

Złoże antropogeniczne

Marek Nieć*

Odpady górnicze i przeróbcze często mogą być wykorzystane jako surowce wtórne. Zaproponowano stosowanie terminu złoże antropogeniczne w odniesieniu do zwałów i osadników, jeśli jakość składowanej substancji mineralnej pozwala na wytworzenie z niej użytecznego surowca, który może stanowić produkt zbywalny, a jej ilość zapewnia zaspokojenie zapotrzebowania. Istotnym zagadnieniem dla zagospodarowania składowanego materiału jest jego niejednorodność, uzależniona od historii formowania składowiska. Powinna być ona szczegółowo badana i w przypadku braku dostatecznej informacji konieczne jest przeprowadzenie prac rozpoznawczych i udokumentowanie jakości i ilości składowanego materiału. Uznanie składowiska za złoże antropogeniczne pozwala na objęcie go ochroną przed zanieczyszczeniem obcymi substancjami nieużytecznymi.

Słowa kluczowe: złoże, surowce, zwałowiska, odpady

Marek Nieć — **Anthropogenic mineral deposits.** Prz. Geol., 47: 93–98.

Summary. Waste products of mining, enrichment or beneficiation of minerals and industrial rocks very often can be used as a second hand by-products. The term anthropogenic deposits was proposed for dumps or ponds of such material if quality of accumulated substances allow to produce marketable commodities and its quantity sustain demand. Ughomogeneity of accumulated material, related to the history of dump or pond formation is a prime matter of concern and should be carefully recognized. If unknown enough, the dump or pond should be explored, and quality and quantity of accumulated material documented. Recognition of waste products accumulation as anthropogenic deposit allow to protect it against contamination by foreign, unuseful materials.

Key words: mineral deposits, dumps, wastes, mining

W wyniku działalności gospodarczej człowieka, przemieszczane są masy skalne, których objętość w skali całego globu, według oceny Neumanna–Mahlkau (1996), wynosi ok. 35 km³. Jest to ilość porównywalna z objętością utworów przemieszczanych w wyniku naturalnych procesów geologicznych. Działalność górnicza powoduje przemieszczanie ok. 17,8 km³, czterokrotnie więcej niż ilość materiału skalnego transportowanego przez rzeki. Jest to zatem już zjawisko kształtujące w sposób istotny oblicze Ziemi. Jednym z efektów działalności górnictwa i hutnictwa jest tworzenie zwałów i osadników nie wykorzystanej części kopaliny i skał otaczających, traktowanych tradycyjnie jako odpad. W Polsce ilość produktów odpadowych działalności górnictwa i hutnictwa nagromadzonych w zwałach i osadnikach wynosi 1500 mln t (Kozłowski, 1996), co odpowiada objętości ok. 3 km³. Terminy odpad, gromadzenie odpadów wyzwała od razu negatywny stosunek do tej działalności gdyż stawia się znak równości między różnymi substancjami niezależnie od ich szkodliwości. Próby klasyfikacji odpadów (Siuta, 1993), niezbyt fortunne w odniesieniu do produktów działalności górniczej (Nieć & Uberman, 1995), nie ułatwiają właściwej oceny ich roli w środowisku przyrodniczym i podejmowanie działalności przeciwdziałających ich gromadzeniu oraz sprzyjających ich usuwaniu.

Dążność do usuwania odpadów poprzez ich utylizację sprawia, że traktuje się je jako potencjalne źródło surowców. Takie podejście przyświeca różnym inwentaryzacom i ocenom możliwości wykorzystania odpadów górniczych i przeróbczych (Szczęśniak, 1990; Kozioł & Uberman, 1997; Góralczyk i in., 1997; Sroga, 1997). Ich słabą stroną jest szczupłość danych, dotyczących właściwości materiału zdeponowanego, co często uniemożliwia właściwą ocenę możli-

wości jego utylizacji, projektowanie odpowiednich zabiegów technologicznych oraz poszukiwanie rynków zbytu.

Porównywalność skali gromadzenia mas skalnych w zwałach i osadnikach ze skalą procesów naturalnych i możliwość wykorzystania przynajmniej niektórych z nich jako źródła surowców, skłania do zastosowania w odniesieniu do tych, w których zgromadzony materiał ma cechy surowcowe terminu złoże. Zachodzi jednak konieczność ich odróżnienia od złóż utworzonych w wyniku procesów naturalnych. Wernadskij (1977) zaproponował dla ich nazwę złoże technogeniczne. Właściwszą wydaje się jednakże nazwa złoże antropogeniczne (Bolewski i in., 1990; Bolewski, 1991, 1994; Dziewański, 1993; Wytyczne... 1993; Nieć & Uberman, 1995).

Zwałowiska odpadów górniczych, przeróbczych, hutniczych a nawet związanych z działalnością bytową człowieka od dawna były przedmiotem zainteresowania jako źródła surowców. Wymienić tu można przykładowo:

— zwały żużła stanowiące pozostałość po starożytnym hutnictwie rud żelaza np. w Górach Świętokrzyskich, stanowiące źródło surowca dla hut przed II wojną światową (Holewiński, 1956; Bielenin 1992),

— zwały po kopalnictwie i przeróbce rud złota w rejonie Johannesburga w RPA współcześnie wykorzystywane jako surowiec złotoносny w przypadku stwierdzenia w nich zawartości ponad 0,6 g/t Au,

— zwałowiska muszli stanowiących pozostałość po konsumpcji małży przez ludność wybrzeża w Ghanie stanowiące bazę surowców węglanowych (Takuski, 1961).

