

Katedra Gleboznawstwa i Chemii Rolniczej, Instytut Agronomii
Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach, ul. Prusa 14, 08-110 Siedlce
e-mail: bsymanowicz@uph.edu.pl

BARBARA SYMANOWICZ, STANISŁAW KALEMBASA,
DAWID JAREMKO, MATEUSZ NIEDBAŁA

Polskie odpadowe węgle brunatne – potencjalne źródło składników pokarmowych roślin

Polish brown coals waste – potential source of plants nutrients

Streszczenie. Celem badań była ocena składu chemicznego polskich odpadowych węgla brunatnych jako źródła składników pokarmowych dla roślin. Analizowano węgle brunatne o niskiej wartości energetycznej. Całkowitą zawartość węgla i azotu w materiałach odpadowych oznaczono, wykorzystując autoanalyzer analizy elementarnej CHNS/O firmy Perkin Elmer. Analizę pozostałych pierwiastków wykonano na spektrofotometrze emisyjnym z plazmą wzbudzaną indukcyjnie (ICP-AES). Zróżnicowany skład chemiczny odpadowych węgla brunatnych był spowodowany rodzajem i pochodzeniem odkrywki węglowej oraz głębokością i miąższością zbieranych nadkładów. W analizowanych materiałach odpadowych oznaczono najwięcej węgla, wapnia, siarki i magnezu, spośród mikroelementów – najwięcej żelaza, manganu i boru, a z pierwiastków śladowych – najwięcej glinu i tytanu. Na podstawie wykonanych analiz składu chemicznego odpadowych węgla brunatnych można je polecać do bezpośredniego lub pośredniego rolniczego wykorzystania.

Słowa kluczowe: odpadowe węgle brunatne, makroelementy, mikroelementy, pierwiastki śladowe, metale ciężkie

WSTĘP

Istotnym problemem dla ochrony środowiska jest właściwe i racjonalne zagospodarowanie dużych ilości nadkładów węgla brunatnego odmian ziemistych o niskiej wartości energetycznej, które zakwalifikowane są do odpadów. W pięciu polskich kopalniach węgla brunatnego przy rocznym wydobyciu węgla brunatnego wynoszącym 62 mln ton ilość zbieranych nadkładów odpadowego węgla brunatnego wynosi 397 mln m³ [Bieliński i in. 1999]. Są one najczęściej wykorzystywane do rekultywacji wyrobisk terenów odkrywkowych. Odpadowe węgle brunatne stosowane są również w produkcji roślinnej w różnych formach [Kalembasa i Tengler 2004, Maciejewska i Kwiatkowska 2002]. Do celów nawozowych wykorzystywany jest węgiel odpadowy, tzw. pospółka,

o rozdrobnieniu cząstek poniżej 1 mm, jak również węgiel rozdrobniony do frakcji 8 mm. Korzystne działanie węgla brunatnego na glebę może być bezpośrednie [Maciejewska 2003], czyli wynikające z zawartości pierwiastków nawozowych i składników grupowych, lub pośrednie – wynikające z właściwości fizycznych węgla brunatnego [Maciejewska 1998]. Stosowanie surowego odpadowego węgla brunatnego w nawożeniu roślin w zalecanych dawkach (nawet do $40 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) ma znaczenie lokalne ze względu na wysokie koszty transportu. Węgłe brunatne odmian ziemistych są również wykorzystywane jako surowiec do produkcji nawozów organiczno-mineralnych, które znajdują szersze zastosowanie. Na bazie węgla brunatnego KWB „Konin” produkuje Rekulter przeznaczony do rekultywacji gleb wadliwych (zbyt lekkich lub zbyt ciężkich, a także zdewastowanych przez przemysł) oraz Plonofoskę J i W odkwaszającą gleby i umożliwiającą dobry wzrost roślin na glebach słabych. Kopalnia Węgla Brunatnego „Bełchatów”, wykorzystując występującą w złożu kredę jeziorną, produkuje Eko-calcium magnezowany (węgiel brunatny + magnezyt), Immobil WK-2 magnezowany, Ekomin B i Eko-lignite. Na bazie odpadowego węgla brunatnego ze złóż sieniawskich produkowany jest Humidol.

