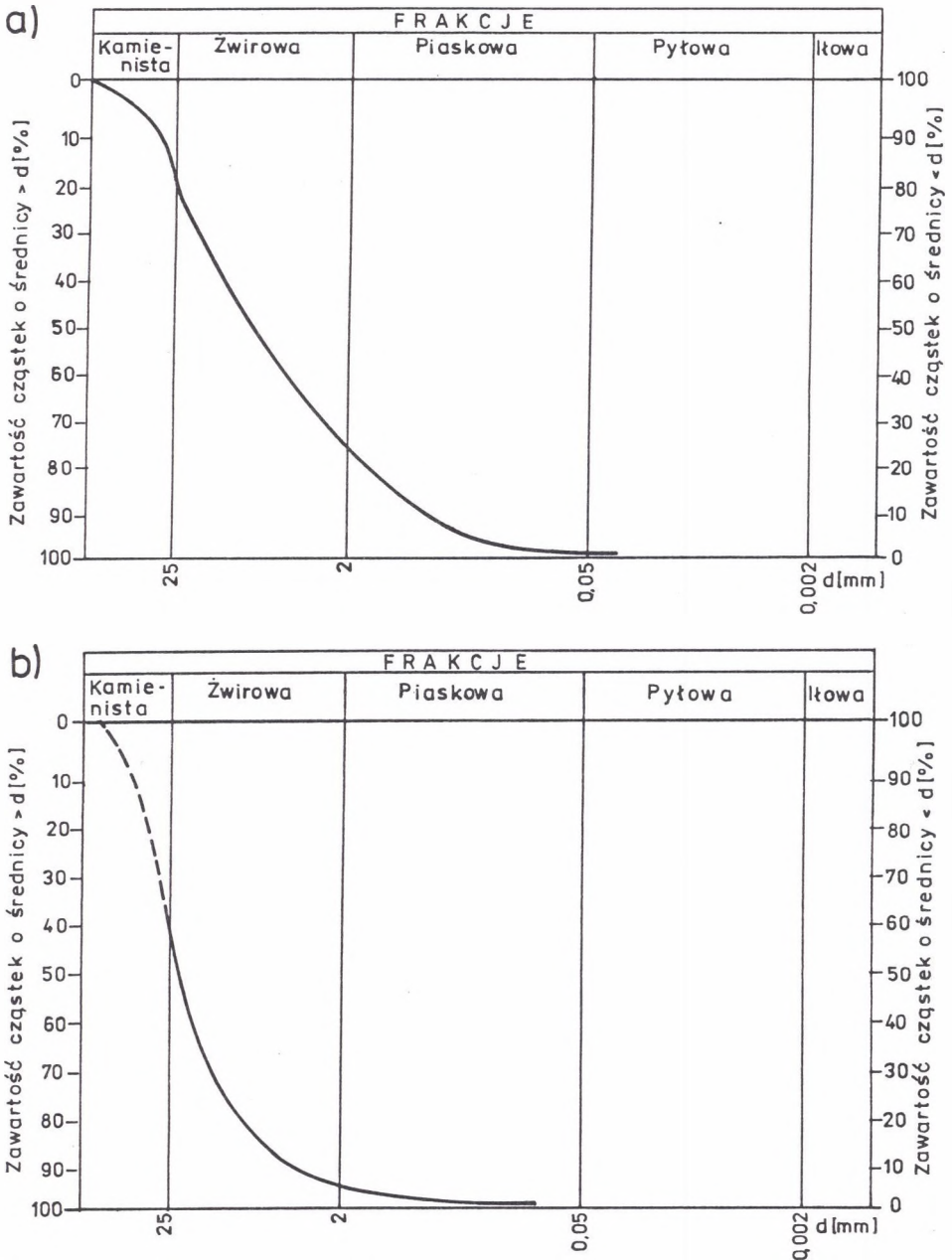
6. Własności fizyczne i hydrogeologiczne odpadów

Dla uśrednionych próbek skały płonnej i odpadów poflotacyjnych z wybranych kopalń, oznaczono własności fizyczne i hydrogeologiczne, takie jak: ciężar właściwy, ciężar objętościowy, skład ziarnowy, współczynnik porowatości i współczynnik filtracji. Wyniki przedstawiono w tabelicy 3 i na rys. 3a,b,c,d.