Przykłady te ilustrują zarazem różnorodność wykorzystywanego materiału i różnorodność jego zastosowań.

Złoże antropogeniczne

Termin złoże antropogeniczne zaproponowany w odniesieniu do zwałów i osadników surowców mineralnych wymaga sprecyzowania, gdyż bywa nadużywany. Tak jak nie każde naturalne nagromadzenie użytecznej substancji mine-

*Akademia Górniczo-Hutnicza, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków



Ryc. 1. Zwałowisko odpadów przeróbczych kopalni złota w RPA eksploatowane jako antropogeniczne złoża wtórne, surowca złoto-nośnego (~0,8 g/t Au)

Fig. 1. Dump of enrichment wastes after gold recovery near Johannesburg (RSA), mined as anthropogenic deposit (~0,8 g/t gold content)



Ryc. 5. Zwałowisko odpadów górniczych (rumosz wapieni z krzeszowicami) nieczynnej kopalni wapieni Nawojowa Góra k. Krzeszowic eksploatowane na miejscowe potrzeby drogowe

Fig. 5. Dump of mining wastes (limestone, cherts) of abandoned limestone quarry Nawojowa Góra by Krzeszowice mined for local road construction



Ryc. 2. Złoże wtórne (zwał) kamienia wapiennego przy wyrobisku kopalni wapieni Ostrówka (złoże pierwotne KZPW Miedzianka)

Fig. 2. Anthropogenic, secondary deposit (dump) of crushed limestone near to limestone quarry (primary limestone deposit Ostrówka KZPW Miedzianka)



Ryc. 6. Zwał odpadów kopalni kwarcytów Bukowa Góra. Wymieszane bloki piaskowców kwarcytowych i utworów gliniastych pochodzących z przerostów łupkowych. Fot. 1-6 M. Nieć

Fig. 6. Dump of useless mining wastes of quartzite quarry Bukowa Góra. Quartzitic sandstone lumps coated by silty clays, formed from levigated slaty interlayers, and mixed with fine crushed material. Photo. 1-6 M. Nieć



Ryc. 3. Zwałowisko węgla kamiennego o niskiej wartości opałowej, zabezpieczone (rekultywowane) jako przyszłościowa rezerwa surowcowa

Fig. 3. Low quality hard coal dump, recultivated and preserved for the eventual use in the future AMCOAL Kleinkopije mine RSA



Ryc. 4. Osadnik surowca fluorytowego powstającego w wyniku produkcji nawozów w ZPCh Bonarka w Krakowie

Fig. 4. Depositional pond of fluorite waste products of fertilizer plant Bonarka in Kraków



Ryc. 7. Zwałowisko odpadów kopalni porfiry Miękinia Wschód eksploatowane do produkcji koagulantów w przemyśle odlewniczym. Fot. M. Kawulak

Fig. 7. Dump of mining wastes of porphyry quarry Miękinia Wschód mined for foundry coagulants. Photo. M. Kawulak

Tab. 1. Zagospodarowanie odpadów

Rodzaj zagospodarowania	Forma zagospodarowania	
Wykorzystanie	roboty inżynierskie	budowle naziemne (nasypy, niwelacja terenu)
		uszczelnianie i izolacja podłoża wysypisk odpadów
		wypełnianie pustek poeksploatacyjnych
	produkcja surowców	kopaliny na złożu wtórnym (przemieszczone na składowisko) surowce wtórne
Neutralizacja	rekultywacja (zwałów osadników)	
	unieszkodliwianie odpadów niebezpiecznych	

ralnej (kopaliny) stanowi złożo, tak samo nie każdy zwał czy osadnik odpadów górniczych czy przerobczych może być nazwany złożem antropogenicznym.

Cechami wyróżniającymi złożo są:

— kopalina która je tworzy, a zatem substancja mineralna posiadająca właściwości decydujące o jej użyteczności,
— nagromadzenie kopaliny w ilości i w warunkach umożliwiających podejmowanie eksploatacji, która może przynieść korzyść gospodarczą.

Korzyść gospodarczą w tym przypadku należy rozumieć szeroko, nie tylko jako doraźny zysk.

W odniesieniu do zwałów i osadników traktowanych jako złożo antropogeniczne sprowadza się to do stwierdzenia, że:

— nagromadzona substancja ma cechy kopaliny lub stanowi surowiec przydatny dla określonych zastosowań i istnieją warunki dla jej wykorzystania,

— nagromadzony materiał w stanie surowym lub po odpowiednim przetworzeniu może stanowić produkt zbywalny,

— ilość nagromadzonego materiału uzasadnia podjęcie jego eksploatacji.