Celem badań było oznaczenie zawartości makroelementów, mikroelementów, pierwiastków śladowych i metali ciężkich w odpadowych węglach brunatnych pochodzących z polskich kopalni węgla brunatnych.

MATERIAŁ I METODY

Odpadowe węgle brunatne wykorzystane do badań pochodziły z nadkładów z pięciu kopalni (Konin, Adamów, Bełchatów, Turów, Sieniawa). Próbkę do badań chemicznych pobierano z hałd nadkładowych w pobliżu odkrywek węgla brunatnego. Z poszczególnych hałd za pomocą laski glebowej pobierano po kilkanaście pojedynczych próbek o masie ok. 1,5 kg każda. Następnie połączono je w jedną próbkę zbiorczą. Po dokładnym wymieszaniu pobierano jedną próbkę średnią o masie 1 kg. W ten sposób uzyskano pięć próbek do analiz. Następnie próbki odpadowych węgli brunatnych wysuszone w temp. 105°C i dokładnie rozdrobniono do średnicy poniżej 0,5 mm. Oznaczenia poszczególnych pierwiastków wykonywano w pięciu powtórzeniach. Całkowitą zawartość węgla i azotu oznaczono „na sucho” w niewielkich naważkach próbek (ok. 40 mg), w temp. $1020\text{--}1800^{\circ}\text{C}$, przy wykorzystaniu autoanalyzera analizy elementarnej CHNS/O firmy Perkin Elmer [Dziadowiec i Gonet 1999].

Zawartość pozostałych pierwiastków oznaczono metodą ICP-AES na spektrofotometrze emisyjnym z plazmą wzbudzaną indukcyjnie [Szczepaniak 2005] w roztworach analitycznych, które uzyskano po mineralizacji w piecu muflowym nastawionym na postępujące zwiększanie temperatury do 450°C . Po całkowitym utlenieniu organicznych związków w badanych próbkach popiół zawarty w tyglu zalano 5 cm^3 HCl (1 : 1) w celu rozłożenia węglanów, wydzielenia krzemionki oraz uzyskania anionów kwasów nieorganicznych i chlorków badanych kationów. Nadmiar kwasu HCl odparowano na łaźni piaskowej do sucha. Zawartość tygla powtórnie zalano 10 cm^3 HCl (10%) i uzyskany roztwór przeniesiono do kolby miarowej o pojemności 100 cm^3 przez twardy sącdek w celu oddzielenia krzemionki. Zawartość na sączku trzykrotnie przemyto rozcieńczonym HCl, a zawartość kolby uzupełniono do kreski, uzyskując roztwór analityczny.

WYNIKI I DYSKUSJA

Odpadowy węgiel brunatny dzięki swoim właściwościom fizycznym i rozwiniętemu układowi porowatemu przyczynia się do zwiększania współczynników wykorzystania składników z nawozów mineralnych [Kalembasa i Tengler 2004; Maciejewska 1998, 2003] oraz skutecznie osłabia gwałtowne działanie rzędowego nawożenia mineralnego (stosowanego razem z wysiewem nasion lub ziarna) [Maciejewska i Kwiatkowska 2002].

