

JERZY WÓJCIK¹, WOJCIECH KRZAKLEWSKI²

AKUMULACJA MATERII ORGANICZNEJ
W INICJALNYCH GLEBACH NA ZWAŁOWISKU
ZEWNĘTRZNYM KOPALNI WĘGLA BRUNATNEGO
„ADAMÓW”^{*}

ACCUMULATION OF ORGANIC MATTER
IN THE INITIAL SOILS ON THE EXTERNAL WASTE
HEAP OF THE „ADAMÓW” LIGNITE MINE

¹Zakład Kształtowania i Ochrony Środowiska WGGiŚ AGH w Krakowie;

²Katedra Ekologii Lasu, Wydział Leśny AR w Krakowie

Abstract: The purpose of the research was to estimate the process of the accumulation of organic matter and nitrogen in the initial soils formed on the rocks of the overburden heap, after 25 years following the reclamation work and applying one of the proposed by scientists methods of forest reclamation – a so called „biodynamic method”. The essence of this method is simultaneous interaction of phyto-melioration species (from genus *Alnus*) on the formation of soil and final tree composition. The results of research show a dynamic course of soil processes.

Słowa kluczowe: rekultywacja leśna, gleby inicjalne, materia organiczna.

Key words: forest reclamation, initial soils, organic matter.

WSTĘP

Przy rekultywacji leśnej terenów bezglebowych stosuje się różne podejście w doborze składu zalesień zależnie od tego, czy preferowane mają być gatunki fitomelioracyjne, czy docelowe [Bender i in. 1985; Gilewska 1991; Krzaklewski, Mikłaszewski 1996].

Metoda biodynamiczna należy do grupy biologicznych metod odtwarzania gleb. Stanowi ona model pośredni pomiędzy metodą „gatunków pionierskich” i metodą „gatunków docelowych”, a jej istotą jest równoczesne oddziaływanie roślin fitomelio-

^{*}Praca wykonana w ramach badań statutowych AGH nr 11.11.150.171.

racyjnych (głównie z rodzaju olsza) na procesy kształtowania się gleby i drzewostanu docelowego [Krzaklewski 1979]. W licznych badaniach prowadzonych na terenach pogórnich udowodniono korzystny wpływ gatunków z rodzaju olsza na procesy glebotwórcze oraz wzrost i rozwój wprowadzanych równorzędnie z nimi gatunków głównych [Greszta, Morawski 1972; Krzaklewski 1979; Wójcik 2002].

Z uwagi na dużą zmienność uwarunkowań rekultywacji oraz stosowanie różnej metodyki badawczej brak jest w dostępnej literaturze miarodajnych doniesień na temat porównania wpływu stosowanych metod rekultywacji na proces kształtowania się ekosystemu leśnego, a zwłaszcza inicjalnych gleb. Jednym z kryteriów pomocnych przy takiej ocenie może być stopień zaawansowania procesu próchnicotwórczego [Gilewska 1991; Kowalik 1995; Węgorek 1995; Wójcik 2002].

Celem podjętych badań była ocena procesu akumulacji materii organicznej i azotu w inicjalnych glebach tworzących się na zwałowisku skał nadkładu, po 25 latach od wykonania zabiegów rekultywacyjnych i zastosowania tzw. „biodynamicznej” metody rekultywacji leśnej.

