

## Zagospodarowanie kopalin towarzyszących i mineralnych surowców odpadowych — ograniczenia i możliwości

Ryszard Sałaciński\*

**Management of accompanying minerals and mineral wastes — limitations and opportunities.** Prz. Geol., 50: 971–974.

*S u m m a r y.* The latest modifications of the Polish Geological and Mining Law promoted discussions and comments concerning the value of the new elements. The subject of discussion in the geological domain should be the management of accompanying minerals and waste minerals amassed in deposits, classifying them as antropogeneous secondary deposits. Based on knowledge in the fields of geology, climatology, soil science and related disciplines as well as the domestic experiments relating to the possibility of fertilization of sandy soils, this paper presents the concept of the use of minerals co-deposited with lignite deposits at Turów and Bełchatów Brown Coal Mines and mineral wastes for the restoration of the subsurface sand and clay water collector in the degraded areas.

**Key words:** Geological and Mining Law, accompanying minerals, mineral wastes, mineral fertilizers

Znowelizowane prawo geologiczne i górnicze wniosło od 1 stycznia 2002 r. istotne zmiany w unormowaniach prawnych regulujących gospodarkę odpadowymi surowcami mineralnymi nagromadzonymi na składowiskach. Dotychczas obowiązująca ustawa normowała w art. 2. zasady poszukiwania, rozpoznawania i wydobywania surowców mineralnych znajdujących się w odpadach po robotach górniczych oraz po procesach wzbogacania kopalin. Nowa redakcja art. 2. utrzymuje jedynie zapis, iż: „...Przepisy ustawy stosuje się odpowiednio do (...) składowania odpadów w górotworze, w tym w podziemnych wyrobiskach górniczych, z wyjątkiem takiej działalności prowadzonej w odkrywkowych wyrobiskach górniczych...”. Ponieważ takie sformułowanie nie określa rodzaju odpadów, można więc przyjąć, że dotyczy ono wszystkich odpadów, w tym również po robotach górniczych oraz po procesach wzbogacania kopalin. Biorąc pod uwagę możliwości i ilość składowanych tego typu odpadów w wyrobiskach podziemnych i odkrywkowych łatwo wykazać, że są to wielkości nieporównywalne. Dominująca ilość odpadów powstaje w kopalniach odkrywkowych i tam jest składowana. Praktyka dowodzi, że tworzenie przy eksploatacji odkrywkowej, początkowo składowisk zewnętrznych, a od pewnego etapu wybierania złoża, również składowisk wewnętrznych jest integralną częścią górniczej eksploatacji złoża, angażującej siłki, ludzi i maszyny. Działalność ta jest wykazywana w planach ruchu zakładu górniczego i w rozliczeniach ilości kopalin odpadowych i towarzyszących, kierowanych na składowiska. Wyłączenie więc takiej działalności prowadzonych w odkrywkowych wyrobiskach górniczych z zakresu oddziaływania prawa geologicznego i górniczego jest dyskusyjne.

### Skala problemu

Na składowiskach zlokalizowanych w sąsiedztwie odkrywkowych zakładów górniczych jest nagromadzona duża ilość materiału mineralnego, pochodzącego z nadkładu, płonych przewarstwień lub będącego niewykorzystanymi surowcami towarzyszącymi, a także odpadów

pogórniczych i potechnologicznych. Szczególnie jest to widoczne w otoczeniu wielkich zakładów górniczych, eksploatujących złoża węgla brunatnego i stowarzyszonych z nimi elektrowni. Prowadzona od wielu lat intensywna eksploatacja tych złóż, oprócz niewątpliwych korzyści gospodarczych, spowodowała również skutki negatywne w postaci, między innymi, rozrastających się wspomnianych składowisk. Jeżeli składowanie odpadów mineralnych z małych wyrobisk górniczych może stanowić problem jedynie w skali lokalnej, to w przypadku dużych odkrywkowych zakładów górniczych oraz elektrowni, ma już wymiar regionalny. Według statystyki GUS ilość tego typu odpadów wytworzona w skali kraju w 2000 r. wyniosła ok. 73,5 tys. Mg, co stanowi prawie 59% ogólnej ilości odpadów.

