

**MAREK PAJĄK*, WOJCIECH KRZAKLEWSKI,
MARCIN PIETRZYKOWSKI, JUSTYNA LIKUS,
WOJCIECH KOWALCZEWSKI**

REKULTYWACJA LEŚNA REALIZOWANA NA TERENACH POGÓRNICZYCH KOPALNI SIARKI „OSIEK”

Streszczenie

W pracy na podstawie wymiarów, jakości i żywotności drzew oraz właściwości gleb oceniono, że realizowana rekultywacja leśna na terenach pogórnich kopalni Osiek przebiega na ogół prawidłowo. Zbiorowiska drzewiaste z sukcesji wykorzystywane w proces rekultywacji charakteryzowały się dużym bogactwem gatunkowym oraz dobrą żywotnością. Skażenie siarką gleby wystąpiło tylko w nielicznych punktach. Pewien niepokój wzbudza natomiast niska przeżywalność 3-letnich upraw wprowadzonych na badany teren.

Słowa kluczowe: rekultywacja, tereny pogórnice, zalesienia, sukcesja.

Wstęp

Kopalnia „Osiek” to obecnie jedyna na świecie kopalnia w której prowadzone jest wydobywanie siarki metodą wytopu podziemnego. Dotychczas kopalnia przeprowadziła rekultywację na niewielkiej powierzchni w stosunku do obszaru, jaki zajęła pod eksploatację tj. łącznie na 15,2 ha, z czego rekultywacja leśna objęła 8,1 ha, zaś rekultywacja w kierunku rolnym 7,1 ha [Sosin 2013, Grochowina, Nowak 2014].

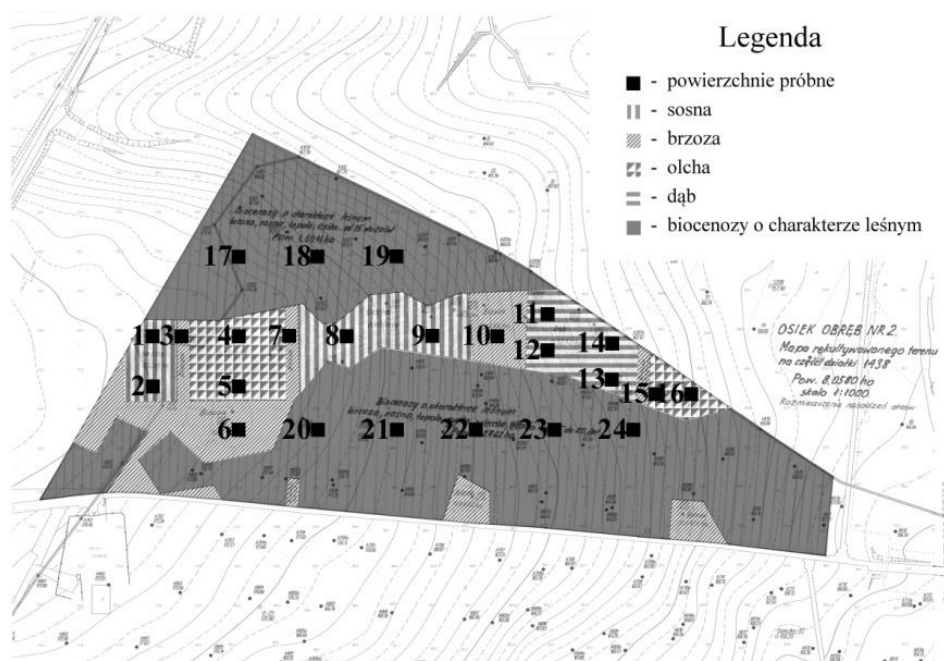
Celem niniejszej pracy była ocena rekultywacji leśnej wykonanej na terenie Kopalni Siarki „Osiek”. Podstawą oceny były wyniki badań jakości, żywotności i wymiarów drzew w drzewostanach wprowadzonych w ramach zalesień oraz drzew wkraczających w drodze sukcesji. Określono również wybrane właściwości fizyczne i chemiczne wierzchniej warstwy gleb rekultywowanych terenów.

* Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie, Wydział Leśny, Instytut Ekologii i Hodowli Lasu, Zakład Ekologii Lasu i Rekultywacji

OBIEKT BADAŃ I METODY

Teren badań to rejon bloków byłych sterowni eksploatacyjnych A-1 i A-2 o powierzchni 8,1 ha, znajdujących się w północnej części obszaru zajętego przez kopalnię [Pantula i in. 2012]. Rekultywacja leśna prowadzona była dwoma metodami, tj. metodą z wykorzystaniem roślinności z sukcesji (oznaczona jako M-1) [Krzaklewski 1988], a drugą (oznaczono jako M-2) polegała na wykonaniu pełnego cyklu zabiegów rekultywacyjnych (roboty porządkowo – likwidacyjne, ukształtowanie rzeźby terenu, neutralizacja gruntów nadmiernie zakwaszonych przy użyciu wapna węglanowego (50 t/ha), użyźnianie gleby humusem - warstwą około 25 cm) [Pantula i in. 2012, Sosin 2013]. Metoda M-1 realizowana była w południowej części badanego terenu na powierzchni 4,3 ha oraz w północnej części na powierzchni 1,5 ha. Zbiorowiska z sukcesji cechowały się wiekiem w przedziale od 15 do 20 lat [Sosin 2013]. Na tym obszarze projekt rekultywacji uwzględniał jedynie niezbędną wycinkę pojedynczych drzew i krzewów nieprzydatnych w leśnym zagospodarowaniu, wykonanie nawożenia, orkę oraz talerzowanie (odchwaszczenie i zdarcie wierzchniej warstwy organicznej gleby) w celu przygotowania do zalesień uzupełniających [Pantula i in. 2012]. Zbiorowiska drzewiaste z sukcesji pozostawiono w istniejącym stanie w możliwie największym stopniu [Sosin 2013]. Drugą metodą M-2 realizowano w centralnym fragmencie badanego terenu na powierzchni 2,3 ha. W ramach tej metody przeprowadzono (we wrześniu 2011 r.) nawożenie mineralne (wg projektu w dawce: 550 kg/ha siarczanu amonu, 300 kg/ha superfosfatu wzbogaconego i 450 kg/ha soli potasowej) [Pantula i in. 2012] oraz talerzowanie i bronowanie. W listopadzie 2011 roku wprowadzono zalesienia z udziałem sosny zwyczajnej, olszy czarnej, dębu szypułkowego i brzozy brodawkowatej. Następnie w 2012 r. wykonano prace pielęgnacyjne i nawożenie mineralne, a w 2013 r. uzupełnienie zalesień oraz wykaszanie chwastów [Sosin 2013].

Badania terenowe przeprowadzono latem 2014 r. (lipiec – sierpień). W tym celu założono 24 powierzchnie badawcze (10 × 10 m). Na obszarze gdzie rekultywację realizowano pierwszą metodą (M-1) zlokalizowano 8 powierzchni badawczych (nr 17-24), a na obszarze gdzie realizowano drugą metodą (M-2) założono po 4 powierzchnie w drzewostanach jednogatunkowych (4 wprowadzone gatunki), tj. łącznie 16 powierzchni o nr 1-16 (rys. 1).



Rys. 1. Schemat rozmieszczenia powierzchni badawczych
Fig. 1. The scheme of experimental plots distribution

Prace wykonane na powierzchniach badawczych obejmowały: pomiar wysokości (h) oraz pierśnicy drzew (d 1,3) ocenę jakości i żywotności każdego drzewa w trójstopniowej skali, obejmującej cechy hodowlane:

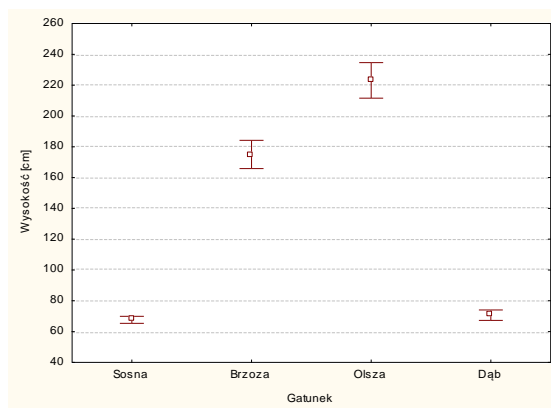
- jakość:
 - drzewa dobrej jakości – nie posiadające wad obniżających wartość drewna, o prostej strzale, stosunkowo grube i wysokie;
 - drzewa średniej jakości – charakteryzujące się niewielką krzywizną pnia, zniekształconym pędem wierzchołkowym;
 - drzewa słabej jakości – wyraźnie krzywe, spękane, krzaczaste, stosunkowo cienkie i niskie lub odznaczające się zmianami chorobowymi.
- żywotność:
 - drzewa żywotne – dobrze rozwinięta, gęsta korona, wyraźnie zielone igły lub liście, brak odbarwień, wszystkie roczniki igieł bądź brak ubytków w przypadku drzew liściastych;
 - drzewa średnio żywotne – korona mniej rozwinięta, widoczne pojedyncze odbarwienia, obecne 2 roczniki igieł, nieliczne miejsca korony puste;

- drzewa osłabione – obumierające, o zahamowanym wzroście, korona słabo rozwinięta, w znacznej części przebarwiona, z dużymi ubytkami, jeden rocznik igieł.