OBIEKT BADAŃ

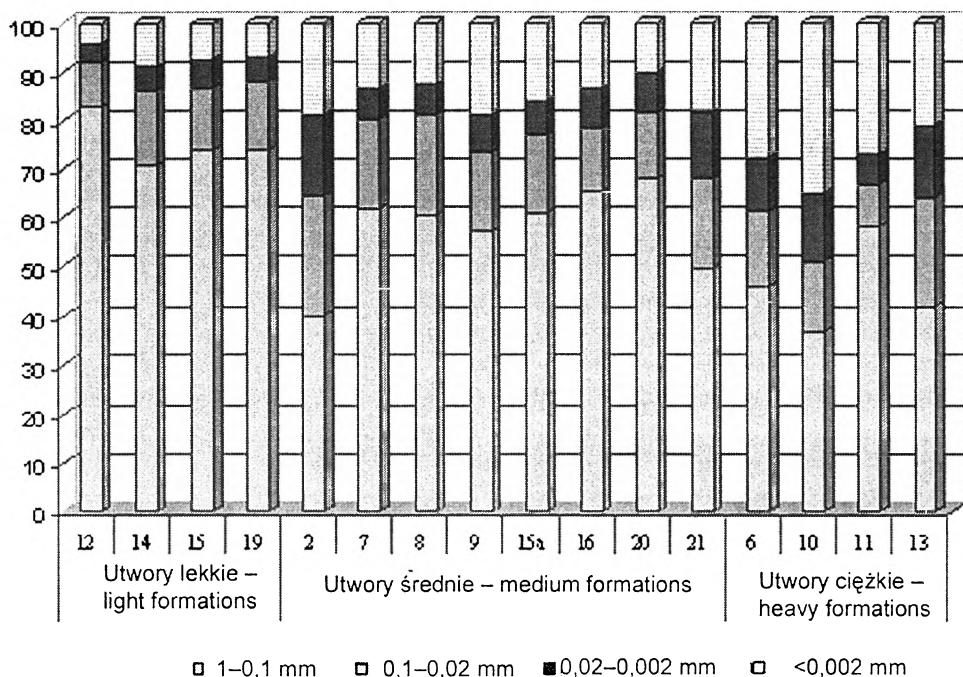
Badania przeprowadzono na południowo-wschodnim fragmencie zbocza zwałowiska zewnętrznego Kopalni Węgla Brunatnego „Adamów”, zbudowanym w latach 1963–1970 metodą nieselektywnego zwałowania skał nadkładu pochodzących z odkrywki „Adamów”. Dominowały wśród nich utwory czwartorzędowe: gliny zwałowe (ok. 35% udziału) i piaski (ok. 40%) oraz trzeciorzędowe iły poznańskie (ok. 25%). Utwory, budujące przypowierzchniową warstwę zwałowiska, stanowiące skałę macierzystą inicjalnych gleb, wykazywały dużą zmienność składu granulometrycznego – od piasku słabo gliniastego do gliny ciężkiej (rys. 1). Charakteryzowały się one ponadto słabo alkalicznym odczynem, zawartością CaCO_3 0–4%, węgla organicznego 0,09–0,30%, azotu ogólnego 0,01–0,04% [Krzaklewski 1979; Wójcik 2003].

W ramach zabiegów rekultywacyjnych na objętym badaniami fragmencie zwałowiska wprowadzono zalesienia, których głównym składnikiem (ok. 80% udziału) były olsza czarna (*Alnus glutinosa*) i olsza szara (*Alnus incana*). Pozostałą część stanowiły gatunki docelowe (lasotwórcze) oraz osłonowe (topole).

METODYKA BADAŃ

Do badań wytypowano 16 powierzchni, których dobór uwzględniał stwierdzone we wcześniejszych pracach [Krzaklewski 1979] zróżnicowanie właściwości utworów występujące na obiekcie. Na każdej z powierzchni badawczych wykonano 3 odkrywki glebowe, z których do analiz laboratoryjnych pobrano próbki z inicjalnych poziomów genetycznych (Ol, Ofh) i warstw (0–10, 10–20, 20–40 i 40–80 cm).

Dążąc do prześledzenia procesów zależnych od składu granulometrycznego, badane powierzchnie – biorąc pod uwagę udział frakcji iłu koloidalnego ($< 0,002$ mm) w składzie ziarnowym budujących je utworów – zgrupowano w trzy kategorie: utwory lekkie (zawierające średnio w całym profilu poniżej 10% cząstek iłu koloidalnego), utwory średnie (10–20%), utwory ciężkie (powyżej 20%) (rys. 1).