Składowanie kopalin towarzyszących i odpadowych w postaci antropogenicznych złóż wtórnych eliminuje lub zmniejsza trudności z natychmiastowym znalezieniem odbiorcy kopaliny. Złoża wtórne, a szczególnie ich późniejsze wykorzystanie po wyeksploatowaniu kopaliny podstawowej mogą ułatwić rozwiązanie problemu dalszego zagospodarowania terenów przemysłowych. Jednakże podstawowym warunkiem dla tych przyszłościowych działań jest obecnie selektywne wybieranie i składowanie odmiennych litologicznie i jakościowo rodzajów kopalin towarzyszących.

### Proekologiczny kierunek zagospodarowania surowców odpadowych

Możliwości wykorzystania odpadowych surowców mineralnych nagromadzonych na składowiskach można przeanalizować na przykładzie kopalń węgla brunatnego oraz niektórych surowców skalnych (Puff i in., 1997; Sałaciński & Puff, 2001). Wykorzystanie kopalin towarzyszących, wybieranych przy odkrywkowej eksploatacji węgla brunatnego, jest uzasadnione z wielu przyczyn. Jako najistotniejszą należy uznać ochronę zasobów przed niepełnym ich wykorzystaniem, a zwłaszcza często nieodwracalnym pozostawieniem istniejących zasobów kopalin użytecznych, uznanych w danych warunkach za kopaliny towarzyszące lub stanowiących część nadkładu.

Wykorzystanie nagromadzonego w składowiskach materiału mineralnego zazwyczaj jest prowadzone w sposób nieproporcjonalnie mały w stosunku do tempa przyrostu masy nowych odpadów. Wynika to, m.in., z

\*Instytut Geologii Podstawowej, Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa; ryszards@geo.uw.edu.pl

ograniczonych możliwości zagospodarowania tak dużej ilości odpadów ze względu na brak bieżącego zainteresowania nimi, zwłaszcza w postaci nieprzetworzonej.

Degradacja gleb na obszarach rolnych i leśnych, wywołana powodzią w 1997 i 2001 r., jak również konieczność rekultywacji gleb na znacznych obszarach zdegradowanych działalnością przemysłową, uzasadniają celowość dokonania oceny możliwości wykorzystania wielu kopalin odpadowych, pochodzących z bieżącej produkcji lub nagromadzonych w złożach antropogenicznych, jako składników do produkcji naturalnych nawozów mineralnych, przeznaczonych do odtworzenia warstwy glebowej lub poprawy jej struktury.

Równocześnie, jednym z poważniejszych zagrożeń ekologicznych polskiego rolnictwa jest niedobór próchnicy w glebach użytkowanych rolniczo. Wynika on głównie z jednostronnego nawożenia gleb dużymi dawkami nawozów sztucznych typu NPK (azot, fosfor, potas). Wprowadzenie do gleb nadmiernych dawek tych nawozów, często nieadekwatnych do wymagań produkcyjnych gleb, powoduje zagrożenie całego ekosystemu wskutek wymywania składników nawozowych do wód gruntowych i powierzchniowych. Prowadzi to w konsekwencji do degradacji środowiska. O skali tej degradacji świadczą wyniki badań składu chemicznego wód drenazowych, spływu jonowego z jednostki powierzchni zlewni oraz stężeń pierwiastków w analizach chemicznych wód gruntowych. Szczególne niebezpieczeństwo wynikające z nadmiernego stosowania nawozów sztucznych, zwłaszcza azotowych, polega na powstawaniu w środowisku glebowym toksycznych związków azotu, a zwłaszcza nitrozoamin, uznanych w roku 1987 przez FAO za środowiskowe substancje rakotwórcze. Duże zagrożenie niosą również nawozy fosforowe, które zawierają znaczne ilości metali ciężkich, zwłaszcza kadmu.

W przedstawionych poniżej rozwiązaniach technologicznych wykorzystano il z KWB „Turów” i „Bełchatów”, popioły z elektrowni „Turów” i „Bełchatów”, kredę jeziorną z KWB „Bełchatów” oraz magnezyt z Sobótki, jako surowce wyjściowe do produkcji kompozytowych nawozów mineralnych. W procesie technologicznym jest możliwe uzyskanie ceramizowanego nawozu, w którym matrycą nośną granul o wymiarach 3–5 mm może być il, stanowiący element wiążący dla pozostałych składników. Granulat taki, rozsiewany z siewników w okresie np. co 5 lat, ulegałby w koloidalnym środowisku kwasów humusowych gleby powolnej korozji, związanej z rehydroksylacją pierwotnie zdehydroksylovanymi minerałami ilastymi. Procesy te uwalniałyby stopniowo zawarte w granulach