Próbki glebowe pobrano z czterech narożników na każdej powierzchni z warstw : 0-20 cm i 20-50 cm wykonując próbkę zbiorczą dla powierzchni. W próbkach glebowych w laboratorium oznaczono: skład granulometryczny części ziemistych metodą areometryczną Casagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego, przewodnictwo elektrolityczne właściwe (PEW) metodą potencjometryczną w proporcji gleba roztwór 1 : 5 w temperaturze 21° C , pH w KCl metodą potencjometryczną w proporcji gleba: roztwór 1 : 2,5, zawartość CaCO₃ metodą objętościową Scheiblera i zawartość siarki ogółem (S og.) analizatorem elementarnym True Mac Leco CNS.

WYNIKI I ICH DYSKUSJA

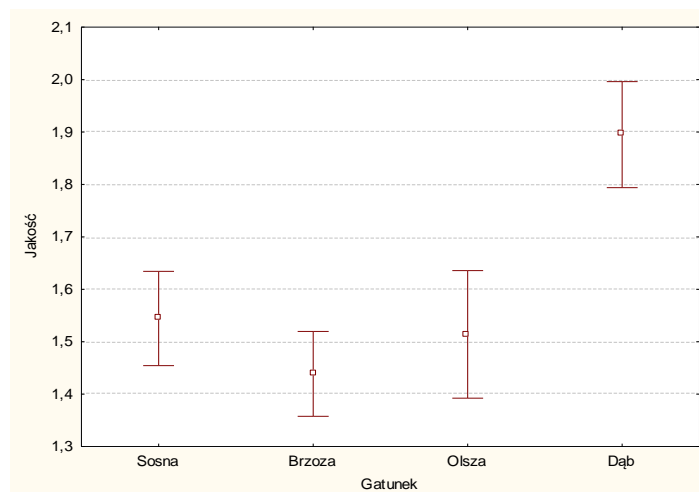
Na powierzchniach rekultywowanych metodą drugą (M-2) zinwentaryzowano łącznie 699 drzewek. Choć początkowa więźba nasadzeń dla gatunków była zbliżona na 100 m² wprowadzano po 71 szt. sosny oraz dębu, 67 szt. brzozy i 63 szt. olszy, odnotowano różnicę w zagęszczeniu dla każdego z gatunków tj. od 27 szt/ar dla olszy do 59 szt/ar dla sosny. Najwyższą przeżywalnością po 3 latach cechowała się sosna zwyczajna (83%), najmniejszą olsza czarna (41%), a średnia przeżywalność dla wszystkich powierzchni z zalesieniami wynosiła 63,5%. Wysokość upraw po 3 latach wzrostu była zróżnicowana (rys. 2). Zarówno olsza czarna jak i brzoza brodawkowata wyraźnie przewyższyły sosnę zwyczajną i dęba szypułkowego.



Rys. 2. Wysokość poszczególnych gatunków drzew wprowadzonych w ramach zalesień na terenie zrehabilitowanym

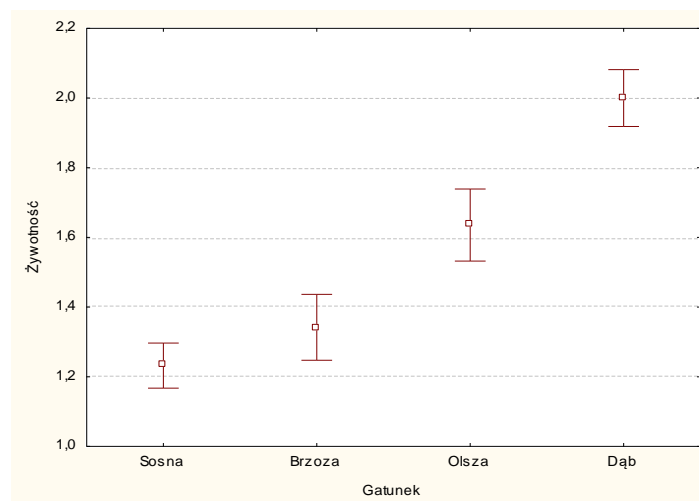
Fig. 2. The height of the trees on introduced at afforestation on reclaimed areas

Najlepszą klasą jakości spośród wprowadzonych gatunków drzew charakteryzowała się brzoza brodawkowata, a najgorszą dąb szypułkowy (rys. 3).