Ustabilizowany skład chemiczny odpadowych węgli brunatnych z poszczególnych kopalni węgla brunatnego wskazuje na duże możliwości ich wykorzystania w nawożeniu roślin i ochronie środowiska (tab. 1, 2, 3a, 3b). W tabeli 1 oznaczono i przedstawiono siedem makroelementów (węgiel, azot, fosfor, potas, wapń, magnez, siarka) w badanych próbkach. Analizowane węgle zawierały od 260 do 541 g · kg⁻¹ s.m. węgla całkowitego i od 4 do 5 g · kg⁻¹ s.m. azotu (tab. 1). Szeroki stosunek C : N = 76 : 1 wskazuje na dużą trwałość i odporność związków węgla i azotu na rozkład mikrobiologiczny, a tym samym ograniczenie wymywania innych składników nawozowych w głąb profilu glebowego. Na występowanie w odpadowych węglach brunatnych azotu i węgla w stabilnych połączeniach próchnicznych wskazują badania Kalembasy i in. [2001] oraz Symanowicz i Kalembasy [2001], w których analizowano frakcje azotu w kwaśnych wyciągach, oraz węgla i azotu w alkalicznych wyciągach z węgli brunatnych. Kalembasa i Becher [2012], analizując podłoże po uprawie pieczarki, jako organiczny materiał odpadowy oznaczyli o około 25% mniej węgla całkowitego i 4-krotnie więcej azotu całkowitego w porównaniu z odpadowymi węglami brunatnymi. Również Gondek [2007] oznaczył znacznie mniejsze ilości węgla i azotu w kompostach uzyskanych na bazie odpadowych osadów ściekowych i odpadów komunalnych. Zawartość pozostałych makroelementów w analizowanych materiałach była zróżnicowana w zakresie od 0,06 g · kg⁻¹ s.m. (średnia zawartość fosforu dla wszystkich odpadowych węgli) do 17,98 g · kg⁻¹ s.m. (średnia zawartość wapnia dla wszystkich odpadowych węgli). Duża zawartość wapnia i magnezu w analizowanych materiałach wskazuje na możliwość ich wykorzystania do odkwaszania gleb. Mazur i Mokra [2009], analizując nawozy naturalne, oznaczyli w oborniku mniejsze ilości wapnia, magnezu i siarki (Ca – 3,6; Mg – 1,3; S – 2,0 g · kg⁻¹ s.m.). Znaczne różnice w zawartości węgla, wapnia i potasu w poszczególnych materiałach odpadowych wynikają głównie z głębokości i miąższości zbieranych nadkładów oraz rodzaju i pochodzenia odkrywki. Zawartość makroelementów można przedstawić w szeregu malejącym: C > Ca > S > N > Mg > K > P.

W odpadowych węglach brunatnych stwierdzono zróżnicowaną zawartość mikroelementów: boru, cynku, miedzi, manganu, molibdenu, niklu i żelaza (tab. 2). Można je przedstawić w szeregu malejącej zawartości Fe > Mn > B > Zn > Cu > Ni > Mo. Znaczące zawartości mikroelementów niezbędnych w żywieniu roślin [Jamroz i in. 2001] oznaczone w analizowanych materiałach mogą być wykorzystane w nawożeniu roślin jako dodatkowe źródło tych składników. Oznaczona zawartość żelaza, manganu, cynku, miedzi i niklu w badanych materiałach odpadowych kształtowała się na zbliżonym poziomie do zawartości tych pierwiastków oznaczonych w oborniku [Maćkowiak i Żebrowski 2000]. Niewielkie zawartości Cu (5,7 i 7,0 mg · kg⁻¹ s.m.) i Zn (5,8 i 56,2 mg · kg⁻¹ s.m.) wykazane w odpadowych węglach brunatnych z Konina i Sieniawy wykorzystanych w nawożeniu życicy wielokwiatowej [Symanowicz i Kalembasa 2012] nie miały ujemnego wpływu na zawartość tych pierwiastków w roślinie testowej.

Tabela 1. Zawartość makroelementów w polskich odpadowych węglach brunatnych
Table 1. The content of macroelements in the Polish waste brown coals

Kopalnie węgla brunatnego Brown coal mines	Makroelementy ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.) Macroelements ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ d.m.)						
	C	N	P	K	Ca	Mg	S
Konin	366	4,0	0,032	0,272	13,361	2,919	3,901
Minimum	349	3,8	0,023	0,193	13,086	2,853	3,777
Maximum	385	4,5	0,032	0,272	13,380	2,929	3,899
Adamów	321	4,0	0,041	0,301	25,112	2,580	6,743
Minimum	318	3,6	0,021	0,235	23,262	1,129	5,192
Maximum	341	4,4	0,045	0,301	25,250	2,650	6,949
Bełchatów	267	5,0	0,044	0,195	24,651	3,113	6,764
Minimum	253	4,8	0,034	0,180	20,266	1,763	6,615
Maximum	269	5,2	0,048	0,198	24,898	3,211	6,869
Turów	541	5,0	0,043	0,192	20,814	2,560	7,431
Minimum	538	4,6	0,023	0,175	18,962	1,042	7,400
Maximum	557	5,4	0,041	0,198	20,984	2,558	7,521
Sieniawa	260	5,0	0,144	1,023	5,994	0,430	5,992
Minimum	254	4,7	0,140	1,022	5,428	0,343	5,776
Maximum	271	5,2	0,160	1,023	5,994	0,458	5,999
Średnia Mean	351	4,6	0,061	0,397	17,986	2,320	6,166

