

CHARAKTERYSTYKA WŁAŚCIWOŚCI GRUNTÓW SERPENTYNYTOWYCH NA ZWAŁOWISKACH KOPALNI NASŁAWICE W KONTEKŚCIE ICH REKULTYWACJI

CEZARY KABAŁA, TOMASZ SZLACHTA

Institut Gleboznawstwa i Ochrony Środowiska Rolniczego, Akademia Rolnicza we Wrocławiu,
ul. Grunwaldzka 53, 50-357 Wrocław

Keywords: serpentine, heavy metals, dumps, reclamation.

Komunikat

CHARACTERISTIC OF THE PROPERTIES OF SERPENTINE SOILS ON THE NASŁAWICE QUARRY DUMPS IN THE CONTEXT OF THEIR RECLAMATION

Twelve samples of serpentine wastes and two samples of loamy cap-rock were characterized. Neutral or alkalic reaction, very high content of plant-available magnesium, and very low content of the available phosphorus and potassium are typical for waste samples. Among heavy metals investigated, chromium and nickel occur in the highest amounts (up to 760 and 4130 mg/kg, respectively), potentially toxic to plants. Chrysotile asbestos was also found in the wastes. An occurrence of asbestos and the unfavourable chemical properties of the wastes require covering them with the quaternary loam, which occurs as the cap-rock of a Nasławice quarry. The loam cover can protect the surrounding areas against the emission from the dumps, and provides better growth conditions of plants introduced during the dump reclamation.

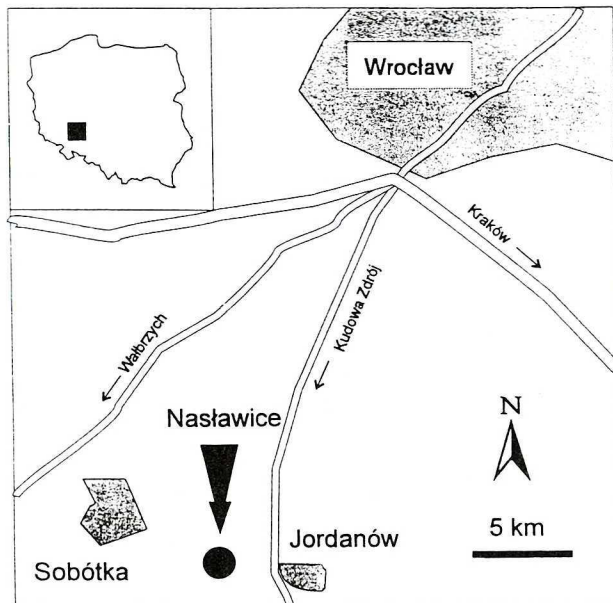
Streszczenie

Charakterystyką objęto 12 próbek zwałowanych odpadów serpentynitowych oraz 2 próbki gliniastego nadkładu. Próbki odpadów odznaczają się obojętnym i alkalicznym odczynem, bardzo wysoką zawartością przyswajalnego magnezu, natomiast bardzo niską – przyswajalnego fosforu i potasu. Spośród badanych metali ciężkich, chrom i nikiel występują w największych ilościach (odpowiednio do 760 i 4130 mg/kg), potencjalnie toksycznych dla roślin. W odpadach stwierdzono również występowanie azbestu chryzotylowego. Obecność azbestu oraz niekorzystne właściwości chemiczne powodują konieczność przykrycia odpadów serpentynitowych warstwą czwartorzędowych glin występujących w nadkładzie złoża. Warstwa taka zabezpieczy sąsiadujące tereny przed emisją ze zwałowisk oraz stworzy korzystniejsze warunki wegetacji roślinności wprowadzonej w trakcie rekultywacji.