Tab. 2. Złoża antropogeniczne

Źródło odpadów	Rodzaj substancji		Właściwości nagromadzonej substancji
	nagromadzonej	wytworzonej w składowisku	
Eksploatacja górnicza	udokumentowane, nie wykorzystane kopaliny towarzyszące przemieszczone na składowisko		takie same jak w złożu
	płonne skały otaczające, przerosty o cechach kopaliny		takie same jak w złożu
Przeróbka	produkty kruszenia i przesiewania o cechach kopaliny		podobne jak w złożu (mogą być nieco inne w drobnych frakcjach)
	produkty odpadowe wzbogacania o właściwościach surowcowych		zmiany ilościowe składu mineralnego w stosunku do złoża
Przetwórstwo surowców mineralnych	produkty odpadowe procesów technologicznych o właściwościach surowcowych		surowce całkowicie przetworzone
Komunalne	szlamy ściekowe zawierające koncentracje metali	biogaz	surowce nowo wytworzone

Można przyjąć, że są to trzy warunki nieodzowne dla uznania zwał lub osadnika za złożo antropogeniczne. W tym duchu sformułowana została definicja złoża antropogenicznego przedstawiona w *Encyklopedii surowców mineralnych* (Bolewski, 1994), „...Nagromadzenie kopaliny użytecznej utworzonej przez człowieka w rezultacie zbierania odpadów kopalnianych, przerobczych, technologicznych i innych w czasie gdy nieznan był sposób ich wykorzystania. Uznaniem takiego nagromadzenia za złożo następuje w chwili przystąpienia do jego wybie-rania”.

Stanowisko takie przyjęła też Komisja Zasobów Kopaliny w 1995 r.

(Nieć, 1997) w związku z przedstawianymi wnioskami o zatwierdzenie dokumentacji geologicznych zwałów jako złóż antropogenicznych. Cechą istotną zwał lub osadnika uznanego za złożo antropogeniczne jest to, że zostało ono uformowane przez działalność człowieka z materiałów nie przydatnych dla niego w określonym czasie (Bolewski i in., 1990), a które nabyły cechy użyteczności w wyniku pojawienia się bądź możliwości ich zbytu, bądź opanowania technologii pozwalających na ich przetworzenie w produkt użyteczny.

Kwestia uznania zwał za złożo antropogeniczne nie jest banalna, gdyż decyduje o tym uznanie, że nagromadzony materiał staje się przydatny i może być wykorzystany. Zależy to od:

— rodzaju i jakości substancji gromadzonej w zwale (lub osadniku),
— jednorodności właściwości gromadzonego materiału zależnej od:

- historii formowania zwał, b) czystości składowania, c) przekształceń mineralogicznych składowanego materiału.

Ogólnie można wyróżnić zwały i osadniki jednorodne i niejednorodne. Niejednorodność zwałowiska lub osadnika

może być związana, że:

— zróżnicowaniem materiału składowanego w czasie formowania zwał lub osadnika,

— segregacją materiału depozytowanego,

— przemianami mineralogicznymi składowanego materiału.

Niejednorodność związana z historią formowania zwał może być spowodowana zmianami rodzaju zwałowanego materiału w kolejnych okresach czasu, np. utworów pochodzących z różnych części złoża różniących się rodzajem lub jakością kopaliny (zwłaszcza w złożach wielokopalinowych), otaczających skał płonnych, przerostów, nadkładu, odpadów przerobczych.

Zjawisko segregacji materiału ma miejsce przede wszystkim w osadnikach, gdzie w pobliżu wylewu gromadzi się materiał grubszy. W przypadku odpadów po przeróbce rud może on być też względnie

wzbogacony w minerały kruszcowe w stosunku do przeciętnej ich zawartości w odprowadzanym szlamie (Kamieniecka i in., 1990; Górecka i in. 1994; Kijewski, 1998).

Przemiany mineralogiczne najczęściej są spowodowane przez procesy wietrzenia. Są one szczególnie widoczne w przypadku występowania siarczków. Jednym z efektów tego procesu jest emisja siarczanów do wód podziemnych i powierzchniowych w otoczeniu zwału. Zmienia się przy tym skład mineralny substancji składowanej. Na przykład w przypadku odpadów górnictwa rud Zn–Pb wietrzenie siarczków cynku i ołowiu i utworzenie minerałów utlenionych utrudnia a nawet może uniemożliwić odzysk tych metali, nawet w przypadku dość znacznych ich zawartości.

Szczególnym rodzajem przemian jest generacja biogazu w składowiskach odpadów komunalnych. Dotyczy to co prawda odpadów niezwiązanych z przemysłem wydobywczym i przetwórstwem surowców mineralnych, ale generację tą można uznać za proces naturalny i pojęciem złoża antropogeniczne objąć także powstające w ten sposób akumulacje biogazu (Czajka i in., 1996; Ney i in., 1998).

Pojęcie złóż antropogenicznych może być też rozszerzone na inne produkty działalności bytowej człowieka — na przykład szlamy ściekowe. Występują w nich koncentracje metali kwalifikujące się do ich odzysku. Są one określane terminem „rud miejskich” (Davies, 1977; Keller, 1992; Lottermoser, 1995).

Miejsce złóż antropogenicznych w zagospodarowaniu odpadów

Pojęcie „zagospodarowanie odpadów” obejmuje szeroki zakres działań zmierzających do ich wykorzystania lub neutralizacji ich ujemnego oddziaływania na środowisko przyrodnicze. Można to ująć w sposób przedstawiony w tab. 1.