Tabela 2. Zawartość mikroelementów w polskich odpadowych węglach brunatnych
Table 2. The content of microelements in the Polish waste brown coals

Kopalnie węgla brunatnego Brown coal mines	Mikroelementy ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.) Microelements ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ d.m.)						
	B	Zn	Cu	Mn	Mo	Ni	Fe
Konin	7,840	5,402	1,131	26,857	n.w.	2,297	986
Minimum	6,522	5,203	0,904	25,003	n.w.	2,099	985
Maximum	7,984	5,542	1,148	26,949	n.w.	2,313	987
Adamów	43,458	6,764	3,981	52,634	0,220	1,369	2182
Minimum	41,618	6,082	3,693	50,130	0,205	1,359	2001
Maximum	45,463	6,811	3,998	52,863	0,234	1,400	2188
Bełchatów	35,817	13,463	3,781	29,011	0,099	1,627	385
Minimum	35,504	11,887	3,157	26,551	0,085	1,005	381
Maximum	35,947	13,726	3,885	29,306	0,100	1,653	387
Turów	16,489	5,937	5,552	41,180	0,241	2,527	837
Minimum	16,045	5,307	4,715	40,547	0,213	2,016	808
Maximum	16,679	5,989	5,682	42,006	0,254	2,620	839
Sieniawa	6,982	25,202	1,941	48,286	n.w.	5,125	10806
Minimum	6,433	24,322	1,173	43,135	n.w.	5,044	10801
Maximum	6,999	25,431	1,989	48,488	n.w.	5,201	10810
Średnia Mean	22,117	11,354	3,277	39,594	0,112	2,589	3039

n.w. – nie wykryto

W tabelach 3a i 3b przedstawiono zawartość pierwiastków śladowych i metali ciężkich (kobaltu, sodu, litu, tytanu, baru, strontu, wanadu, selenu, cyny, arsenu, ołowiu, kadmu, chromu i glinu) w odpadowych węglach brunatnych. Zawartość kobaltu, litu i selenu w analizowanych odpadach kształtowała się na niskim poziomie, podobnie jak w badaniach Kalembasy i Wiśniewskiej [2009], w których oznaczano zawartość tych pierwiastków w materiałach organicznych różnego pochodzenia. Zawartość metali ciężkich (Pb, Cd i Cr) w badanych materiałach odpadowych mieściła się w granicach norm dopuszczających je do wykorzystania w celach rolniczych [Kabata-Pendias i Pendias 2001; Ustawa o odpadach z dnia 14 grudnia 2012 r.]. Korzystny wpływ Rekultera (nawozu na bazie węgla brunatnego) na plonowanie gorczycy i kapusty pekińskiej oraz zmniejszenie przyswajalności cynku, ołowiu i kadmu przedstawiły w swojej pracy Kwiatkowska-Malina i Maciejewska [2011]. Przed wykorzystaniem nawozowym bezpośrednim lub pośrednim (w formie nawozów organiczno-mineralnych) każda partia odpadowych węgli brunatnych powinna być przeanalizowana na zawartość składników pokarmowych. W nowoczesnych technologiach produkcji rolniczej stwierdza się obniżenie zawartości substancji organicznej w glebie, dlatego też wykorzystanie odpadowego węgla brunatnego na większą skalę będzie w przyszłości koniecznością, w aspekcie ekologii i ochrony środowiska glebowego.

Tabela 3a. Zawartość pierwiastków śladowych i metali ciężkich w polskich odpadowych węglach brunatnych

Table 3a. The content of trace elements and heavy metals in the Polish waste brown coals