Skała płonna charakteryzuje się nierównomiernym uziarnieniem, posiada 75-95% ziaren frakcji kamienistej i żwirowej, a współczynnik filtracji pozwala zaliczyć te odpady do bardzo dobrze przepuszczalnych.

Odpady poflotacyjne z kopalni „Zabrze Bielszowice” są równomiernie uziarnione, głównie frakcja piaskowa i pyłowa, a współczynnik filtracji świadczy o ich średniej lub słabej przepuszczalności.

Odpady z kopalni „Murcki” stanowią materiał o bardzo drobnym uziarnieniu, ponad 70% frakcji stanowią ziarna o średnicy poniżej 0,05 mm, co odpowiada frakcji pyłowej i ilowej. Współczynnik filtracji wynosi $9,17 \cdot 10^{-8}$ m/s, co zalicza je do praktycznie nieprzepuszczalnych. Bardzo duża porowatość równa 67% wskazuje na dużą wodochłonność tych odpadów. Odpady poflotacyjne powinny być deponowane łącznie ze skałą płonną, gdyż średnia przepuszczalność mieszanego materiału ułatwi odprowadzenie wód infiltracyjnych ze składowisk i zabezpieczy przed tworzeniem się zalewisk.



Rys. 3. Wykresy uziarnienia odpadów górniczych:

- skała płonna z kopalni „Wawel”,
- skała płonna z kopalni „Sośnica”,
- odpady poflotacyjne z kopalni „Murcki”,
- odpady poflotacyjne z kopalni „Zabrze Bielszowice”

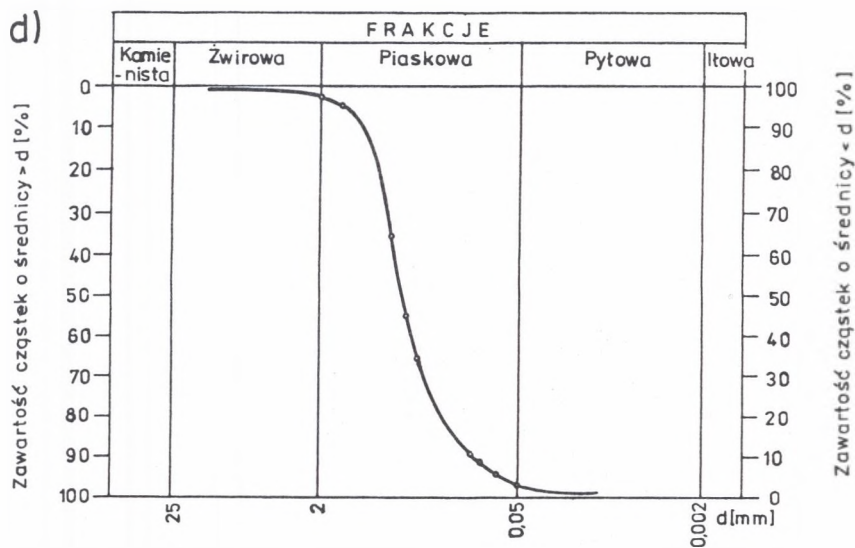
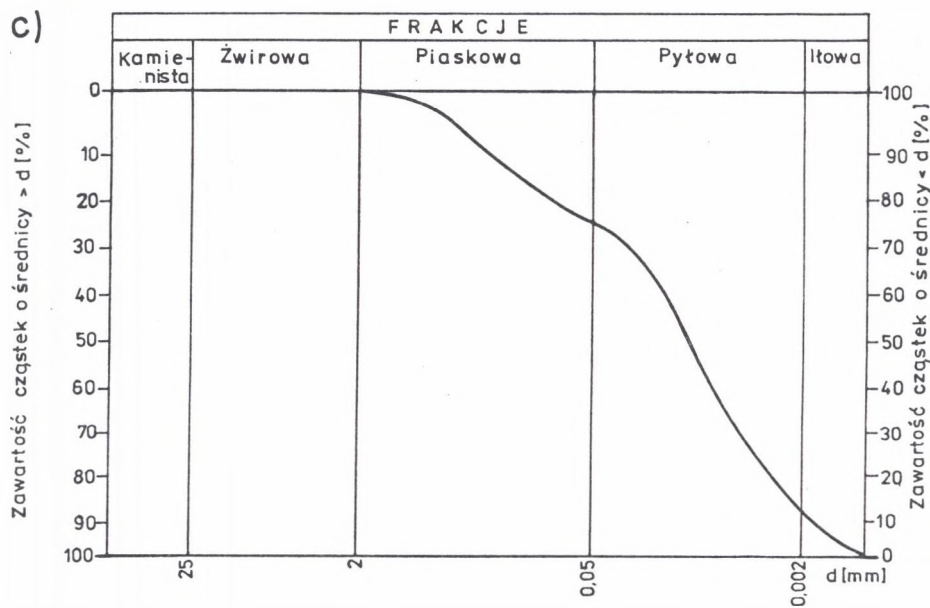


