

FRANCISZEK MACIAK, STEFAN LIWSKI, ZYGMUNT JEŻEWSKI

REKULTYWACJA HAŁDY POPIOŁU Z WĘGLA BRUNATNEGO ELEKTROWNI KONIN PRZEZ ZADRZEWIENIE I ZAKRZEWIENIE

Instytut Przyrodniczych Podstaw Melioracji SGGW-AR w Warszawie

WSTĘP

Ilość odpadów nagromadzonych przez przemysł energetyczny w całym kraju do końca 1975 r. według GUS [3] wynosiła 55 676 tys. ton, przy czym nie zrehabilitowana powierzchnia hałd stanowiła 833 ha, a stawów osadowych 79 ha. W samym tylko 1975 r. odpady osiągnęły 13 625 tys. ton, z czego do produkcji elementów budowlanych, stabilizacji dróg itp. wykorzystano tylko 2469 tys. ton, a reszta, czyli 80%, powiększyła zwałowiska.

Spśród odpadów pochodzenia energetycznego rozróżnia się hałdy żużlowo-popiołowe o materiale przemieszonym, pochodzącym z palenisk rusztowych, i hałdy popiołu lotnego, pochodzące z palenisk komorowych (pyłowych), w których węgiel przed spaleniem jest mielony na pył. Niepalne części mineralne w postaci drobnego pyłu są wyłapywane w kominach elektrowni przez elektrofiltry.

Często na hałdy żużlowo-popiołowe wysypywane są również skały płonne i inne odpady z kopalni węgla kamiennego położonej w pobliżu elektrowni. Stosowane jest również mieszanie popiołów z ziemią z nadkładów wywożonych z odkrywkowej kopalni węgla brunatnego.

Odpady z elektrowni są transportowane na szynach hydraulicznie bądź za pomocą taśmociągów. Przy transporcie hydraulicznym odpady mieszane z wodą (w stosunku 1:10–20) w postaci pulpy tłoczone są rurami do stawów osadowych (na nieużytki, wyrobiska, zakłębienia gruntów), w których groble budowane są początkowo z ziemi, a w następnych latach z masy popiołowej. Wysokość hałdy popielnej osiąga kilkanaście, a nawet 35 metrów (np. w elektrowni Turosszów). Woda po osadzeniu popiołu spływa do studni i wraca do elektrowni (w Koninie) lub spływa do rzeki (w Żeraniu).

Pod względem aktywności termicznej rozróżnia się zwały: zimne —

nie przepalone, termicznie czynne — gorące oraz zimne — przepalone (ostudzone). Zwały żużlowo-popiołowe należą do pierwszej lub drugiej grupy zależnie od tego, czy zawierają nie spalony węgiel czy tylko związki siarki.

Hałdy wymagają zabezpieczenia przed pyleniem, a po zakończeniu procesu rekultywacji powinny być doprowadzane do stanu produkcyjności bądź jako grunty uprawne lub tereny przeznaczone do zadrzewienia i zakrzewienia. Jeśli w pobliżu elektrowni zlokalizowana jest huta aluminium (jak np. w Koninie), powstaje dodatkowe zagrożenie zanieczyszczenia powietrza toksycznym fluorem. W tym przypadku płody rolne mogą być używane na paszę bardzo ostrożnie, tylko jako domieszka. Na takich terenach można prowadzić ewentualnie produkcję rolno-nasienną lub sadzić drzewa i krzewy.

W literaturze bardzo rzadko można spotkać konkretne wyniki doświadczeń z zadrzewieniem i zakrzewieniem hałd popiołu, udokumentowane pomiarami.

Z nie opublikowanych materiałów z opisem upraw niektórych gatunków drzew na hałdach popiołu elektrowni Adamów, Halemba i Konin [1, 2] wynika, że o wroście roślin drzewiastych i krzewiastych decydują właściwości fizykochemiczne utworów, a także rodzaj spalonego węgla (brunatny, kamienny) i sposób składowania odpadów (suchy, mokry).