RYSUNEK 1. Średni (dla całego profilu) skład granulometryczny utworów na powierzchniach badawczych – zawartość [%] cząstek o podanej średnicy w mm

FIGURE 1. The average (for the whole profile) texture of the formation on the study surfaces [%]

W próbkach glebowych określono podstawowe właściwości: skład granulometryczny metodą areometryczną Casagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego, pH w KCl – potencjometrycznie, zawartość materii organicznej metodą prażenia w 600°C, zawartość węgla organicznego metodą Tiurina, zawartość azotu ogólnego metodą Kjeldahla. Na podstawie uzyskanych wyników wyliczono poziom istotności różnic dla zawartości C_{org} i N_{og} za pomocą testu t-Studenta, wykonywanego dla par porównywanych cech przy $t_{\alpha} = 0,05$.

WYNIKI BADAŃ

Budowa morfologiczna profilu glebowego

Procesy akumulacji produktów humifikacji materii organicznej doprowadziły w 25-letnim okresie do morfologicznego wyodrębnienia się poziomów i podpoziomów genetycznych w postaci ścioly (O1), próchnicy nadkładowej (Ofh), inicjalnego poziomu próchnicznego (A) oraz poziomu przejściowego (A)Can. Na podstawie cech morfologicznych i właściwości chemicznych [Wójcik 2002] próchnicę tę zaliczono do następujących typów: moder-mull i moder [Puchalski, Prusinkiewicz 1975].

Wybrane właściwości podpoziomów organicznych i warstw mineralnych

Podpoziom ścioly (Ol). W podpoziemiu tym, o miąższości wahającej się od 2 do 6 cm, dominowała materia organiczna pochodząca w większości z tegorocznego opadu. Zawartość węgla organicznego wynosiła średnio dla wszystkich objętych badaniami powierzchni 24,5%, natomiast azotu ogólnego 1,19% (tab. 1). Największą zasobnością w te pierwiastki charakteryzowała się ściola zgromadzona na utworach ciężkich (średnio 28,4% $C_{org.}$ i 1,29% $N_{og.}$). Stosunek C:N w podpoziemiu Ol wynosił średnio 21,2. Najmniejszą wartość tego wskaźnika stwierdzono w ściocie na utworach średnich (19,5), nieco większą natomiast na utworach ciężkich i lekkich.

Średni zapas węgla organicznego i azotu w tym podpoziemiu dla wszystkich badanych powierzchni wynosił odpowiednio: $C_{org.}$ – 2 473 $kg \cdot ha^{-1}$, $N_{og.}$ – 121 $kg \cdot ha^{-1}$. Największy zapas tych składników znajdował się w ściocie na powierzchniach z utworami ciężkimi ($C_{org.}$ – 4 376 $kg \cdot ha^{-1}$ i $N_{og.}$ – 198 $kg \cdot ha^{-1}$), najmniejszy zaś na utworach lekkich ($C_{org.}$ – 1 334 $kg \cdot ha^{-1}$ i $N_{og.}$ – 59 $kg \cdot ha^{-1}$) (rys. 1).

Podpoziom próchnicy nadkładowej (ektopróchnica – Ofh). Miąższość poziomu ektopróchnicy wyniosła średnio dla kategorii utworów lekkich 2,0 cm, średnich 3,5 cm i ciężkich 3,7 cm. Stopień humifikacji (określony organoleptycznie) był najbardziej zaawansowany na powierzchniach z utworami z kategorii ciężkich. Poziomy Ofh wykazywały średnią zawartość węgla organicznego 8,7% oraz 0,62% azotu ogólnego (tab. 1). Wyraźnie największą zawartość tych składników stwierdzono w próchnicy nadkładowej na powierzchniach z utworami ciężkimi (odpowiednio 12,2 i 0,87%), znacznie mniejszą na utworach średnich i lekkich. Zawartość $C_{org.}$ i $N_{og.}$ w poziomie Ofh, podobnie jak w przypadku Ol, wykazywała statystycznie istotne zróżnicowanie pomiędzy utworami ciężkimi i lekkimi oraz średnimi i ciężkimi.

Stosunek C:N dla wszystkich powierzchni wynosił średnio w poziomie Ofh – 14,0 (tab. 1). Najmniejszą wartość tego wskaźnika stwierdzono w próchnicy nadkładowej utworów średnich (13,3) i tylko nieznacznie większą na utworach ciężkich i lekkich.