Rys. 3. Wyniki oceny jakości drzew wprowadzonych w ramach rekultywacji
Fig. 3. The results of quality assessment of the trees introduced during reclamation

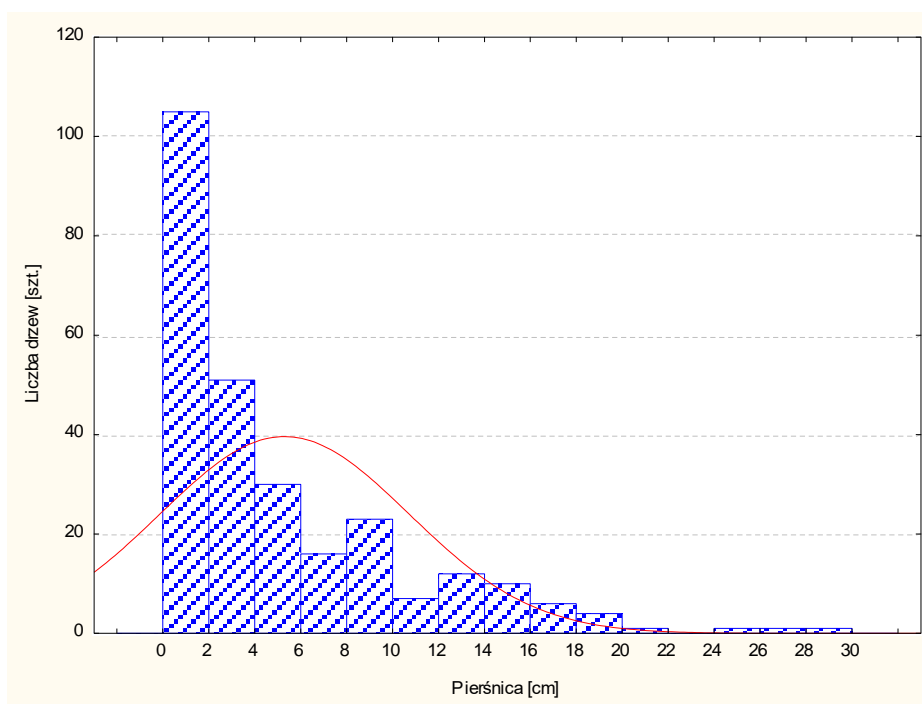
Podobnie jak w przypadku jakości, również najgorszą klasą żywotności spośród wprowadzonych gatunków drzew charakteryzował się dąb szypułkowy, a najlepszą sosna zwyczajna (rys. 4).



Rys. 4. Wyniki oceny żywotności drzew wprowadzonych w ramach rekultywacji
Fig. 4. The results of the vitality assessment of trees introduced during reclamation

Na obszarze gdzie prowadzono rekultywację metodą M-1 zinventaryzowano łącznie 14 gatunków drzew. Największy udział wśród gatunków wkraczających na drodze sukcesji charakteryzowały się: robinia akacyjowa (22%) i brzoza brodawkowata (17 %). Mniejszym udziałem na tym terenie charakteryzowały się: osika (12%), dąb szypułkowy (11%), sosna zwyczajna (9%), czeremcha zwyczajna (5%) i wierzby (5%). Podobne wyniki udziału gatunków drzew wkraczających na drodze sukcesji uzyskali Pająk i in. [2013] na składowisku odpadów po wydobywaniu węgla kamiennego KWK „Brzeszcze. Liczba drzew na poszczególnych powierzchniach w tym obszarze była zróżnicowana i wynosiła od 33 szt. do 59 szt., średnio na 1 powierzchni przypadają 44 okazy.

Strukturę grubości zbiorowisk drzewiastych na powierzchniach gdzie prowadzono rekultywację metodą M-1 przedstawia rys. 5. Najwięcej drzew (105 szt.), charakteryzowało się pierśnicą poniżej 2 cm, a w kolejnym stopniu grubości (2-4 cm) było ich o połowę mniej. Większość drzew wznoszących się wysokością do 6 m.