WPROWADZENIE

Skały serpentynitowe są utworami metamorficznymi występującymi w Polsce jedynie na niewielkich powierzchniach na Dolnym Śląsku (Masyw Ślęży, rejon Ząbkowic Śląskich). W ich składzie dominują włókniste minerały serpentynowe reprezentowane przez antygoryt, chryzotyl, rzadziej serpoftit i lizardyt. W ich tle spotyka się magnetyt, skupienia amfiboli, węglanów, chlorytu oraz chromitu [7]. W składzie chemicznym serpentynitu z Nasławic zwraca uwagę wysoki udział MgO (ok. 37%) i Fe_2O_3 (9%), niski natomiast CaO (ok. 1%), Al_2O_3 (ok. 2%) oraz SiO_2 – do 40% [7, 13]. Charakterystyczna dla tych skał jest duża zawartość metali ciężkich, głównie Ni, Cr i Co, co powodowało, że w przeszłości eksploatowano je niekiedy jako rudy metali (Szklary Śląskie). Obecnie serpentynit wydobywany w rejonie Nasławic służy jako surowiec do produkcji kamienia i kruszyw łamanych w drogownictwie. W wyniku mielenia skał dla pozyskania określonych frakcji (4–63 mm) na hałdy w całości trafia materiał drobniejszy, stanowiący 10–35% całości wydobywania [13]. Złoże serpentynitu zalega pod warstwą glin czwartorzędowych, o miąższości od 0,1 do 15,6 m, oraz serpentynitu zwietrzałego, o grubości od 2 do 4,9 m. Stosunek nadkład/złoże określono na 0,1 [13].

Hałdy odpadów serpentynitowych stanowią zagrożenie dla terenów sąsiadujących, gdyż w wyniku erozji wodnej lub wietrznej może dochodzić do zanieczyszczenia gleb oraz roślin uprawnych. Wskutek pylenia zwałowiska te mogą również stanowić bezpośrednie zagrożenie dla zdrowia ludzi [1, 2, 8].



Rys. 1. Lokalizacja obiektu badań
Situation of the investigation area

Celem podjętych badań były charakterystyka niektórych właściwości odpadów serpentynitowych kopalni Nasławice w kontekście możliwości ich rekultywacji i zagospodarowania biologicznego.

CHARAKTERYSTYKA OBIEKTU I METOD BADAWCZYCH

Kopalnia serpentynitu Nasławice położona jest w północnej części Wzgórz Nasławickich w masywie serpentynitowym Gogołów – Jordanów, administracyjnie przynależąc do gminy Sobótka w woj. dolnośląskim. Próbki do analiz laboratoryjnych pobrano w czerwcu 1998 roku z następujących obiektów:

- zwałowisko świeżych odpadów, nie rekultywowane (próbka 1),
- zwałowisko kilkuletnie, nie rekultywowane (próbki 2–4),
- zwałowisko częściowo zredukowane technicznie i biologicznie: środkowa część wierzchowiny (próbki 5–6), zachodnia część wierzchowiny (próbki 7–9), podnóże skarpy (próbki 10–12),
- hałda czwartorzędowego nadkładu (próbki 13–14).

Próbki pobierano z warstwy powierzchniowej oraz głębszych (Tab. 1), dla uchwycenia ewentualnych zmian zachodzących w zwałowanym materiale w miarę upływu czasu.

W pobranych próbkach oznaczono uziarnienie – metodą sitowo-areometryczną, zgodną z normą PN-R-04032, pH w wodzie destylowanej i 1 M KCl – metodą potencjometryczną [10], zawartość węgla organicznego – metodą Tiurina [10], azotu ogólnego – metodą Kjeldahla [10], zawartość przyswajalnego potasu i fosforu – metodą Egnera-Riehma oraz magnezu – metodą Schachtschabela [9], „całkowitą” zawartość Pb, Zn, Cu, Ni i Cr – techniką atomowej spektroskopii absorpcyjnej po mineralizacji w 70% kwasie nadchlorowym [10], oraz formy rozpuszczalne niklu i chromu – techniką ASA po ekstrakcji 0,1 M HCl i 1 M NH_4NO_3 [3, 6]. Zastosowano również ekstrakcję „wymyennych” form wapnia, magnezu, potasu i sodu, z użyciem 0,5 M NH_4Cl [10], jednakże wobec braku w badanych utworach typowego kompleksu sorpcyjnego, należy je traktować raczej jako formy łatwo rozpuszczalne, ulegające ekstrakcji zastosowanym odczynnikami.