Średni zapas węgla organicznego i azotu, zmagazynowanych w poziomie ektopróchnicy dla wszystkich powierzchni wynosił odpowiednio: $C_{org.}$ – 26 987 kg (10,9 razy więcej niż w Ol) i $N_{og.}$ – 1927 kg (15,9 razy więcej niż w Ol). Natomiast w odniesieniu do wyróżnionych kategorii uziarnienia największą akumulację tych pierwiastków stwierdzono na utworach ciężkich, wyraźnie mniejszą na średnich i najmniejszą na lekkich (rys. 1, 2).

Inicjalny poziom próchniczny (A) (0–10 cm). W warstwie tej zaznaczyła się wyraźnie akumulacja zhumifikowanej materii organicznej. Obejmowała ona inicjalny poziom próchniczny (A), którego miąższość na poszczególnych powierzchniach badawczych wahała się od 6 do 8 cm. Średnia zawartość węgla organicznego dla wszystkich powierzchni wynosiła 1,73% (6-krotnie więcej niż w skale macierzystej). Największą zawartość tego składnika stwierdzano w utworach średnich (1,86%), nieco mniejszą w utworach ciężkich (1,72%), a najmniejszą w utworach lekkich (1,49%). Akumulacja materii organicznej wpłynęła na wzrost zasobności w azot ogólny. Średnia jego zawartość w analizowanej warstwie badanych gleb wyniosła 0,14%. Zróżnicowanie zawartości $N_{og.}$ dla poszczególnych kategorii powierzchni było analogiczne jak w przypadku $C_{org.}$. Zawartość $C_{org.}$ i $N_{og.}$ w warstwie 0–10 cm wykazywała statystycznie istotne zróżnicowanie pomiędzy utworami lekkimi i średnimi oraz lekkimi i ciężkimi.

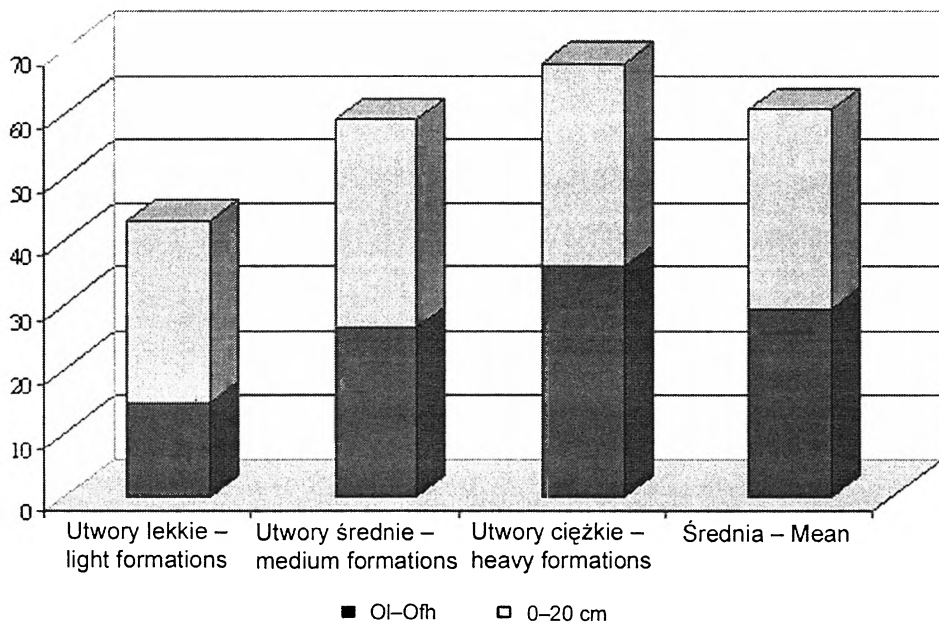
Stosunek C:N był nieznacznie mniejszy niż w poziomie Ofh i wynosił średnio 12,5, wykazywał niewielkie tylko różnice w zależności od kategorii zwięzłości gruntu (tab. 1).