Rodzaj i jakość substancji składowanych, ich zróżnicowanie i zmienność właściwości decyduje o możliwości ich wykorzystania. Wyróżnić można zwały i osadniki jednorodne, i niejednorodne. Mogą być one utworzone z substancji dającej się wykorzystać w sposób bezpośredni lub po zastosowaniu nieskomplikowanych procesów przeróbki lub uzdatniania (przesiewanie, przemycanie, kruszenie), oraz takie, których utylizacja wymaga zastosowania przeróbki nieraz bardzo zaawansowanej w celu odzysku tylko jednego albo kilku składników. Koszty przeróbki i możliwość zbytu uzyskanych produktów decydują o ich wykorzystaniu.

Klasyfikacja złóż antropogenicznych

Różnorodność substancji gromadzonych w zwałach i osadnikach i różnorodność ich pochodzenia umożliwia zaproponowanie klasyfikacji złóż antropogenicznych. Wśród odpadów przemysłu surowców mineralnych wyróżnia się: górnicze (eksploatacyjne), przerobcze i przetwórcze (Szczęśniak, 1990a, b; Sztaba, 1996). Z punktu widzenia złóż antropogenicznych należałoby wyróżnić również odpady komunalne, które mogą być źródłem surowców analogicznych do pochodzących ze złóż naturalnych (rud miejskie, biogaz). Ich uwzględnienie prowadzi do klasyfikacji przedstawionej w tab. 2. Dalszy podział wyróżnionych grup złóż antropogenicznych jest możliwy z uwagi na rodzaj zgromadzonego surowca. Jednakże ogromna różnorodność substancji gromadzonych w zwałach i osadnikach powoduje, że taka szczegółowa uporządkowana klasyfikacja nie wydaje się celowa.

Z punktu widzenia czasu tworzenia zwału lub osadnika wyróżnić można złoża antropogeniczne:

— nieodnawialne zastane — pozostałe po zlikwidowanych zakładach górniczych,

— odnawialne — czynne zwałowiska (lub osadniki) przy istniejących zakładach górniczych, stale uzupełniane nowym materiałem,

— specjalnie tworzone — zwały (lub osadniki) świadomie tworzone jako przyszłościowa rezerwa surowcowa.

Przykładem pierwszej grupy są zwały pozostawione na terenach zlikwidowanych kopalń rud Zn–Pb w rejonie bytomskim, rud żelaza w rejonie częstochowskim (Ratajczak, 1998), zwał odpadów po procesach wzbogacania rudy piritowej w Wieściszowicach (p. okładka *Prz. Geol.* vol., 46, nr 11) itp. Do drugiej grupy można przykładowo zaliczyć zwały kamienia wapiennego w kopalniach wapieni (np. w KCW Kujawy, KZPW Miedzianka, ryc. 2). Trzecią grupę tworzą zwały — składowiska nie wykorzystywane kopaliny towarzyszącej, np. kredy jeziornej w KWB Bełchatów (Kuszneruk, 1994), wapieni marglistych (surowca cementowego) z nadkładu złoża porfiru w Zalasie itp. Przykładem takiego złoża antropogenicznego mogą być też zwały węgla kamiennego o niskiej wartości opałowej, nie znajdującego obecnie zbytu tworzone w kopalni Amcoal Kleinkopije w RPA (ryc. 3), odpowiednio zabezpieczane jako przyszłościowa rezerwa surowcowa

Materiał zgromadzony w zwale czy osadniku może mieć różną wartość użytkową. W zależności od niej można wyróżnić trzy grupy składowisk:

— substancji mineralnych znajdujących obecnie zastosowanie, bądź w stanie surowym lub po ich przeróbce, których pozyskanie jest technicznie możliwe i może być ekonomicznie uzasadnione,

— substancji nie kwalifikujących się obecnie do wykorzystania, ale w stosunku do których można przypuszczać, że mogą być wykorzystane w przyszłości,

— substancji mineralnych nieprzydatnych ani obecnie ani nie rokujących nadziei na ich wykorzystanie w przyszłości ze względu na ich jakość, brak technicznych możliwości ich przeróbki bądź brak uzasadnienia ekonomicznego.

Wśród istniejących zwałów i osadników można znaleźć reprezentujące wszystkie te trzy ich rodzaje. Dwie pierwsze grupy odpowiadają pojęciu złóż (i zasobów) odpowiednio bilansowych i pozabilansowych. Przykładem grupy pierwszej mogą być wspomniane zwały kamienia wapiennego w KCW Kujawy i KZPW Miedzianka (Kokesz & Mucha, 1996; Kokesz, 1998), osadnik mułów węglowych ZG Julia w Wałbrzychu (Kominowski i in., 1997) osadnik surowca fluorytowego ZPCh Bonarka w Krakowie (ryc. 4). Do grupy drugiej można zaliczyć zwały fosfogipsu zawierającego metale ziem rzadkich w Wizowie (Augustyn, 1988), zwały utlenionych rud Zn–Pb, osadniki poflotacyjne na złożach miedzi (Kijewski, 1998). Granica między tą grupą a obejmującą składowiska substancji mineralnych nieprzydatnych jest nieostra ze względu na trudność sprecyzowania pojęcia możliwości wykorzystania w przyszłości. Do ostatniej grupy przykładowo można zaliczyć zwałowiska odpadów w wielu kopalniach węgla, rud żelaza, piaskowca, w których tworzy je wymieszany materiał pochodzący z przerostów łupkowych oraz piaskowców nie spełniających wymagań jakościowych, np. zwietrzałych. Zwałowiska i osadniki odpadów kopalni kwarcytów Bukowa Górsa są takim przykładem. Mimo przeprowadzenia wszechstronnych badań (Kokesz i in., 1998) nie udało się dowiedzieć, że nagromadzony materiał może być uznany za kopalinę lub ma cechy surowca (ryc. 6). Jedyne jego zastosowanie może być wykorzystanie w prostych pracach inżynierskich (nasypy, wyrównywanie terenu itp.).