W próbkach świeżego materiału odpadowego wykonano ponadto oznaczenie składu mineralogicznego – metodą dyfraktometrii rentgenowskiej [12], bez poprzedniej obróbki chemicznej (usuwania tlenków żelaza).

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Skład granulometryczny gleb, tj. procentowa zawartość poszczególnych frakcji ziarnowych, determinuje nie tylko właściwości fizyczne i wodne, ale również szereg właściwości chemicznych, wpływając w rezultacie na żyzność gleb i gruntów, a także na potencjalny kierunek ich zagospodarowania. W składzie granulometrycznym badanych próbek wyróżnia się bardzo wysoki

udział frakcji szkieletowych (powyżej 2 mm średnicy), sięgający nawet do 71% masy próbki (Tab. 1). Wśród części ziemistych (<2 mm) dominują frakcje piaszczyste w materiale świeżo zwałowanym, natomiast w materiale starszym wzrasta zawartość frakcji drobniejszych. Udział łu (<0,002 mm) początkowo nie przekraczający 6–7%, z czasem (w starszym materiale) wzrasta do 9–11%, co kwalifikuje te utwory do glin piaszczystych. Uziarnienie materiału nadkładowego (próbki 13 i 14) odpowiada glinom pyłowym lub pyłom, przy zawartości frakcji ilastej od 13 do 16%.

Odczyn wszystkich analizowanych próbek jest obojętny lub alkaliczny, a wartości pH zmierzone w wodzie i w KCl są do siebie bardzo zbliżone (Tab. 1). Wartość pH zmielonych odpadów serpentynitowych waha się od 7,7 do 8,9 (w wodzie). Jedynie pH próbek glin nadkładu jest niższe od 7, w zakresie 6,1–6,4.

W świeżym materiale zwałowanym nie stwierdzono substancji organicznej (<0,1% węgla organicznego). W niewielkich ilościach występuje ona w starszych odpadach, szczególnie w warstwach powierzchniowych (0,30–1,34% Corg.) oraz w wymieszanych glinach nadkładowych (Tab. 1). Również zawartość azotu ogólnego jest niewielka w młodszym materiale odpadowym (od 0,03 do 0,08%). W powierzchniowych warstwach starszych hałd oraz w materiale nadkładowym ilość azotu z reguły przekracza 0,05%, sięgając maksymalnie 0,15%. Niska zawartość węgla organicznego oraz azotu nie sprzyja wysokiej aktywności biologicznej tych gruntów i zasiedlaniu ich przez rośliny wyższe.

Szczególnie niska zawartość przyswajalnego fosforu, przy niskiej zawartości potasu oraz bardzo wysokich ilościach magnezu przyswajalnego w odpadach serpentynitowych (Tab. 2), stwarzają nierównowagę w dostępności dla roślin poszczególnych makroelementów. Materiał nadkładowy charakteryzuje się podobnymi zawartościami przyswajalnych makroelementów (Tab. 2), co wynika ze znacznej domieszki zwietrzałego serpentynitu. W konsekwencji wymaga korygowania zasobności przez odpowiednie nawożenie mineralne (szczególnie fosforowe, połączone z azotowym) w przypadku wykorzystania nadkładu do rekultywacji powierzchni zwałowisk.