Poziom (A)C (10–20 cm). O formowaniu się tego poziomu świadczy wyraźnie zaznaczająca się akumulacja materii organicznej, stwierdzono tu średnio 0,45% C_{org} i zawartość ta była o 0,14% wyższa niż w poziomie C (40–80 cm) (tab. 1). Zbliżoną zawartość C_{org} wykazywały utwory ciężkie i średnie (ok. 0,5%), a tylko nieznacznie mniejszą utwory lekkie (0,4%). Proporcjonalnie do wzrostu C_{org} w warstwie 10–20

TABELA 1. Wybrane właściwości utworów glebowych na zwałowisku zewnętrznym KWB "Adamów"
TABLE 1. Selected properties of soil formations of the surface of external waste heap of the "Adamów" Lignite Mine

Kategoria powierzchni Category of surface	Poziom Horizon Głębokość Depth [cm]	pH w KCl pH in KCl		Straty prażenia Burning wastes (600°C)		C_{org} C_{org}		N_{og} N_{tot}		C : N	
		Średnia Mean	O. S. S. D.	Średnia Mean	O. S. S. D.	Średnia Mean	O. S. S. D.	Średnia Mean	O. S. S. D.	Średnia Mean	O. S. S. D.
Utwory lekkie Light formations	Ol	6,0	0,27	62,7	9,3	24,49	4,28	1,08	0,253	23,0	4,2
	Ofh	6,5	0,21	17,8	10,3	6,75	3,38	5,411	0,137	15,9	2,9
	0-10	6,8	0,53	4,2	1,8	1,49	0,60	0,123	0,058	12,2	1,2
	10-20	6,8	1,21	1,4	0,8	0,41	0,32	0,030	0,026	14,4	3,4
	20-40	7,6	0,10	0,8	0,3	0,25	0,13	0,020	0,009	12,8	4,1
	40-80	7,8	0,33	0,6	0,3	0,18	0,09	0,015	0,011	15,9	7,7
Utwory średnie Medium formations	Ol	6,2	0,34	56,1	11,6	22,48	4,57	1,201	0,276	19,5	5,1
	Ofh	6,5	0,20	19,4	6,7	7,21	2,68	0,538	0,189	13,3	1,3
	0-10	6,9	0,23	4,8	1,8	1,86	0,57	0,147	0,048	12,9	1,1
	10-20	7,1	0,29	1,8	0,6	0,45	0,26	0,035	0,029	15,0	5,1
	20-40	7,5	0,16	1,0	0,3	0,36	0,10	0,022	0,007	17,7	5,8
	40-80	6,9	1,42	1,2	1,0	0,33	0,26	0,021	0,010	15,0	4,3
Utwory ciężkie Heavy formations	Ol	6,1	0,20	68,7	17,3	28,40	7,62	1,288	0,224	22,7	7,3
	Ofh	6,0	0,91	32,4	8,7	12,0	3,45	0,866	0,248	14,1	0,7
	0-10	6,1	0,75	4,6	0,7	1,72	0,48	0,142	0,039	12,2	0,7
	10-20	5,5	1,80	2,8	1,2	0,48	0,18	0,040	0,014	12,1	1,0
	20-40	5,7	1,88	1,7	0,4	0,30	0,10	0,030	0,008	10,2	2,0
	40-80	6,2	1,63	1,3	0,4	0,30	0,09	0,027	0,004	11,3	3,0
Średnia dla wszystkich kategorii Mean	Ol	6,1	0,29	60,9	13,0	24,46	5,59	1,193	0,253	21,2	5,4
	Ofh	6,3	0,55	23,2	9,6	8,67	3,68	0,619	0,257	13,9	1,6
	0-10	6,6	0,55	4,6	1,6	1,73	0,54	0,140	0,046	12,5	1,1
	10-20	6,6	1,21	1,9	0,9	0,45	0,25	0,035	0,024	14,1	4,0
	20-40	7,1	1,22	1,1	0,4	0,31	0,11	0,023	0,008	14,4	5,5
	40-80	6,9	1,35	1,1	0,8	0,28	0,19	0,021	0,010	14,2	5,1