Fig. 3. Grain size distribution charts of the mining wastes:

- a) waste rock from „Wawel” coal mine,
- b) waste rock from „Sośnica” coal mine,
- c) coal flotation tailings from „Murcki” coal mine,
- d) coal flotation tailings from „Zabrze Bielszowice” coal mine

Tablica 3

Własności fizyczne i hydrogeologiczne odpadów

Własności hydrogeologiczne	Skala płonna			Odpady poftlotacyjne	
	KWK „Wawel”	KWK „Sośnica”	KWK „Zabrze Bielszowice”	KWK „Murcki”	KWK „Murcki”
ciężar właściwy kG/m ³	2,46 · 10 ³	2,39 · 10 ³	1,98 · 10 ³	1,94 · 10 ³	1,94 · 10 ³
ciężar objętościowy kG/m ³	2,33 · 10 ³	1,96 · 10 ³	1,105 · 10 ³	0,97 · 10 ³	0,97 · 10 ³
współczynnik porowatości n %	5	18,0	44,4	67	67
współczynnik filtracji m/s	4,83 · 10 ⁻³	3,4 · 10 ⁻³	1,5 · 10 ⁻⁵	9,17 · 10 ⁻⁸	9,17 · 10 ⁻⁸

7. Wymywalność odpadów w wodzie w warunkach laboratoryjnych

W celu określenia ilości i rodzaju części rozpuszczalnych zawartych w odpadach wykonano ługowanie wodą destylowaną wg testu wymywalności zgodnie z Zarządzeniem nr 78 Głównego Inspektora Ochrony Środowiska z 19.11.1991 r. Próbkę odpadów po uśrednieniu o średnicy < 0,5 mm zalano wodą destylowaną w stosunku 1:10. Po 24 godz. próbkę wytrząsano przez 4 godziny, a następnie wodę nadosadową poddano analizie chemicznej. Uzyskane wyniki analiz zestawiono w tablicy 4.

Z odpadów wyługowano wg testu wymywalności (po 1 dobie) niewielką ilość części rozpuszczalnych stanowiących od 0,21 do 0,38% ich masy. Ługowaniu ulegają głównie kationy sodu i wapnia, z anionów chlorki i siarczany. Żaden z wyługowanych składników nie przekracza dopuszczalnych zawartości dla ścieków odprowadzanych do wód i do ziemi (Rozporządzenie M.O.Śr.Z.N i L. nr 116).

8. Mineralizacja wód atmosferycznych przez składowiska odpadów

W celu określenia mineralizacji wód opadowych kontaktujących się z odpadami pobrano próbki tych wód z rowów opaskowych oraz zbiorników bezodpływowych tworzących się na składowiskach. Wyniki analiz chemicznych przedstawiono w tablicy 5. W warunkach naturalnych odpady pogórnice zdeponowane na składowiskach powodują znaczne zanieczyszczenie wód kontaktujących się z ziemi. Przekroczone zostały, często wielokrotnie, takie wskaźniki zanieczyszczeń, jak: mineralizacja, zawartość sodu, chlorków i siarczanów.

W warunkach naturalnych czas kontaktu wody z odpadami jest znacznie dłuższy, a taka ilość odpadów znacznie przekracza objętość wody, która przez nie infiltruje. W związku z powyższym mineralizacja wody przez odpady w warunkach naturalnych jest znacznie wyższa niż podczas badań laboratoryjnych.