**Tab. 1. Skład chemiczny popiołów lotnych z elektrowni w Turoszowie**

Table 2. The chemical composition of flyashes from Turoszów Power Plant

Skład tlenków głównych kationów	% wag. sumy tlenków	Mikroelementy	ppm	Mikroelementy	ppm
SiO <sub>2</sub>	49,89	Ba	552	Sr	588
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	28,83	Ce	81	Th	43
CaO	11,49	Cl	200	V	118
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,86	Cr	84	Y	32
K <sub>2</sub> O	1,92	Cu	49	Zn	117
TiO <sub>2</sub>	1,24	La	43	Zr	207
MgO	1,11	Nb	43		
Na <sub>2</sub> O	0,47	Ni	42		
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,14	Pb	15		
MnO	0,05	Rb	150		

Wyniki niepublikowane udostępnione przez Z. Puff, Wydział Chemiczny PW

**Tab. 2. Skład chemiczny kredy białej z KWB „Bełchatów”**

Table 2. The chemical composition of white chalk from Bełchatów Brown Coal Mine

Składnik	Zawartość [%]
SiO <sub>2</sub>	0,40
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,45
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,04
CaO	51,90
MgO	0,15
Na <sub>2</sub> O	0,01
K <sub>2</sub> O	0,01
SO <sub>3</sub> (z węgla zawartego w kredzie)	0,18
Strata prażenia	46,00
Suma	99,14
	zawartość [ppm]
Cu	7
Cd, Pb, As	nie wykryto

Analizy wykonała Maria Święcicka — Wydział Geologii UW

składniki, używając glebę stabilnie i bez ryzyka wymywania nawozu, co jest typowe dla nawozów NPK.

Szczególną zaletą popiołów po węglu brunatnym jest znaczna zawartość wapnia, magnezu potasu, magnezu, a także obecność mikroelementów (tab. 1). Wadą popiołów jest ich nadmierne rozdrobnienie i łatwość do zbrylania, co ogranicza stosowanie ich w rolnictwie jako nawozu monoskładnikowego.

O przydatności kredy jeziornej do celów agrotechnicznych świadczy skład chemiczny tego surowca produkowanego w KWB „Bełchatów” (tab. 2), wykazujący szczególnie korzystny zestaw bio- i mikroelementów. Kreda jeziorna stanowi wolno działający nawóz wapniowy do

stosowania na zakwaszone lekkie gleby piaszczyste lub torfowe.

Do regulowania ilości magnezu mogą służyć odpady dolomitów oraz magnezytów ze złóż dolnośląskich. Magnezyt jest eksploatowany w kopalni podziemnej w Wirach koło Sobótki (tab. 3) oraz w kopalni odkrywkowej „Konstanty” koło Grochowej, gdzie wokół kamieniołomu znajdują się hałdy, zawierające duże ilości odpadów magnezytowych.

### Rezultaty eksperymentów technologicznych

Wykonano dwie niezależne serie badań eksperymentalnych obejmujące mieszanki mineralne wykonane z surowców dolnośląskich uzupełnione kredą jeziorną z Bełchatowa oraz mieszanki przygotowane wyłącznie z surowców z regionu bełchatowskiego.

Temperatury spiekania dobrano tak, aby przekroczyć temperaturę dehydroksylacji minerałów ilastych oraz rozkład kredy i dolomitu. Badania fizykochemiczne spieczonego materiału objęły oznaczenia: nasiąkliwości wodnej, ciężaru nasypowego oraz poziomu stężenia kationów  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $K^{+}$  w procesie ługowania w środowisku wodnym. Przepłukane granulaty wszystkich składów poddano drugiemu i trzeciemu ługowaniu w takich samych warunkach; do drugiego i trzeciego ługowania zawrócono uprzednio otrzymany przesącz. Dodatkowo, na badanym materiale z obszaru bełchatowskiego wykonano ponownie cykl badań laboratoryjnych po upływie 3 miesięcy.