Niekiedy takie wymieszane odpady górnicze mogą być wykorzystywane na lokalne potrzeby drogowe (ryc. 5)

Za złoża antropogeniczne mogą być uznane zwały i osadniki pierwszej grupy, tzn. substancji wykorzystywanych obecnie. Zaliczenie do złóż antropogenicznych zwałowisk i osadników grupy drugiej jest bardzo dyskusyjna ze względu na niesprecyzowaną możliwość ich wykorzystania.

Wykorzystanie zwału lub osadnika jako złoża antropogenicznego uzależnione jest od czynników techniczno-organizacyjnych i ekonomicznych oraz od podjęcia decyzji o ich zagospodarowaniu. Takie, które wyczekują na decyzje o ich użytkowaniu można określić jako potencjalne złoża antropogeniczne (Bolewski, 1994).

Warunkiem nieodzownym dla uznania zwału lub osadnika za złożo antropogeniczne jest stwierdzenie i udowodnienie użyteczności nagromadzonych substancji i udokumentowanie zwału lub osadnika w sposób analogiczny jak złoża kopaliny.

Szczególne miejsce wśród substancji gromadzonych w zwałach mają te, które stanowią tylko produkt kruszenia i ewentualnie przesiewania lub płukania. Mają one skład mineralny i cechy petrograficzne takie same lub niewiele różniące się od kopaliny występującej w eksploatowanym złożu. W takim przypadku można mówić o kopalinie na złożu wtórnym. Typowym przykładem są zwały kamienia wapiennego (ryc. 2). Typowymi antropogenicznymi złożami wtórnymi są też zwały niewykorzystywanej kopaliny towarzyszącej wydobywanej w nadmiarze w stosunku do bieżącego zapotrzebowania (Kuszneruk, 1994). Można też tu zaliczyć zwały rud tworzone dla odzysku z nich metali metodą ługowania. Niskie koszty eksploatacji tą metodą umożliwiają odzysk metali przy bardzo niskiej ich zawartości, np. miedzi już od 0,16 % (Bhappu, 1976).

Dokumentowanie i ochrona złóż antropogenicznych

Zwały i osadniki odpadów górniczych i przerobczych od wielu lat są przedmiotem zainteresowania. Duże nadzieje wiązano w szczególności z możliwością odzysku metali ze zwałów odpadów górnictwa rud. Na Górnym Śląsku zbadano i udokumentowano wiele zwałów odpadów górnictwa rud Zn-Pb, na Dolnym Śląsku zwały związane z eksploatacją rud Ni w Szklarach. Ich zasoby były też ewidencjonowane w *Bilansie zasobów złóż kopalni w Polsce*. Zwracano też uwagę (Giewonyn, 1953) na celowość wykorzystania zwałów kamienia wapiennego.

Uznanie zwału lub osadnika za złożo antropogeniczne jest możliwe na podstawie jego dokumentacji, której najistotniejszą częścią jest uzasadnienie, że materiał składowany ma cechy kopaliny lub surowca mineralnego.

Uzasadnienie celowości dokumentowania ma sens pragmatyczny i formalno-prawny. W sensie pragmatycznym dokumentacja ma dostarczać informacji o jakości kopaliny lub surowca w zwałie, budowie wewnętrznej zwału i o związanym z tym zróżnicowaniu rodzaju i jakości materiału zwałowanego oraz o zasobach. Dane te są niezbędne dla projektowania eksploatacji zwału i oceny możliwości wykorzystania zgromadzonego w nim surowca.

W sensie formalno-prawnym udokumentowanie zwału lub osadnika stwarza warunki dla ochrony jakości nagromadzonej kopaliny lub surowca przed zanieczyszczeniem przez składowanie materiału obcego. Dodatkową korzyścią jest możliwość zwolnienia od uciążliwości finansowych związanych ze składowaniem odpadów, co może mieć istotne znaczenie dla ekonomicznego uzasadnienia utylizacji nagromadzonych substancji. Wymagane udokumentowanie zwału (lub osadnika) i udowodnienie, że nagromadzona w nim kopalina lub surowiec są wykorzystywane zabezpiecza przed zbytnią dowolnością w przekwalifikowywaniu składowisk odpadów na złoża antropogeniczne jako formy ucieczki od uiszczania opłat za ich składowanie.

Konsekwencją udokumentowania złoża antropogenicznego jest konieczność jego uwzględnienia w projekcie zagospodarowania złoża i prowadzenie ewidencji ruchu zasobów a w zwałowiskach czynnych kontrola czystości zwałowania.