Ekstrakcja form „wymennych” (przy zastosowaniu 1 M NH_4Cl pH 8,2) potwierdza dominację magnezu nad pozostałymi kationami w formach labilnych (Tab. 2), podczas gdy w „normalnych” warunkach glebowych kationem dominującym jest wapń. Znaczna przewaga magnezu nad wapniem występuje nie tylko w odpadach serpentynitowych, ale również w materiale nadkładu, co potwierdza obecność domieszki skał podłoża.

Całkowita zawartość pierwiastków śladowych w analizowanych gruntach jest bardzo silnie zróżnicowana (Tab. 2), co w znacznym stopniu odzwierciedla specyficzny skład mineralogiczny serpentynitów. Zawartość ołowiu, mieszcząca się w wąskim przedziale od 36 do 42 mg/kg, jest znacznie wyższa od najczęstszych zawartości w skałach ultrazasadowych, jednak dość zbliżona do występującej w innych skałach magmowych. W „normalnym” środowisku glebowym (gleby gliniaste) stwierdzone zawartości ołowiu uznane by były za

Tabela 1. Skład granulometryczny oraz podstawowe właściwości chemiczne odpadów serpentynitowych i glin nadkładu kopalni Nasławice
 Texture and basic chemical properties of the serpentine wastes and quaternary cap-rocks of the Nasławice quarry

Nr próbki Sample No	Głębokość Depth [cm]	Udział frakcji granulometrycznych [%] Percentage of soil textural fractions				pH _{H₂O}	pH _{KCl}	Corg. TOC [%]	N cał. N total [%]
		> 2 mm	piasek – sand 2–0,05 mm	pył – silt 0,05–0,002	ił – clay < 0,002 mm				
1	0–10	35	81	12	7	8,1	8,0	< 0,1	0,08
2	0–10	49	88	8	4	8,9	8,9	< 0,1	0,04
3	40–50	47	89	7	4	8,3	8,3	< 0,1	0,03
4	140–150	68	84	10	6	8,1	8,1	< 0,1	0,04
5	0–10	35	82	13	5	7,8	7,7	< 0,1	0,03
6	50–60	33	77	16	6	7,8	7,6	< 0,1	0,04
7	0–3	27	74	16	9	7,7	7,5	1,34	0,15
8	3–15	40	73	17	11	7,7	7,5	0,30	0,08
9	50–60	60	66	23	11	7,8	7,5	0,41	0,05
10	0–10	52	70	21	9	7,9	7,5	0,46	0,03
11	50–60	65	69	22	9	7,9	7,7	0,34	0,03
12	110–120	71	70	21	9	8,0	7,8	0,56	0,06
13	30–40	30	38	46	16	6,4	5,7	0,67	0,08
14	300–350	32	37	50	13	6,1	5,5	0,84	0,10

Tabela 2. Formy przyswajalne K, P i Mg oraz formy „wymienne” Ca, Mg, K i Na w odpadach serpentynitowych i glinach nadkładu kopalni Nasławice
Available forms of K, P and Mg, and „exchangeable” forms of Ca, Mg, K and Na of the serpentine wastes and quaternary cap-rocks of the Nasławice quarry

Nr próbki Sample No	Głębokość Depth [cm]	Formy rozpuszczalne w 1 M NH ₄ Cl, pH 8,2 Extractable forms in 1 M NH ₄ Cl, pH 8,2 [cmol(+) kg ⁻¹ gleby] [cmol(+) kg ⁻¹ of soil]				Formy przyswajalne [mg/kg gleby] Soluble forms [mg/kg of soil]		
		Ca	Mg	K	Na	K	P	Mg
1	0–10	7,3	23,8	0,15	0,16	22,2	0,7	581
2	0–10	6,5	23,6	0,14	0,16	41,5	0,0	382
3	40–50	7,1	20,0	0,14	0,14	22,2	1,4	232
4	140–150	7,7	19,9	0,18	0,18	38,5	1,2	355
5	0–10	7,7	21,4	0,17	0,17	18,9	1,2	445
6	50–60	6,7	20,8	0,17	0,20	38,5	0,7	647
7	0–3	7,4	20,8	0,62	0,20	58,2	1,4	592
8	3–15	7,5	23,6	0,51	0,16	39,8	0,2	646
9	50–60	7,5	23,1	0,23	0,15	29,5	0,6	652
10	0–10	6,9	8,2	0,28	0,19	38,5	0,0	514
11	50–60	7,4	9,1	0,18	0,32	19,3	2,2	350
12	110–120	7,5	9,9	0,17	0,31	29,5	2,2	457
13	30–40	6,9	20,4	0,37	0,23	31,2	1,2	527
14	300–350	6,3	22,0	0,39	0,20	24,2	0,2	564