Kopalnie węgla brunatnego Brown coal mines	Pierwiastki śladowe i metale ciężkie (mg · kg ⁻¹ s.m.) Trace elements and heavy metals (mg · kg ⁻¹ d.m.)							
	Co	Na	Li	Ti	Ba	Sr	V	Se
Konin	0,911	0,136	1,362	168,999	17,753	226,257	2,258	0,151
Minimum	0,875	0,126	1,123	148,062	16,665	216,063	2,013	0,115
Maximum	0,926	0,143	1,482	170,322	18,522	227,442	2,289	0,164
Adamów	0,802	0,202	1,380	172,604	16,048	87,897	3,958	n.w.
Minimum	0,773	0,132	0,799	160,079	13,193	73,675	3,328	n.w.
Maximum	0,821	0,202	1,401	174,112	17,042	89,932	4,051	n.w.
Bełchatów	0,497	0,300	0,815	97,742	14,457	40,881	4,415	0,479
Minimum	0,375	0,151	0,712	97,199	11,848	37,234	4,028	0,468
Maximum	0,498	0,326	0,900	98,832	15,082	41,531	4,506	0,491
Turów	0,997	0,163	1,653	95,139	11,990	40,585	16,439	n.w.
Minimum	0,892	0,141	1,467	78,157	10,912	40,153	15,450	n.w.
Maximum	1,093	0,168	1,688	96,342	12,430	40,893	16,893	n.w.
Sieniawa	3,602	0,323	6,216	44,325	27,942	69,713	13,033	n.w.
Minimum	3,562	0,301	6,059	35,101	25,248	68,585	12,266	n.w.
Maximum	3,673	0,363	6,308	44,542	28,453	69,998	13,542	n.w.
Średnia Mean	1,362	0,225	2,285	115,762	17,638	93,067	8,021	0,126

n.w. – nie wykryto

Tabela 3b. Zawartość pierwiastków śladowych i metali ciężkich w polskich odpadowych węglach brunatnych

Table 3b. The content of trace elements and heavy metals in the Polish waste brown coals

Kopalnie węgla brunatnego Brown coal mines	Pierwiastki śladowe i metale ciężkie (mg · kg ⁻¹ s.m.) Trace elements and heavy metals (mg · kg ⁻¹ d.m.)					
	Sn	As	Pb	Cd	Cr	Al
Konin	n.w.	n.w.	2,391	0,100	3,377	1574
Minimum	n.w.	n.w.	2,151	0,080	3,031	1488
Maximum	n.w.	n.w.	2,400	0,110	3,452	1588
Adamów	n.w.	0,380	3,460	0,060	3,962	5863
Minimum	n.w.	0,340	2,421	0,042	3,287	5819
Maximum	n.w.	0,398	3,582	0,068	3,999	5864
Bełchatów	n.w.	1,373	0,692	n.w.	0,632	192
Minimum	n.w.	1,145	0,521	n.w.	0,564	173
Maximum	n.w.	1,399	0,703	n.w.	0,685	196
Turów	n.w.	0,391	4,228	0,256	8,914	6015
Minimum	n.w.	0,360	3,688	0,206	8,362	5187
Maximum	n.w.	0,398	4,353	0,263	8,998	6028
Sieniawa	1,858	0,422	6,260	0,040	5,066	6991
Minimum	1,653	0,377	5,957	0,025	5,040	6226
Maximum	1,942	0,440	6,366	0,048	5,143	7008
Średnia Mean	0,372	0,513	3,406	0,091	4,390	4127

n.w. – nie wykryto

Dalsze badania powinny być ukierunkowane na wykorzystanie nawozów z odpadowego węgla brunatnego:

- w produkcji rolniczej prowadzonej na glebach o niskiej zawartości próchnicy,
- przy wyrównywaniu zdolności produkcyjnych gleb w obrębie pól płodozmianowych,
- podczas rekultywacji gleb zniszczonych przez przemysł i zdegradowanych,
- na glebach znajdujących się w sąsiedztwie autostrad,
- na gruntach bezglebowych.

Odpadowy węgiel brunatny ma szansę stać się cennym surowcem proekologicznym gwarantującym odrodzenie gleb zdewastowanych i zdegradowanych oraz poprawę gleb niskowartościowych, przy znacznym deficycie obornika w Polsce.

WNIOSKI

1. Badane odpadowe węgle brunatne zawierały znaczne ilości makroelementów, mikroelementów i pierwiastków śladowych. Można je wykorzystać do nawożenia gleb i roślin oraz do produkcji nawozów organiczno-mineralnych.

2. Zawartość metali ciężkich w analizowanych materiałach odpadowych nie przekraczała wartości granicznych dopuszczających do ich rolniczego wykorzystania.