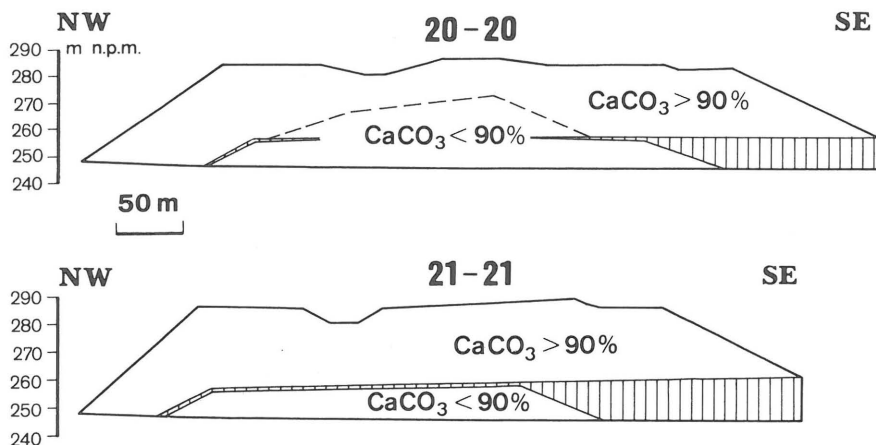
Czystość zwałowania jest tu szczególnie istotnym elementem decydującym o możliwości i celowości uznania zwału za złożo antropogeniczne. Badania wielu zwałowisk pokazują, że często utwory budujące obecnie zwał były składowane w sposób nieselektywny. Wymieszanie przypadkowe różnych utworów a także często składowanie wraz z kopaliną różnych przypadkowych substancji, w tym rzeczywistych odpadów często uniemożliwia wykorzystanie nagromadzonych utworów, bądź ze względu na techniczne trudności ich separacji, bądź brak ekonomicznego uzasadnienia dla niezbędnych operacji przerobczych.

Dokumentowanie zwałów lub osadników jest pozornie proste ze względu na łatwość pomiaru ich objętości. Komplikuje się ono jednak w przypadku braku informacji o morfologii jego podłoża, budowie wewnętrznej, zróżnicowaniu jakości składowanego materiału. W przypadku odpadów przerobczych należy się liczyć z możliwością większej zmienności jakości odpadów niż kopaliny, co wynika z dążenia do stabilizacji jakości koncentratu lub surowca uszlachetnionego (Sztaba, 1996). Zmusza to do rozpoznawania jakości surowca w zwałie lub osadniku. Najlepszych informacji dostarcza rozpoznanie wiertnicze lub za pomocą szybków (Nieć, 1990). W przypadku zwałów pogórnich analiza historii formowania zwału na tle zróżnicowania jakości kopaliny eksploatowanego złoża umożliwia niekiedy przedstawienie zróżnicowania jakości zwałowanego materiału, zwłaszcza wówczas gdy prowadzono opróbowanie zwałowanego materiału (Kokesz, 1998) (ryc. 8).

Stosowane niekiedy opróbowanie tylko strefy przypowierzchniowej dostarcza tylko cząstkowych informacji o materiale najpóźniej składowanym, pozostawiając niepewność odnośnie do jego rodzaju i jakości wewnątrz zwału. Zróżnicowanie dokładności rozpoznania rodzaju i jakości surowca w obrębie zwału może być

Ryc.8. Przykład złożonej budowy wewnętrznej zwału kamienia wapiennego KZPW w Miedziance (zob. ryc. 4)

Fig. 8. Composed internal structure of crushed limestone dump KZPW Miedzianka after Kokesz (1998)



wyrażone przez przypisanie różnych kategorii rozpoznania poszczególnym jego częściom (Kokesz & Mucha, 1996).

W przypadku zwałów jednorodnych, z uwagi na rodzaj składowanej substancji, można oczekiwać losowego zróżnicowania jej jakości. Niekiedy jednak obserwuje się nielosowe jej zróżnicowanie. Może być ono związane ze zróżnicowaniem jakości eksploatowanej kopaliny w poszczególnych częściach złoża, z segregacją grawitacyjną materiału zwałowanego lub przemianami wietrzeniowymi i wylugowaniem niektórych składników. Umożliwia to zastosowanie w dokumentowaniu zwałów metod geostatystycznych (Zemła i in., 1994).

Dokumentowanie zwałów i osadników nie jest obligatoryjne, nie mniej jest pożądane, gdyż dostarcza uporządkowanych informacji na ich temat, pozwala na ocenę wiarygodności i wystarczalności danych odnośnie do jakości składowanego surowca oraz zasobów. Daje też podstawy do podejmowania działań zmierzających do ochrony zgromadzonego surowca. Ważne jest przede wszystkim rozpoznanie niejednorodności budowy zwału.

Ważnym zagadnieniem jest możliwość wykorzystania nagromadzonego materiału albo w stanie surowym albo po przetworzeniu. Niekiedy dopiero opracowanie specjalistycznej technologii przeróbki i użytkowania materiału zwałowanego umożliwia jego wykorzystanie (ryc. 7).