Średnia – Mean, Średnia arytmetyczna – Arithmetic mean, O. S. – S. D. – Odchylenie standardowe – Standard Deviation



RYSUNEK 2. Zapas węgla organicznego w profilach glebowych powierzchni badawczych [Mg·ha⁻¹]
 FIGURE 2. The organic carbon content in soil profiles of the study surfaces [Mg·ha⁻¹]

cm zwiększyła się także, w stosunku do skały macierzystej, zawartość azotu ogólnego i wynosiła średnio 0,035% (1,6 razy większa niż w poziomie C). Zróżnicowanie N_{og} w warstwie 10–20 cm poszczególnych kategorii powierzchni było analogiczne jak C_{org} (tab. 1) i nie wykazywało statystycznej istotności.

Średnie dla wszystkich analizowanych powierzchni zapasy węgla organicznego i azotu ogólnego, zakumulowane w warstwie 0–20 cm, wynosiły odpowiednio 31255 i 2498 kg·ha⁻¹ (z tego około 78% obydwu składników w warstwie 0–10 cm). Największe wartości stwierdzono w utworach średnich, nieznacznie mniejsze w utworach ciężkich i najmniejsze w utworach lekkich (rys. 1, 2).

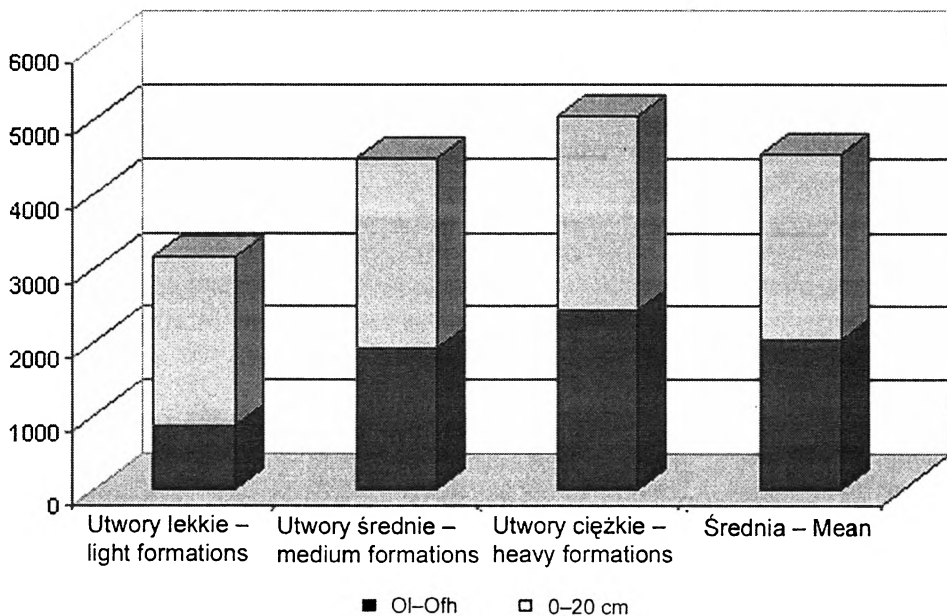
Poziom skały macierzystej. W badaniach uwzględniono dwie warstwy tego poziomu – C1 (20–40 cm) i C2 (40–80 cm), wyróżnione głównie z uwagi na ilość i rozmieszczenie korzeni. Warstwy te wykazywały zbliżoną zawartość C_{org} , wynoszącą średnio dla wszystkich kategorii powierzchni 0,3% oraz N_{og} – 0,022% (tab. 1).