Rys. 5. Struktura grubości drzew (rozkład w poszczególnych stopniach grubości) w zbiorowiskach drzewiastych z sukcesji

Fig. 5. Tree diameter structure (distribution in in diameter classes) in arborescent communities form succession

Drzewa w zbiorowiskach drzewiastych z sukcesji (M-1) charakteryzowały się gorszą jakością niż drzewa wprowadzone w ramach zalesień (M-2). Na znacznej większości powierzchni badawczych przeważały drzewa zaliczone do 2 klasy jakości (51% ocenionych drzew), a klasy 1 i 3 charakteryzowały się podobnym udziałem wynoszącym odpowiednio 23% i 26%. Najlepszą jakością charakteryzowały się okazy sosny zwyczajnej, a najgorszą robinii akacjowej i osiki.

Tab. 1. Wybrane właściwości fizyczne i chemiczne inicjalnych gleb
Tab. 1. Selected physical and chemical properties of initial soils

Właściwości Properties	Głębokość Depth [cm]	Średnia Mean	MAX	MIN	SD
Tereny z rekultywacją pełną (M-2, pow. nr 1-16) Areas with full cycle of reclamation treatments (M-2, plots Number 1-16)					
piasek 2,0-0,05 sand (%)	0-20	89	96	74	6,69
	20-50	86	95	65	7,80
pył 0,05-0,002 silt (%)	0-20	8	20	3	5,02
	20-50	11	24	4	5,58
ił > 0,002 clay (%)	0-20	3	8	0	2,09
	20-50	3	11	0	2,89
pH (KCl)	0-20	6,70	7,74	4,51	1,05
	20-50	5,75	7,71	3,71	1,53
PEW (μ S/cm) (EC)	0-20	81,13	179	15	45,52
	20-50	79,56	216	19	63,60
CaCO ₃ (%)	0-20	0,40	2,05	0,04	0,52
	20-50	0,37	2,21	0,02	0,61
S (%)	0-20	0,02	0,17	0,00	0,04
	20-50	0,05	0,33	0,00	0,09
Tereny z sukcesją (M-1, pow. nr 17-24) Areas with succession (M-1, plotsNumber 17-24)					
piasek 2,0-0,05 sand (%)	0-20	94	97	88	3,09
	20-50	86	92	81	3,95
pył 0,05-0,002 silt (%)	0-20	4	10	2	2,66
	20-50	12	17	6	4,04
ił > 0,002 clay (%)	0-20	2	3	1	0,64
	20-50	2	3	1	0,64
pH (KCl)	0-20	3,92	4,52	3,52	0,34
	20-50	4,12	4,32	3,93	0,15
PEW (μ S/cm) (EC)	0-20	21,38	29	15	5,37
	20-50	56,63	200	17	60,08
CaCO ₃ (%)	0-20	0,08	0,27	0,04	0,08
	20-50	0,03	0,10	0,00	0,03
S (%)	0-20	0,00	0,00	0,00	0,00
	20-50	0,03	0,26	0,00	0,09

Drzewa w zbiorowiskach z sukcesji cechowały się jednak ogólnie lepszą żywotnością niż drzewa z zalesień gdzie realizowano pełen cykl zabiegów rekultywacyjnych. Do 1 klasy żywotności zaliczono tam 45% z wszystkich zinentaryzowanych drzew, a do 2 klasy 50%. Najlepszą żywotnością, podobnie jak jakością charakteryzowała się sosna zwyczajna, a najgorszą topola osika.

Wartość pH (KCl) próbek gleb pobranych z powierzchni gdzie realizowano pełen cykl zabiegów rekultywacyjnych (M-2) wynosiły średnio 6,70 w warstwie 0-20 cm i 5,75 w warstwie 20-50 cm. Na terenach z sukcesją (M-1) pH wynosiło odpowiednio w warstwie 0-20 cm 3,92, a w warstwie (20-50 cm) 4,12 (tab.1). Te różnice wynikają głównie z zastosowanych zabiegów neutralizacji wapnem na powierzchniach objętych pełnym tokiem rekultywacji.