Literatura

- ALEKSANDROWICZ A. & KOZIEŁ J. 1996 — Komputerowa baza danych systemu informatycznego gospodarki odpadami mineralnymi SI-GOM. *Prz. Geol.*, 44: 720–721.
- AUGUSTYN Z. 1988 — Dokumentacja zasobów ziem rzadkich w hałdach Zakładów Chemicznych Wizów jako element nowego spojrzenia na bazę surowcową kraju i na zadania służby geologicznej w poszukiwaniu i dokumentowaniu zasobów surowców użytecznych. *Metodyka rozpoznawania dokumentowania złóż kopalni stałych*. Mat. sem. Bierutów. Wyd. AGH, Kraków: 54–68.
- BHAPPU R.B. 1976 — *In situ* extraction and leaching technology. [W:] *Economics in mineral engineering*. Mining J. Books Ltd. London: 90–124.
- BIELENIN K. 1992 — Starożytne górnictwo i hutnictwo żelaza w Górach Świętokrzyskich. *KTNTPGHiPS*, Kielce: 1–268.
- BOLEWSKI A. 1991 — W sprawie surowców mineralnych. *Inst. Geol. i Sur. Min.* AGH, Kraków.
- BOLEWSKI A. (red.) 1994 — *Encyklopedia surowców mineralnych*. Wyd. CPPGSMiE PAN, Kraków, 4: 351.
- BOLEWSKI A., GRUSZCZYK H. & GRUSZCZYK E. 1990 — *Zarys gospodarki surowcami mineralnymi*. Wyd. Geol.
- CHUDEK M., HOLTER H., JANICZEK S. & KRZYSTOLIK P. 1995 — *Materiały stosowane w górnictwie z naturalnych i ekologicznie uciążliwych surowców*. Wyd. Polit. Śląsk.
- CZAJKA K., NEY R. & SZALEK J. 1996 — *Biogaz z wysypisk odpadów komunalnych*. [W:] *Aktualia i perspektywy gospodarki surowcami mineralnymi*. VI Konf. Rytro: 161–165.
- CZERSKI K., SZWED-LORENZ J. & ŚLUSARCZYK S. 1997 — *Perspektywy tworzenia złóż antropogenicznych w górnictwie skalnym*. *Górn. Odkrywk.*, 39: 105–118.
- DAVIES F. E. 1972 — *Urban ore*. *Californian Geology*, 25: 99–112.
- DUDKIN O.B., PAWŁOW A.N., TABAKAJEW N.M. & SZEKOW W.N. 1988 — *Technologicznej mineralogii technogennych miastorodzieni*. [W:] *Metodyczne osnowy poszukiwań i rozwiadki nierudnych poleznych iskopajemych*. Leningrad: 125–132.
- DZIEWAŃSKI J. (red.) 1993 — *Encyklopedyczny słownik zoologiczny*. Wyd. CPPGSMiE PAN, Kraków.
- DZIEWAŃSKI J. (red.) 1991 — *Podstawy metodyczne wykorzystania antropogenicznych złóż surowców mineralnych*. CPPGSMiE PAN, Kraków.
- GIEWOYN S. 1953 — *Wykorzystanie odpadów przy eksploatacji kamienia wapiennego w przemyśle wapiennym*. *Mat. Bud.*, 8: 112–117.
- GÓRALCZYK S., KUKIELSKA D. & TRACZYK S. 1996 — *Wykorzystanie surowców odpadowych z górnictwa i energetyki w przemyśle materiałowym budowlanych*. *Prz. Geol.*, 44: 694–700.
- GÓRECKA E., BELLOK A., SOCHA J., WNUK R. & KIBITLEWSKI S. 1994 — *Zróżnicowanie zawartości metali w odpadach flotacyjnych rud Zn–Pb (ZGH Bolesław, rej. Olkuski)*. *Prz. Geol.*, 42: 834–84
- HOLEWIŃSKI S. 1956 — *Wstępne badania starożytnych żużli hutniczych skupionych na niektórych terenach Polski*. *Arch. Hutn.*, 1: 51–282.
- KAMIENIECKAJA E. Ł., OSTROUMOW M. N., SOBOLEW C. S. & TISZIN W.W. 1990 — *Osobienności formowania i wieszczestwiennyj sostaw chwostochraniliszcz karagajlinskogo GOKa kak technogennych miastorodzieni*. [W:] *Ustowija obrazowanija i poiskowyje kriterii miastorodzieni nierudnych poleznych iskopajemych*: 77–85.
- KELLER E. A. 1992 — *Environmental geology*. Prentice Hall, New Jersey.
- KIJEWSKI P. 1998 — *Ocena miedzionośności odpadów poflotacyjnych na przykładzie osadników Wartowice i Gilów*. [W:] *Metodyka rozpoznawania i dokumentowania złóż kopalni oraz obsługi geologicznej kopalni*. Mat. VI sem. Krynica. Wyd. CPPGSM i E, PAN, Kraków: 237–244.
- KOKESZ Z. 1998 — *Dokumentowanie złóż antropogenicznych o złożonej budowie na przykładzie zwału kamienia wapiennego KZPW w Miedziance*. [W:] *Metodyka rozpoznawania i dokumentowania złóż kopalni oraz obsługi geologicznej kopalni*. Mat. VI sem. Krynica. Wyd. CPPGSM i E PAN, Kraków: 221–235.
- KOKESZ Z. & MUCHA J. 1996 — *Dokumentowanie złóż antropogenicznych na przykładzie zwału kamienia wapiennego KCW Kujawy — złożo Bielawy*. *Górn. Odkrywk.*, 38: 65–77.