Na hałdzie popiołu z elektrowni Adamów (popiół z węgla brunatnego składowany na sucho) stwierdzono po 2 latach najgorszy rozwój dwuletnich sadzonek drzew i krzewów. Lepiej natomiast rozwijały się rośliny na hałdzie popiołu elektrowni Konin (popiół z węgla brunatnego składowany na mokro), najlepiej zaś na hałdzie popiołu elektrowni Halemba (popiół z węgla kamiennego składowany na sucho). Obserwacje dokonane w Halembie wykazały następującą kolejność gatunków pod względem oceny rozwoju (od najgorszych do najlepszych): dąb czerwony, klon cukrowy, klon polny, brzoza brodawkowata, klon jesionolistny, olsza szara, olsza czarna, grochodrzew biały, róża pomarszczona, kalina, śnieguliczka białojagodowa, ąlcza, kolcowój pospolity, świdwa, dereń, karagana, oliwnik wąskolistny.

Dla hałdy popiołu w Koninie kolejność ta była następująca: klon, topola, wierzba biała, wierzba wawrzynkolistna, grochodrzew biały, brzoza brodawkowata oraz krzewy: ąlcza, karagana, rokitnik zwyczajny, oliwnik wąskolistny.

Publikowane dane omawiające problem rozwoju roślin na hałdach są na ogół dość ogólnikowe [4, 5, 6, 11, 12, 13]. Stąd też trudno ustalić jednoznacznie opinię co do rekultywacji hałd popiołu przez zadrzewienie.

Biorąc jednak pod uwagę przydatność określonych gatunków drzew i krzewów do zadrzewiania hałd popiołu, tzn. przyjmowanie się roślin określanych w procentach do roślin posadzonych oraz wielkość przyrostów

długości i grubości, jako przodujące należy uznać następujące rodzaje i gatunki: topola, wierzba, grochodrzew biały, olsza szara, olsza czarna, osika i brzoza brodawkowata oraz oliwnik i tamaryszek.

Znacznie gorsze efekty od wymienionych dały w doświadczeniach: modrzew europejski, jesion wyniosły, wiąz górski, klon jesionolistny, dąb czerwony oraz karagana, porzeczka czarna, rokitnik zwyczajny, dereń, świdwa, bez czarny, rdest sachaliński, z zadrzewień zaś (na hałdach popiołu) powstałych z samosiewu można wymienić: wierzbę, osikę i grochodrzew.

Spośród omawianych hałd popielnych lepszym stanowiskiem okazały się hałdy popiołu z węgla kamiennego niż brunatnego. Nie ma natomiast wyraźnej opinii co do wpływu sposobu składowania popiołów na wzrost poszczególnych gatunków roślin.

Biorąc pod uwagę specyficzne właściwości fizykochemiczne hałdy popiołu elektrowni Konin oraz bliskość huty aluminium, której wpływ może spowodować eliminację upraw polowych, przeprowadzono na niej wieloletnie doświadczenia wegetacyjne (1970–1977 r.) z niektórymi gatunkami drzew i krzewów.

WYNIKI BADAŃ

Hałda popiołu w Koninie pochodzi ze spalania węgla brunatnego. Ukształtowana została przez transport hydrauliczny z elektrowni na składowisko (staw osadowy). Miąższość wynosi około 8 m, charakteryzuje się nierówną, często scementowaną powierzchnią o budowie warstwowej. W poziomach górnych lub dolnych profilu znajdują się utwory grube — skaliste, w innych ziemiste lub pylaste. Ponadto występują scementowane warstwy często już na głębokości i 10–15 cm [8, 9, 10]. Jedynym źródłem wody dla hałdy są opady. Stąd popioły charakteryzuje zróżnicowana wilgotność w poszczególnych poziomach (tab. 1), przy czym zawarta w nich woda jest przeważnie niedostępna dla roślin [8, 9, 10]. Ponadto z powodu właściwości cementujących utworów popielnych występują tu warstwy zeskalone, trudne do mechanicznej uprawy i trudno przepuszczalne dla wody opadowej.

Pod względem właściwości chemicznych są to utwory o odczynie alkalicznym (pH około 11–12), zawierające często ponad 40% krzemionki (SiO_2), 20–30% wapnia (CaO), 3–6% magnezu (MgO), 0,17–1,4% potasu (K_2O), ponadto około 10% glinu (Al_2O_3), 4,33% żelaza (Fe_2O_3) i 0,12–0,17% manganu (Mn).