niskie lub średnio wysokie, nie stwarzające zagrożenia dla wzrostu roślin [4, 5]. Całkowita zawartość cynku w badanych gruntach serpentynitowych (35–54 mg Zn/kg) zbliżona jest do typowej koncentracji tego pierwiastka w skałach ultrazasadowych oraz magmowych. Podobne zawartości cynku w gliniastych glebach ornych Polski uznawane są za niskie, nie obniżające jakości i wielkości plonu roślin [4]. Analogiczną sytuację stwierdzono w przypadku miedzi, której zawartości w badanych gruntach (w przedziale od 13 do 27 mg/kg) zbliżone są do występujących w nie zanieczyszczonych uprawnych glebach gliniastych Polski. Koncentracja Pb, Zn i Cu w odpadach serpentynitowych była ponadto zbliżona do stwierdzonej w glinach czwartorzędowego nadkładu (próbki 13, 14). Podane ilości cynku, ołowiu i miedzi nie są toksyczne i nie powinny stanowić utrudnienia w procesach biologicznego zagospodarowania.

Bardzo wysoka całkowita zawartość chromu, w przedziale od 415 do 760 mg/kg, wynika z częstej obecności chromitu w skałach serpentynitowych [8]. Spośród analizowanych metali ciężkich w największych ilościach w badanych gruntach występuje nikiel (od 3280 do 4130 mg/kg). Zaobserwowano wyraźny wzrost ilości niklu i chromu w starszych hałdach w porównaniu ze świeżo zwałowanymi, co świadczy o stałym ich uwalnianiu w trakcie wietrzenia chemicznego minerałów pierwotnych. Odniesienie stwierdzonych zawartości chromu i niklu do wytycznych obowiązujących dla gleb ornych Polski [5] spowodowałoby konieczność zaliczenia tych gruntów do silnie i bardzo silnie zanieczyszczonych (stopnie od III do V). Taka interpretacja nie jest oczywiście możliwa ze względu na odmienny charakter gleb, dla których opracowano wspomniane wytyczne. Poza tym, wysokie zawartości chromu i niklu w gruntach serpentynitowych mają naturalne przyczyny, a nie są skutkiem antropogenicznego zanieczyszczenia. Jednakże użycie wytycznych IUNG [5] jednoznacznie wskazuje na potencjalne niebezpieczeństwo toksycznego oddziaływania tych pierwiastków na roślinność. Zawartość obydwu metali w glinach nadkładu (do 217 mg Cr/kg i do 520 mg Ni/kg), choć znacznie niższa niż w zmielonych odpadach serpentynitowych, znacznie przewyższa ilości normalnie występujące w glebach. Może to być skutkiem znacznego wymieszania czwartorzędowego nadkładu ze skałami podłoża.

Analiza „przyswajalnych” form metali została wykonana dla niklu ze względu na szczególnie wysokie zawartości tego pierwiastka. Zalecany przez Gembarzewskiego i Korzeniowską [3] kwas solny uwalniał od 60 do 307 mg Ni/kg odpadów serpentynitowych i od 34 do 40 mg/kg w glinach nadkładu. Choć uwolnione ilości stanowią jedynie 1,7–7,7% całkowitej zawartości niklu (Tab. 3), to w wartościach bezwzględnych wydają się bardzo wysokie. Znacznie słabszy roztwór azotanu amonowego ekstrahował od 1,4 do 10,3 mg Ni/kg, tj. od 0,04 do 1,90 całkowitej zawartości tego pierwiastka (średnio 30 razy mniej niż 0,1 M HCl). Ilości te w dalszym ciągu mogą być uważane za wysokie, gdyż dorównują niekiedy całkowitym granicznym zawartościom niklu w glebach nie zanieczyszczonych [5].