- KOKESZ Z., NIEĆ M., RAAJCZAK T. & UBERMAN R. 1998 — *Określenie możliwości udokumentowania zwału KizWK Bukowa Góra jako złoża antropogenicznego*. *Arch. Kat. Geol. Kop.* AGH, Kraków.
- KOMINOWSKI K., FISZER J., GLAPA W. & ŚLUSARCZYK S. 1997 — *Nagromadzenie poflotacyjnych mułów węglowych udokumentowanym złożem antropogenicznym*. *Górn. Odkrywk.*, 39: 60–68.
- KOZIOŁ W. & UBERMAN R. 1996 — *Możliwości i warunki zagospodarowania odpadów z górnictwa i energetyki w drogownictwie, zwłaszcza do budowy autostrad i dróg ekspresowych*. *Prz. Geol.*, 44: 701–709.
- KOZŁOWSKI S. 1996 — *Gospodarka mineralnymi surowcami odpadowymi*. *Prz. Geol.*, 44: 692–693.
- KUSZNERUK C. 1994 — *Złożo wtórne kredy jeziornej na wierzchowinie zwałowiska wewnętrznego KWB Bełchatów*. *Prz. Geol.*, 42: 667–668.
- LOTTERMOSER B. G. 1995 — *Man-made noble metal deposits*. [W:] *Pasava, Kribek, Žak* (eds). *Mineral Deposits*. Balkema, Rotterdam: 769–772.
- NEUMANN-MAHLKAU P. 1996 — *Anthropogenic material flow — a geologic factor*. 30-th IGC Abstracts, Beijing, 1: 1–44.
- NEY R., BERGER J., CZAJKA K., MROZEK Z. & NOWAK E. 1998 — *Odgazowanie składowisk a odgazowanie kopalni. Nowe zastosowanie technologii stosowanej od 30 lat w kopalniach*. [W:] *Budowa bezpiecznych składowisk odpadów*. VIII Międzynarod. Konf. Wisła. Wyd. OBRYS, Poznań.
- NIEĆ M. 1990 — *Geologiczna obsługa zwałów i osadników*. *Geologia kopalniana*. Wyd. Geol.: 474–477.
- NIEĆ M. 1994 — *Kopaliny towarzyszące*. *Prz. Geol.*, 42: 330–334.
- NIEĆ M. 1997 — *Działalność Komisji Zasobów Kopalni w 1995 i 1996 r.* *Prz. Geol.*, 45: 548–551, 639.
- NIEĆ M. & UBERMAN R. 1995 — *Zwały jako antropogeniczne złoża wtórne*. *Gosp. Sur. Miner.*, 11: 395–402.
- NIEĆ M. & UBERMAN R. 1996 — *Antropogeniczne złoża surowców mineralnych — nowe spojrzenie na zwały niektórych odpadów przemysłu górniczego*. [W:] *Technika i technologia w ochronie środowiska*. I Forum Inżynierii Ekologicznej, Lublin–Nałęczów: 437–456.
- RATAJCZAK T. 1998 — *Hałdy po górnictwie rud żelaza w rejonie częstochowskim. Stan aktualny i możliwości zagospodarowania*. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków, 92.
- SIUTA J. (red.) 1993 — *Jednolita klasyfikacja odpadów*. *Inst. Ochrony Środ.*, Warszawa.
- SOKÓŁ W. & TABOR A. 1996 — *Problemy agospodarowania odpadów powęglowych z górnictwa węgla kamiennego w Polsce*. *Prz. Geol.*, 44: 710–715.
- SROGA C. 1997 — *Mapa mineralnych surowców odpadowych Sudetów i Przedgórze Sudeckiego 1 : 200 000*. PIG, Warszawa.
- SZCZEŚNIAK H. 1990a — *Zagrożenia środowiska przyrodniczego w wyniku nagromadzenia odpadów*. CPBP 04.10 Ochrona i kształtowanie środowiska przyrodniczego, 18, Wyd. SGGW-AR.
- SZCZEŚNIAK H. (red.) 1990b — *Mapa mineralnych surowców odpadowych na tle obszarów chronionych*. CPBP 04.10 Ochrona i kształtowanie środowiska przyrodniczego, Wyd. SGGW-AR, 46.
- SZTABA K. 1996 — *Warunki zagospodarowania surowców wtórnych i odpadowych oraz kryteria doboru technologii przetwarzania*. [W:] *Gospodarka mineralnymi surowcami odpadowymi a górnictwa i energetyki*. IMMB, Kraków–Przeroga: 69–80.
- TAKUSKI S. 1961 — *Złoża wapieni w Ghanie*. *Prz. Geol.*, 9: 554–556.
- WERNADSKIJ W. I. 1977 — *Nauczna myśl jak planetnoje jawlenie*. *Izd. Nauka*, Moskwa.
- WIŚNIEWSKI W. 1996 — *Koncepcja określenia właściwości kredy jeziornej w antropogenicznym złożu na wschodnim składowisku kopalni towarzyszących w KWB Bełchatów*. *Górn. Odkrywk.*, 38: 138–143.
- WOJCIECHOWSKI A. 1994 — *Rozpoznanie i dokumentowanie zasobów złota w osadnikach szlamów arsenowych i odpadów poeksploatacyjnych kopalni kruszywa naturalnego*. *Górn. Odkrywk.*, 36: 99–111.
- Wytyczne** dokumentowania złóż kopalni stałych w kategoriach D1 do A. Komisja Zasobów Kopalni. MOŚZNIŁ, Warszawa, 1991.
- ZEMŁA J., MUCHAJ J. & NIEĆ M. 1994 — *Zastosowanie krigingu do szacowania zasobów ziem rzadkich w zwałie fosfogipsu*. *Górn. Odkrywk.*, 36: 112–119.