Według oceny stopnia skażenia siarką na podstawie skali Instytutu Upraw Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach, uwzględniającej 4 klasy koncentracji siarki w glebie [Terelak i in. 2002], tylko 5 spośród badanych próbek na powierzchniach rekultywowanych zaliczono do stopnia IV - silne zanieczyszczenie, $S_{og.} > 0,1 \%$. Zdecydowaną większość próbek zaliczono do I stopnia skażenia siarką, tj. jej naturalnej zawartości (tab. 1). Uznać zatem należy, że na zbitych terenach poeksploatacyjnych kopalni Osiek, zrehabilitowanych w kierunku leśnym, zagrożenie zanieczyszczeniem siarką jest niewielkie.

PODSUMOWANIE

Na podstawie dokonanej oceny można uznać, że stan zalesień i zbiorowisk drzewiastych z sukcesji na terenach poeksploatacyjnych kopalni Osiek zrehabilitowanych w kierunku leśnym jest zadowalający. Należy jednak uznać, że przeżywalność 3-letnich upraw na poziomie średnio 63% jest zbyt niska. Gatunkiem który cechował się najniższą przeżywalnością była olsza czarna.

Zbiorowiska drzewiaste z sukcesji włączane w proces rekultywacji charakteryzowały się dużym bogactwem gatunkowym. W kategorii tej odnotowano 14 gatunków drzew, z których jak dotychczas najlepiej rośnie sosna zwyczajna. Drzewa z sukcesji cechowały się jednak słabszą jakością, ale zdecydowanie lepszą żywotnością w porównaniu do drzew wprowadzanych w ramach zalesień na terenach objętych pełną rekultywacją.

Gleby terenów objętych pełną rekultywacją charakteryzowały się korzystniejszym uziarnieniem oraz wyższą wartością pH i zawartością węglanów w porównaniu do gleb terenów rekultywowanych metodą z wykorzystaniem roślinności z sukcesji.

Na badanych obszarach skażenie gleb siarką wystąpiło w nielicznych punktach, ogólnie przeważało stężenie $S_{og.}$ zbliżone do naturalnego, a pH (KCl) nie spadało poniżej 3,5.

LITERATURA

1. GROCHOWINA I., NOWAK M.; 2014. Efekty rekultywacji gruntów po działalności górniczej w zakresie wydobywania siarki rodzimej. *Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie*, nr 3(235)/2014; 12-20.
2. SOSIN E.; 2013. Dokumentacja powykonawcza rekultywacji pola górniczego w Kopalni Siarki „Osiek” obejmująca region byłych sterowni A-1, A-2; ss. 9.
3. KRZAKLEWSKI W.; 1988. Leśna rekultywacja i biologiczne zagospodarowanie nieużytków przemysłowych. AR Kraków, Kraków; ss. 108.
4. PAJAŁ M., KRZAKLEWSKI W., GAWEŁEK P.; 2013. Ocena rekultywacji leśnej zwałowiska odpadów po wydobyciu węgla kamiennego na przykładzie KWK „Brzeszcze” w Brzeszczach. *Uniwersytet Zielonogórski, Zeszyty Naukowe nr 149, Inżynieria Środowiska*, nr 29; 68-78.
5. PANTULA Z., BURCHARD T., KIREJCZYK J., KICIŃSKI Cz.; 2012. Projekt techniczny rekultywacji dla rejonów nr 2 i 3 w Kopalni Siarki „Osiek”; Przedsiębiorstwo Usługowo-Produkcyjne "SIGMA BP" Sp. z o. o. Tarnobrzeg; ss. 31
6. TERELAK H., MOTOWICKA-TERELAK T., MALISZEWSKA-KORDYBACH B., PIETRUCH Cz., 2002. Monitoring chemizmu gleb w latach 2000-2002. Puław; 42-44.

RECLAMATION TO FOREST CONDUCTED ON POST-MINING AREAS LANDS OF THE "OSIEK" SULFUR MINE*S u m m a r y*

The studies on the assessment of forest reclamation on post-mining areas of the Osiek Sulphur Mine were carried out on 24 experimental plots (10 × 10 m), sixteen of which were located in the area where the full cycle of reclamation treatments was conducted, whereas eight of them were the lands where the existing secondary biocenoses were used. The ongoing forest reclamation on the post-mining lands of the "Osiek" Sulphur Mine was assessed as generally appropriate. The trees that entered the area under the evaluation through succession displayed lower quality, though considerably higher viability when compared with those introduced in the scope of reclamation treatments. While the initial soils in the areas subjected to the full cycle of reclamation treatments were characterised by more favourable granulation, higher pH value and higher carbonate content in relation to the soils where the biocenoses formed through succession were left.

Key words: reclamation, post-mining lands, afforestation, succession