DYSKUSJA WYNIKÓW

Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że w glebach kształtujących się na objętym badaniami obiekcie zaznaczyły się procesy charakterystyczne dla inicjalnych gleb leśnych. Znalazło to odzwierciedlenie w zmianach obrazu morfologicznego profilu glebowego oraz podstawowych właściwości materiału macierzystego. Poziom tych zmian można uznać za dynamiczny w porównaniu z innymi tego typu obiektami [Bender i in. 1985; Gilewska 1991; Katur i in. 1999; Kowalik 1995; Węgorok 1995]. Po 25

latach od wprowadzenia zalesień nastąpiła znacząca akumulacja materii organicznej w poziomie organicznym i w wyraźnie zaznaczonym inicjalnym poziomie próchnicznym oraz poziomie przejściowym. Proces ten prowadził sukcesywnie do wzbogacenia „surowych” zwałowiskowych skał nadkładu w podstawowe, istotne dla funkcjonowania gleby biogenne pierwiastki – przede wszystkim węgiel organiczny i azot, których na ogół nie zawiera wyjściowe tworzywo gleb. Wzrost zawartości tych pierwiastków zaznaczył się w profilach glebowych badanych powierzchni jeszcze w warstwie 10–20 cm, co wskazuje na stopniowe poszerzanie się miąższości inicjalnego poziomu próchnicznego. Na podobny zasięg zmian właściwości w profilach glebowych na zwałowiskach skał nadkładu po kilkudziesięciu latach od zalesienia zwracają uwagę inni autorzy [Gilewska 1991; Katur i in. 1999; Kowalik 1995; Węgorek 1995].

Próchnica na większości powierzchni upodabiała się morfologicznie oraz poprzez właściwości chemiczne do próchnicy żyznych i średnio żyznych siedlisk leśnych (modermull, moder). Odczyn ektopróchnicy badanych gleb był na ogół lekko kwaśny (tab. 1), co przy alkalicznym podłożu ma istotny wpływ na procesy glebotwórcze i rozwój specyficznej dla zborowisk leśnych mikroflory glebowej [Puchalski, Prusinkiewicz 1975]. Można przypuszczać, że główną przyczyną jej nagromadzenia była jeszcze niska aktywność edafonu.



RYSUNEK 3. Zapas azotu ogólnego w profilach glebowych powierzchni badawczych [kg·ha⁻¹]
 FIGURE 3. The total nitrogen content in soil profiles of the study surfaces [kg·ha⁻¹]

Proces kształtowania się poziomu próchnicznego gleb przebiegał w zależności od składu granulometrycznego utworów glebowych. W kategorii utworów lekkich i średnich stwierdzono większy zapas materii organicznej w poziomie mineralnym niż w organicznym, natomiast w utworach ciężkich odwrotnie. Jednak największy, łączny zapas we wszystkich poziomach akumulacji (Ofh, A, AC) miał miejsce w utworach ciężkich. Wynikało to niewątpliwie z większej produkcji biomasy roślinnej i w efekcie większego dopływu materii organicznej, przy jednoczesnym spowolnieniu procesu przemieszczania produktów humifikacji do poziomów mineralnych.

Średnia roczna akumulacja węgla organicznego na powierzchniach badawczych wyniosła 0,07% w poziomie 0–10 cm (A) oraz 0,04% w całej warstwie 0–20 cm. Są to wielkości podobne do stwierdzanych w warstwie ornej rekultywacyjnych upraw rolniczych na glinach i łąkach [Gilewska 1991; Kowalik 1995] oraz w poziomie próchnicznym porolnych gleb brunatnych pod olszą [Brożek 1993]. Średnia dla wszystkich powierzchni akumulacja materii organicznej wyniosła $2,16 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$, a azotu około $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ i jest zbliżona do podawanej w literaturze dla zalesień ze stanowisk naturalnych [Pokojska-Burdziej, Strzelczyk 2000].

Szybki przebieg procesu akumulacji zasobnej w azot (rys. 3) materii organicznej możliwy był w badanych glebach wyłącznie dzięki oddziaływaniu olszy mającej zdolność symbiotycznego wiązania azotu atmosferycznego. Olsza przez okres około 20 lat kształtowała glebę i poprzez nią siedlisko.