Tabela 3. Całkowita zawartość oraz formy mobilne metali ciężkich w odpadach serpentynitowych i glinach nadkładu kopalni Nasławice
Total contents and mobile forms of heavy metals in the serpentine wastes and quaternary cap-rocks of the Nasławice quarry

Nr próbki Sample No	Głębokość Depth [cm]	Całkowita zawartość [mg/kg gleby] Total content [mg/kg of soil]					Formy rozpuszczalne niklu (Nir) w: Soluble forms of nickel (Nir) in:			
		Pb _c	Zn _c	Cu _c	Ni _c	Cr _c	HCl*)		NH ₄ NO ₃ ***)	
							mg/kg	%****)	mg/kg	%
1	0–10	38	36	13	3520	415	60	1,7	5,2	0,15
2	0–10	40	37	25	3280	435	175	5,3	6,1	0,27
3	40–50	36	35	27	3340	577	69	2,1	6,3	0,18
4	140–150	39	44	22	3460	380	111	3,2	1,4	0,04
5	0–10	37	45	21	4130	617	307	7,4	4,3	0,10
6	50–60	41	49	21	4080	697	229	5,9	3,4	0,20
7	0–3	37	54	25	3750	760	223	6,4	7,7	0,19
8	3–15	34	48	21	3480	570	223	6,3	6,8	0,09
9	50–60	36	50	25	4080	742	256	6,3	3,6	0,09
10	0–10	42	47	17	3620	722	194	5,3	3,7	0,10
11	50–60	42	47	23	3670	687	169	4,6	4,3	0,12
12	110–120	42	49	21	3930	705	160	4,1	7,1	0,18
13	30–40	28	43	18	520	195	34	6,6	10,3	1,90
14	300–350	36	44	17	515	217	40	7,7	8,9	1,70

Objaśnienia – Explanations:

*) 0,1 M HCl;

**) 1 M NH₄NO₃;

***) Udział form rozpuszczalnych w całkowitej zawartości metalu – Percentage of soluble forms in total content of metal: $(Ni_r \times 100)/Ni_c$

Analizę mineralogiczną w próbce świeżego materiału odpadowego (próbka 1) wykonano w celu stwierdzenia obecności minerałów włóknistych (azbestu), stwarzających zagrożenie dla zdrowia ludzi w przypadku pylenia ze składowisk. W próbce przebadanej metodą dyfraktometrii rentgenowskiej zidentyfikowano azbest chryzotylowy, charakteryzujący się ostrymi liniami dyfrakcyjnymi 0,71 i 0,36 nm. Sądząc po ich intensywności, można wnioskować o dużej zawartości minerałów włóknistych. Analiza pozwoliła ponadto stwierdzić występowanie innych minerałów: chlorytu, hematytu, biotyту, oliwinów i amfiboli. Nie stwierdzono natomiast wtórnych minerałów ilastych. Obecność azbestu na roślinach oraz w glebach terenów otaczających kopalnię i zakład przerobczy w Nasławicach, stwierdzona już przez Chodaka i Bogdę [1] oraz Czubę i in. [2], wskazuje na realną możliwość rozprzestrzeniania się minerałów włóknistych z nie zabezpieczonych składowisk odpadów serpentynitowych.