Biorąc pod uwagę naturalne warunki ługowania, stwierdzono, że odpady pogórnice z kopalń węgla kamiennego składowane na powierzchni wpływają na zanieczyszczenie wód powierzchniowych, podziemnych oraz gleb w rejonie ich deponowania.

W związku z powyższym zaleca się uszczelnianie dna nowo powstających składowisk, zbieranie wód spływających ze składowisk w rowy opaskowe i odprowadzenie ich do cieków powierzchniowych w sposób kontrolowany.

Tablica 4

Wymywalność jonów podstawowych z odpadów wg testu wymywalności

Rodzaj odpadów. Oznaczenia	Składowiska					Odpady popłytacyjne				
	Jednostka	Składowisko Kotłarnia	KWK „Wawel”	KWK „Sośnica”	KWK „Bielszowice”	KWK „Jastrzębie”	KWK „Murcki”	Dopuszczalna zawartość w ściekach		
mineralizacja	mg/dm ³	207.0	316.2	381.3	328.0	283.5	306.2	2000.0		
pH		8.0	7.5	6.6	7.8	7.6	7.4	6.5-9.0		
twardość og.	mval/dm ³	0.43	0.6	0.94	4.0	5.9	0.8	66.4		
twardość węgl.	”	96.1	83.90	107.4	2.0	0.4	0.57			
sód Na ⁺	mg/dm ³	13.9	12.13		25.5	43.5	80.7	800.0±80.0		
potas K ⁺	”	4.3	4.32	9.6	80.9	109.2	43.8			
wapń Ca ²⁺	”	1.7	4.80	6.8	17.6	5.47	4.2			
magnez Mg ²⁺	”	81.8	44.45	170.4	39.5	31.9	42.80	1000.0		
chlorki Cl ⁻	”	27.7	133.25	70.1	79.8	43.5	122.7	500.0		
siarczany SO ₄ ²⁻	”	27.0	33.20	42.5	121.5	24.3	35.1			
wodorowęglany HCO ₃ ⁻	”									
całkowita zawartość części rozpuszczalnych w odpadach	%	0.21	0.32	0.38	0.33	0.28	0.31			

Tablica 5

Skład chemiczny wód z odwodnienia składowisk odpadów pogórnicznych

Miejsce opróbowania. Oznaczenia	Jednostka	Rowy opaskowe skład. Kotlarnia	Zbiorniki ze skład. KWK „Wawel”	Zbiorniki ze skład. KWK „Sośnica”	Wartości dopuszczalne dla kl. III	Dopuszczalna zawartość w ściekach odprowadzanych do wód i ziemi
mineralizacja	mg/dm ³	2046 ÷ 8426	4812.1 ÷ 5045.0	4755.6 ÷ 42131	1200	2000.0
pH		6 ÷ 7.7	7.2	7.4 ÷ 7.5	6.0 ÷ 9.0	6.5 ÷ 9.0
twardość og.	mval/dm ³	12.25 ÷ 48.5	21.15 ÷ 21.8	49.6 ÷ 173.5		66.4
twardość węgl.	”		1.3 ÷ 1.4	3.8 ÷ 12.2		
sód Na ⁺	mg/dm ³	265 ÷ 1628	1318 ÷ 1383	50.6 ÷ 4103.2	150	800.0 ± 80.0
potas K ⁺	”	9.7 ÷ 64.0	108 ÷ 135.5			
wapń Ca ²⁺	”	117.5 ÷ 502.0	141.1 ÷ 148.3	561.1 ÷ 2004.0		
magnez Mg ²⁺	”	53.4 ÷ 303.6	171.3 ÷ 182.4	364.8 ÷ 3161.6		
chlorki Cl ⁻	”	76.9 ÷ 912.9	2406.9 ÷ 2632.0	369.2 ÷ 12425.0	400	1000.0
siarczany SO ₄ ²⁻	”	1210.7 ÷ 4805.0	580.5 ÷ 609.4	592.0 ÷ 8458.0	250	500.0
wodorowęglany HCO ₃ ⁻	”		79.1 ÷ 87.1	233.3 ÷ 742.4		