PIŚMIENNICTWO

- Bielikowski K., Czaplą Z., Libicki J., Pietryszczew W., Szwarnowski A., Włodarczyk B., Wojciechowski Cz., 1999. Węgiel brunatny w Polsce. Węgiel brunatny, Expo-Chem., Warszawa, 64 ss.
- Dziadowiec H., Gonet S.S., 1999. Przewodnik metodyczny do badań materii organicznej gleb. Prace Komisji Naukowych PTG 120, Warszawa.
- Gondek K., 2007. Content of carbon, nitrogen and selected heavy metals in composts. J. Elementol. 12 (1), 13–23.
- Jamroz D., Buraczewski S., Kamiński J., 2001. Żywnienie zwierząt i paszoznawstwo, cz. 1. Fizjologiczne i biochemiczne podstawy żywienia zwierząt. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, 437 ss.
- Kabata-Pendias A., Pendias H., 2001. Trace elements in soils and plants, 3rd ed. CRC Press, Boca Raton, Fl, USA, 413 ss.
- Kalembsa D., Becher M., 2012. Speciation of carbon and selected metals in spent mushroom substrates. J. Elementol. 17(3), 409–419.
- Kalembsa D., Wiśniewska B., 2009. Aluminium, lithium and cobalt contents in organic materials of different origins. Ecol. Chem. Eng. 16 (3), 287–291.
- Kalembsa S., Symanowicz B., Pieńkowska B., 2001. Frakcje siarki i azotu w kwaśnych wyciągach z węgla brunatnych. Zesz. Prob. Post. Nauk Roln. 477, 371–380.
- Kalembsa S., Tengler Sz., 2004. Rola węgla brunatnego w nawożeniu i ochronie środowiska. Wyd. AP, Siedlce, 52 ss.
- Kwiatkowska-Malina J., Maciejewska A., 2011. Pobieranie metali ciężkich w warunkach zróżnicowanego odczynu gleb i zawartości materii organicznej. Ochr. Środ. Zasob. Nat. 49, 43–51.
- Maciejewska A., 1998. Węgiel brunatny jako źródło substancji organicznej i jego wpływ na właściwości gleby. Wyd. PW, Warszawa, 73 ss.
- Maciejewska A., 2003. Węgiel brunatny jako źródło materii organicznej w glebie. Substancje humusowe w glebach i nawozach. PTSH, Wrocław, 39–59.
- Maciejewska A., Kwiatkowska J., 2002. Wykorzystanie preparatów z węgla brunatnego do zagospodarowania gruntów pogórnicych. Acta Agrophysica 73, 243–250.
- Maćkowiak C., Żebrowski J., 2000. Skład chemiczny obornika w Polsce. Nawozy Nawoż. 4(5), 119–130.
- Mazur Z., Mokra O., 2009. Koncentracja makroelementów w nawozach naturalnych w Polsce w 2003–2005. Zesz. Prob. Post. Nauk Roln. 537, 243–247.
- Symanowicz B., Kalembsa S., 2001. Zawartość węgla i azotu w alkalicznych wyciągach z węgla brunatnych. Zesz. Prob. Post. Nauk Roln. 478, 335–341.
- Symanowicz B., Kalembsa S., 2012. Effects of brown coal, sludge, their mixtures and mineral fertilisation on copper and zinc contents in soil and Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.). Fresen. Environ. Bull. 21(4), 802–807.
- Szczepaniak W., 2005. Metody instrumentalne w analizie chemicznej. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, 165–168.
- Ustawa o odpadach z dnia 14 grudnia 2012 r. (Dz.U. z 2013 r. poz. 21).

Summary. The aim of this study was to evaluate the chemical composition of the Polish waste brown coals as a source of nutrients for plants. Brown coals characterized by a low energetic value were analyzed. The total content of carbon and nitrogen in the waste materials was determined using autoanalyzer elemental analysis CHNS/O Perkin Elmer. The analysis was performed on the remaining elements emission spectrometer with inductively coupled plasma (ICP-AES). The differentiated chemical composition of brown coals waste was caused by the type and origin of the coal pit and the depth and stand volume of the collected overlays. The greatest amounts of carbon, calcium, sulfur and magnesium were determined in the analyzed materials while the microelements mostly included iron, manganese and boron and trace elements comprised mostly aluminium and titanium. Basing on the analysis of the chemical composition of brown coals waste they can be recommended for direct or indirect agricultural use.

Key words: waste brown coals, macroelements, microelements, trace elements, heavy metals