PODSUMOWANIE

Przy ocenie warunków rekultywacji materiałów zwałowanych na hałdach, należy brać pod uwagę nie tylko ich przydatność do bezpośredniego zagospodarowania, ale również skutki oddziaływania na środowisko. Odpady serpentynitowe charakteryzują się wadliwymi właściwościami chemicznymi (wysokie pH, wysoka zawartość magnezu, a niska fosforu) oraz wysoką zawartością niklu i chromu, co negatywnie wpływa na warunki wegetacji roślinności. Ze względu na obecność azbestu i możliwość pylenia na tereny sąsiadujące, bezpośrednie zagospodarowanie biologiczne nie jest jednakże możliwe. Hałdy powinny zostać przykryte warstwą utworów czwartorzędowych (nadkładu) o korzystniejszych właściwościach fizykochemicznych i nie zawierających większych ilości minerałów włóknistych. Na podstawie tzw. liczb bonitacyjnych wg Skawiny, wyznaczonych dla glin nadkładu, można je zaliczyć do klasy B, tj. do gruntów przydatnych do rekultywacji rolnej po ulepszeniu lub do rekultywacji leśnej [11].

LITERATURA

- [1] Chodak T., A. Bogda: *Zawartość azbestu w glebach przyległych do kruszarni serpentynitów*, Krajowa Konferencja „Geologiczne aspekty ochrony środowiska”, AGH Kraków, 1991, 103–107.
- [2] Czuba R., E. Andruszczak, T. Chodak, A. Bogda, S. Strączyński: *Wpływ kopalni „Nasławice” na zanieczyszczenie metalami i minerałami włóknistymi gleb i roślin uprawnych*, Medycyna Pracy, 43, 227–234 (1994).
- [3] Gembarzewski H., J. Korzeniowska: *Wybór metody ekstrakcji mikroelementów z gleby i opracowanie liczb granicznych przy użyciu regresji wielokrotnej*, Zesz. Problem. Post. Nauk Roln., 434, 353–364 (1996).
- [4] Kabata-Pendias A., H. Pendias: *Biogeochemia pierwiastków śladowych*, PWN, Warszawa 1999.
- [5] Kabata-Pendias A., M. Piotrowska: *Podstawy oceny chemicznego zanieczyszczenia gleb. Metale ciężkie, siarka i WWA*, Biblioteka Monitoringu Środowiska, PIOŚ, JUNG, Warszawa 1985.

- [6] Karczewska A., L. Szerszeń, C. Kabała: *Forms of selected heavy metals and their transformation in soils polluted by the emissions from copper smelters*, *Advances in GeoEcology* 31, 705–712 (1998).
- [7] Kozłowski S.: *Surowce skalne Polski*, Wyd. Geologiczne, Warszawa 1986.
- [8] Obmiński A.: *Odpady azbestowe*, Szkoła Gospodarki Odpadami, Rytno'97. AGH–PAN, 285–308.
- [9] Obojski J., S. Strączyński: *Odczyn i zasobność gleb w makro- i mikroelementy*, IUNG, Puławy 1995.
- [10] Ostrowska A., S. Gawliński, Z. Szczubiałka: *Metody analizy i oceny właściwości gleb i roślin*, IOŚ, Warszawa 1991.
- [11] Skawina T., M. Trafas: *Kryteria przydatności gruntów do rekultywacji*, XIX Ogólnopolski Zjazd Naukowy PTG – Ochrona Środowiska Glebowego, Kraków–Katowice–Puławy, 1972, 347–357.
- [12] Tan K.H.: *Soil sampling, preparation and analysis*, Marcel Dekker Inc., New York–Basel–Hong Kong 1996.
- [13] Wysocki W.: *Projekt techniczny zabezpieczenia terenów przyległych do Kopalni Serpentytynu Nasławice przed imisją produktów erozji wodnej i wietrznej z wyrobisk eksploatacyjnych i zakładu przerobczego*, ZPUT Spamex, Wrocław 1995 (maszynopis).

Wpłynęło: 9 sierpnia 2000, zaakceptowano do druku: 3 listopada 2000.