**Dla obszaru dolnośląskiego** badania technologiczne wykonano z wykorzystaniem iltu turoszowskiego z pokładu B z KWB „Turów”, popiołów z elektrowni „Turów”, wapieni lub dolomitów ze złóż miejscowych lub kredy jeziornej z KWB „Bełchatów” oraz magnezytu z Braszowic lub Wir, jako surowców wyjściowych do produkcji kompozytowych nawozów mineralnych. Skład chemiczny przesączy przedstawia tab. 4.

**Dla obszaru bełchatowskiego** dobór surowców użytych do badań eksperymentalnych ograniczył się do iltów i kredy jeziornej — występujących w złożu węgla brunatnego kopalni towarzyszących, eksploatowanych i składowanych selektywnie przez KWB „Bełchatów” oraz pyłów dymnicowych powstających w elektrowni „Bełchatów”.

Zgodnie z opisanym tokiem badań w użytych z nich przesączach określono stężenie wyługowanych kationów  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  i  $K^{+}$  oraz pH (tab. 5).

Wyniki badań wskazują, że sumaryczne ilości jonów wyługowanych przy kolejnych przemyciach stopniowo wzrastają. Pomiar pH wyługowanych przesączy wykazały ich znaczną alkaliczność, a tym samym odkwaszające oddziaływanie na glebę. Jak wspomniano, granulaty, który dostanie się do gleby ulegnie oddziaływaniu kwasów humusowych, a biopierwiastki będą z niego wymywane wodą deszczową. Po 3 miesiącach

**Tab. 3. Skład chemiczny magnezytu prażonego z Sobótki**  
Table. 3. The chemical composition of calcinated magnesite from Sobótka

Składniki	Próbka nr 1	Próbka nr 2	Próbka nr 3
	zawartość w %		
SiO <sub>2</sub>	18,44	17,91	20,47
MgO	62,38	60,06	66,80
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,86	1,58	2,28
	zawartość w ppm		
As	2,0	2,0	2,0
Cd	śl.	śl.	śl.
Cu	25,0	25,0	25,0
Cr	493,0	470,0	575,0
F	56,0	56,0	53,0
Ni	487,5	475,0	525,0
Pb	50,0	50,0	50,0
Zn	25,0	25,0	25,0
Straty prażenia [%]	13,00	16,42	6,22

przeprowadzono powtórne ługowania uprzednio już ługowanych granulatów i uzyskano wyniki składu chemicznego i pH przesączy, które przedstawia (tab. 6).

Powyższa propozycja wykorzystania surowców mineralnych będących kopalninami towarzyszącymi w złożach węgla brunatnego „Turoszów” i „Bełchatów” ma charakter bardziej uniwersalny. Kopaliny o podobnych parametrach jakościowych występują również i w innych złożach, a decyzja o ewentualnym zagospodarowaniu surowców pochodzących z tych złóż powinna uwzględniać zarówno aspekty geologiczne, jak i górnicze, ekonomiczne oraz administracyjne.

**Tab. 4. Zawartość kationów wapnia, magnezu i potasu w przesączach**  
Table. 4. Contents of calcium, magnesium and potassium in filtraten

Nr mieszaniny	Temperatura spiekania, °C							
	700				800			
	Ca <sup>2+</sup> mg/l	Mg <sup>2+</sup> mg/l	K <sup>+</sup> mg/l	pH przesączy	Ca <sup>2+</sup> mg/l	Mg <sup>2+</sup> mg/l	K <sup>+</sup> mg/l	pH przesączy
<b>Pierwsze ługowanie</b>								
1.	50	50	500	7,5	50	50	500	7
2.	50	50	600	7,5	50	50	550	7,5
3.	50	70	675	10	50	100	700	10
4.	50	70	675	7,5	75	100	700	8
<b>Drugie ługowanie</b>								
1.	50	50	600	7,5	50	50	550	7,5
2.	50	50	600	7,5	75	50	600	8,5
3.					75	100	650	10
4.					100	125	700	10

**Tab. 5. Skład chemiczny wylugowanych składników i pH przesączy**  
Table 5. The chemical composition of lixiviated components and pH of filtrates

Nr lugowania	Kationy	Nr mieszaniny Zawartość jonów [mg / l]			
		(1)	(2)	(3)	(4)
1	Ca <sup>2+</sup>	100	100	100	100
2		120	>100	>100	>100
3		150	>100	>100	>100
1	Mg <sup>2+</sup>	200	50	50	100
2		300	75	75	200
3		300	100	100	300
1	K <sup>+</sup>	500	200	400	500
2		600	250	500	600
3		700	300	600	700
1	pH	12,30	12,47	12,51	11,63
2		12,30	12,52	12,52	11,99
3		12,32	12,56	12,52	12,10