Wnioski

1. W składzie chemicznym odpadów największy udział mają glinokrzemiany, żelazo, siarka oraz węgiel.
2. W składzie fazowym przeważają kaolinit i illit, w mniejszej ilości kwarc, kalcyt, dolomit, gips i piryt.
3. Odpady są nietoksyczne, nie wydzielają się H_2S i SO_2 .
4. Skała płonna stanowi materiał frakcji kamienistej i zwirowej, bardzo dobrze przepuszczalny, o słabej wodochłonności.
5. Odpady poflotacyjne są materiałem frakcji piaskowej, pyłowej i iłowej, o drobnym i bardzo drobnym uziarnieniu, o słabej i bardzo słabej przepuszczalności oraz dużej wodochłonności.
6. Podczas ługowania odpadów wg testu wymywalności ilość części rozpuszczalnych w odpadach określono od 0,21 do 0,38%. Maksymalnie można wyługować 0,71% części rozpuszczalnych.
7. Ługowaniu ulegają głównie: sód, wapń, chlorki i siarczany.
8. Opady atmosferyczne infiltrujące przez składowiska ulegają znacznej mineralizacji, a zawartość w nich sodu, chlorków i siarczanów znacznie przekracza dopuszczalne normy.
9. Składowiska odpadów pogórnich mogą być źródłem zanieczyszczenia wód podziemnych i powierzchniowych i należy podjąć działania mające na celu ochronę wód w rejonie tych składowisk. W związku z powyższym zaleca się uszczelnianie dna składowiska, zbieranie wód w rowy opaskowe i odprowadzanie ich do cieków w sposób kontrolowany.

LITERATURA

1. Rocznik Statystyczny Woj. Katowickiego, 1995.
2. Sowa M.: Badania laboratoryjne mineralizacji wody przez odpady kopalniane ze składowiska Kotlarnia. ZN Pol.Śl. s. Górnictwo nr 109, Gliwice 1981.
3. Cempiel E., Grabowska K., Sowa M.: Toksyczność i wymywalność odpadów poflotacyjnych i pyłów dymnicowych przewidzianych do lokowania w zrobach poeksploatacyjnych KWK „Zabrze Bielszowice”. Praca niepub., Gliwice 1993.

4. Sitek K.: Wpływ składowiska odpadów górniczych kopalni Wawel na środowisko. Praca dyplomowa magisterska (promotor M.Sowa), Gliwice 1995.
5. Kotłowska B.: Wpływ zwałowiska odpadów górniczych kopalni „Sośnica” na wody podziemne i powierzchniowe w rejonie ich składowania. Praca dyplomowa magisterska (promotor K. Grabowska), Gliwice 1996.
6. Karbownik A.: Ochrona środowiska w górnictwie węgla kamiennego w latach 1990-94. Wiadomości Górnicze nr 6, 1995.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Tadeusz Kapuściński

Wpłynęło do Redakcji 5.06.1997 r.

Abstract

The investigations comprised mining wastes (waste rocks and flotation tailings) from the following coal mines: „Wawel”, „Sośnica”, „Jastrzębie”, „Zabrze Bielszowice”, „Murcki” and from „Kotlarnia” dumping site.

Chemical and mineralogical composition of the wastes were determined as well as such properties as: physical and hydrogeological features, toxicity and leaching ability of basic ions. Chemical composition was analysed for surface waters from drainage ditches and retention ponds in the dumping site areas.

The influence of deponed mining wastes on changes in water mineralization in the site areas has been determined.

Prevailing chemical compounds of the wastes are: aluminosilicates, iron, sulphur and coal (table 1). They are non toxic. Waste rocks are present mainly in lump and aggregate fractions (fig. 3 a,b), show good permeability and low water absorption (table 3). Flotation tailings, in reverse, occur in sandy, mud and silt fractions (fig. c, d) showing very low permeability and high water consumption.

Soluble compounds content within the wastes amounts from 0.21 to 0.38 mass per cent and mostly sodium and calcium ions, sulphides and sulphates are prone leaching (table 4).

Rain waters infiltrating the dumping sites become mineralized in considerable degree and especially sodium, and sulphate contents in the wastes exceed acceptable limits. This leads to vast contamination of surface waters within dumping site areas. Mining waste dumping sites can be hence the source of contamination of both surface and underground waters.