WNIOSKI

1. Wyniki badań przeprowadzonych na rekultywowanym przed 25 laty fragmencie zwałowiska KWB „Adamów” wskazują na dynamiczny przebieg procesów glebotwórczych, co znalazło odzwierciedlenie w ukształtowaniu się zawierających znaczące ilości zasobnej w azot materii organicznej poziomów akumulacji charakterystycznych dla inicjalnych gleb leśnych.
2. W części mineralnej profilów gleb akumulacja materii organicznej najsilniej zaznaczyła się w warstwie 0–10 cm, stwierdzano ją jeszcze, lecz w znacznie mniejszym stopniu w warstwie 10–20 cm.
3. Zaznaczyła się wyraźna różnica w dynamice akumulacji materii organicznej pomiędzy wyróżnionymi kategoriami uziarnienia utworów mineralnych. Najkorzystniej ze względu na tworzenie poziomu próchnicznego zmiany tych cech przebiegały w utworach średnich, natomiast biorąc pod uwagę całkowitą akumulację materii organicznej – w utworach ciężkich.
4. Uzyskane wyniki wskazują na korzystny wpływ gatunków fitomielioracyjnych z rodzaju olsza na proces kształtowania się inicjalnych gleb, a zwłaszcza akumulację podanej na procesy humifikacji materii organicznej.

LITERATURA

- BENDER J., GILEWSKA M., WÓJCIK A. 1985: Przydatność robinii akacjowej do zadrzewień terenów pogórnich. *Archiwum Ochrony Środowiska* 3–4: 113–133.
- BROŻEK S. 1993: Przekształcanie górskich gleb porolnych przez olszę szarą. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie* 194: 52 ss.
- GILEWSKA M. 1991: Rekultywacja biologiczna gruntów pogórnich na przykładzie KWB „Konin”. *Roczn. AR w Poznaniu* 211: 59 ss.
- GRESZTA J., MORAWSKI S. 1972: Rekultywacja nieużytków przemysłowych. PWRiL, Warszawa: 264 ss.
- KATZUR J., BÖCKER L., STÄHR F. 1999: Humus und Bodenentwicklung in Kippen-Förstökosystemen. *Der Wald* 25: 1339–1341. Finsterwalde.
- KOWALIK S. 1995: Właściwości gleby inicjalnej ukształtowanej w wyniku wieloletniej uprawy rolniczej gruntów zwałowiskowych górnictwa siarki. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 418: 709–716.
- KRZAKLEWSKI W. 1979: Fitosocjologiczna metoda oceny warunków rekultywacji i zagospodarowania leśnego nieużytków, na przykładzie skarp zwałowiska Kopalni Węgla Brunatnego „Adamów”. *Archiwum Ochrony Środowiska* 3–4: 121–165.
- KRZAKLEWSKI W., MIKŁASZEWSKI A. 1996: Rekultywacja zwałów nadkładu w górnictwie węgla brunatnego w Polsce. *Pr. Nauk. Inst. Górnictwa Polit. Wrocł.* 79: 215–218.
- POKOJSKA-BURDZIEJ A., STRZELCZYK E. 2000: Występowanie *Frankia* w glebie spod brzozy (*Betula pendula* Roth.) i olszy (*Alnus glutinosa* L.) z różnych stanowisk. *Sylwan* 4: 19–26.
- PUCHALSKI T., PRUSINKIEWICZ Z. 1975: Ekologiczne podstawy siedliskoznawstwa leśnego. PWRiL, Warszawa: 462 ss.
- WĘGOREK T. 1995: Zmiany właściwości utworów piaszczystych na zwałowisku zewnętrznym kopalni siarki w wyniku rekultywacji leśnej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 418: 731–736.
- WÓJCIK J. 2002: Biodynamiczna metoda leśnej rekultywacji na przykładzie zboczy zwałowiska Kopalni Węgla Brunatnego „Adamów”. Praca doktorska, AGH Kraków: 185 ss.
- WÓJCIK J. 2003: Kształtowanie się wybranych właściwości fizycznych inicjalnych gleb na zwałowisku zewnętrznym KWB „Adamów”. *Zesz. Nauk. AGH „Inżynieria Środowiska” Kraków* 3: 217–227.

Dr inż. Jerzy Wójcik
Zakład Kształtowania i Ochrony Środowiska, Wydział Geodezji Górniczej
i Inżynierii Środowiska, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie
30-059 Kraków, al. Mickiewicza 30
e-mail: jwojcik@uci.agh.edu.pl