**Tab. 6. Skład chemiczny wylugowanych składników (po 3 miesiącach przerwy)**  
Table 6. The chemical composition of lixiviated components and pH of filtrates

Zawartość jonów (mg/l)	Nr mieszaniny			
	(1)	(2)	(3)	(4)
Ca <sup>2+</sup>	100	100	100	100
Mg <sup>2+</sup>	100	50	50	50
K <sup>+</sup>	500	200	300	500
pH roztworu	10,33	11,70	10,50	9,88

### Podsumowanie

Zagospodarowanie odpadów pochodzenia mineralnego jest problemem złożonym. Znajduje to odbicie w unormowaniach prawnych i w gospodarce surowcami mineralnymi. Wpływ na decyzje dotyczące zagospodarowania tych odpadów powinien mieć nie tylko wynik finansowy działalności górniczej związanej z reeksploatacją składowisk, lecz również inne przesłanki. W przypadku omówionego przykładu zagospodarowania kopalni towarzyszących złóżom węgla brunatnego najważniejsze z nich to:

□ ochrona zasobów kopalni — ze względu na nieodnawialność i ograniczone zasoby złóż, kompleksowe ich zagospodarowanie łącznie kopalni towarzyszącymi powinno być koniecznością;

□ przesłanki ekologiczne — intensywna eksploatacja złóż węgla brunatnego, oprócz korzyści gospodarczych,

spowodowała skutki negatywne w postaci rozrastających się składowisk odpadów, a także powstających w elektrowniach pyłów dymnicowych, które są również mineralnymi surowcami odpadowymi. Zagospodarowanie tych surowców jest niewielkie w stosunku do tempa przyrostu masy nowych odpadów i powoduje wyłączenie coraz większych powierzchni terenu z użytkowania rolnego lub leśnego;

□ przesłanki agrotechniczne — stosowanie w rolnictwie nawozów sztucznych w dawkach przewyższających potrzeby upraw oraz w okresach roku z dużą ilością wód opadowych lub roztopowych jest przyczyną

zanieczyszczenia wód powierzchniowych i gruntowych przez łatwo rozpuszczalne i wymywane składniki tych nawozów. Szczególne niebezpieczeństwo wynikające z nadmiernego stosowania nawozów sztucznych, zwłaszcza azotowych. Rada Europy w swojej dyrektywie nr 91/676/EWG z 12.12.1991 r. stwierdza, że „...główną przyczynę zanieczyszczenia ze źródeł rozproszonych oddziałujących na wody Wspólnoty stanowią azotany pochodzące ze źródeł rolniczych...”;

□ przesłanki ekonomiczne — gromadzenie na składowiskach wymienionych odpadów mineralnych pochłania znaczne nakłady finansowe przeznaczone na ich wydobycie, transport oraz składowanie i z tego względu rozszerzenie zagospodarowania tychże surowców może pomniejszyć jednostkowe koszty wydobycia obciążające jedynie kopalinę główną. Tworzenie z nadwyżki tych surowców antropogenicznych złóż wtórnych, przy wcześniejszym opracowaniu i wdrożeniu procesów technologicznych ich przeróbki, w wieloletniej perspektywie może być korzystnym elementem w przedłużeniu aktywności gospodarczej regionu po wyczerpaniu zasobów kopaliny głównej.

### Literatura

- PUFF. Z., SZYMAŃSKI A., SAŁACIŃSKI R. & WIŚNIEWSKI W. 1997 — Masowe wykorzystanie ilów turoszowskich z pokładu B jako nawozu stabilizującego biogeochemiczne środowisko gleby. *Górnictwo Odkrywkowe*, 1-2: 56-63.
- SAŁACIŃSKI R. & PUFF Z. 2001 — Możliwości wykorzystania kopalni towarzyszących z KWB Bełchatów dla potrzeb agrotechnicznych i ochrony środowiska. *Górnictwo Odkrywkowe*, 2-3: 140-147.
- SZAMAŁEK K. 1984 — Ochrona prawna i racjonalne wykorzystanie kopalni towarzyszących. *Prz. Geol.*, 32: 105-107.