W latach 1970–1975 na tej hałdzie założono 4 doświadczenia z drzewami i krzewami. Badano:

- przydatność różnych gatunków i odmian roślin,
- sposób przygotowania hałdy, sadzenia drzew i krzewów przy zastosowaniu nawozów,

Rozkład wilgotności w hałdzie popiołu elektrowni Konin
Moisture distribution in the dump of the Konin power plant

Próbki pobrane z doświadczenia numer Samples taken in the experiment No.	Termin pobrania Sampling date	Poziom A /5-10 cm/ A horizon /5-10 cm/		Poziom B /15-20 cm/ B horizon /15-20 cm/	
		wilgotność chwilowa temporary moisture		wilgotność chwilowa temporary moisture	
		w % wagowych in weight %	objętość in vol.%	w % wagowych in weight %	objętość in vol.%
I spod wierzby sadzonej wiosną 1970 r. I - from under willow planted in spring 1970	9.6.76	52,1	30,7	71,5	40,2
	5.7.76	25,5	15,7	59,6	43,0
	28.3.77	90,5	55,7	132,2	57,7
	średnia mean	56,0	34,0	87,8	47,0
III spod wierzby sadzonej wiosną 1974 r. III - from under willow plan- ted in spring 1974	9.6.76	79,7	40,7	55,6	38,2
	5.7.76	52,5	30,9	73,2	54,3
	28.3.77	158,9	66,3	116,6	65,5
	średnia mean	97,0	46,0	81,8	52,7
IV spod wierzby sadzonej wiosną 1975 r. IV - from under willow planted in spring 1975	5.7.76	44,4	20,5	63,6	39,7
	28.3.77	91,5	52,0	92,5	52,3

— przyjmowanie się roślin na hałdzie i ich wzrost w zależności od materiałów sadzeniowych (sadzunki ukorzenione, bez korony, bezpieńki i zrzesy).

Doświadczenie I. — Założono je sadząc wierzbę (listopad 1970 r.) na pozbawionej jakiejkolwiek roślinności twardej powierzchni scementowanego popiołu. Wyrównana powierzchnia hałdy (osadnika), jaką osiąga się przy użyciu hydrotransportu, miała w pewnych partiach zagłębienia, w których utrzymywała się woda po deszczach, w innych była spękana, bardziej lub mniej zbita.

Za pomocą kilofa, łomu i łopaty wykonano na powierzchni 250 m² 600 dołków (o średnicy około 40 cm i głębokości około 15 cm, w wieźbie 60×60 cm). Do 1/3 dołków dano po 1/2 kg torfu wysokiego, do 1/3 po 1/2 kg węgla brunatnego, a 1/3 dołków pozostawiono nie zaprawioną. Posadzono 587 wierzby, a mianowicie:

- 111 bezpieńków wieloletnich z pędami skróconymi do 20 cm,
 - 162 bezpieńki 3-letnie z pędami skróconymi do 20 cm,
 - 18 bezpieńków 1-rocznych z pędami skróconymi do 20 cm,
 - 296 zrzesów (nie ukorzenionych odcinków pędów długości 20 cm).
- Wierzby 40 odmian należały do 8 grup gatunkowych:
- Biała *Salix alba* L. 11 odmian,

- Biała Złotocha *Salix alba* var. *vitellina* 6 odmian,
- Biała *S. alba* × Krucha *S. fragillis* 6 odmian,
- Konopianka *S. viminalis* 7 odmian,
- Konopianka *S. viminalis* × Purpurowa *S. purpurea* 4 odmiany,
- Długokończysta *S. dasyclados* × Iwa *S. caprea* 3 odmiany,
- Amerykanka *S. americana* × Purporowa *S. purpurea* 2 odmiany,
- Migdałowa *S. amygdalina*, odmiana Kottenheiderwiede 1 odmiana.

Wiosną 1971 r. wysiano na całej powierzchni doświadczenia nawozy mineralne, stosując w czystym składniku po 200 kg/ha: superfosfatu 18%, soli potasowej 60% i saletry amonowej 34,5%. W czerwcu stwierdzono silne zróżnicowanie rozwoju roślin. Tam gdzie w czasie sadzenia stała woda, było najwięcej wypadów. Największy procent żywych roślin po I roku wegetacji otrzymano przy zastosowaniu węgla brunatnego i to przy wszystkich rodzajach materiału sadzeniowego, najmniejszy zaś bez dodatków torfu i węgla. Łącznie przyjęło się 84% roślin, a więc nadspodziewanie dużo, biorąc pod uwagę, że rośliny posadzone były niejako w „skale popielnej” (tab. 2).

Tabela 2

Wpływ zaprawiania dołków torfem i węglem na przyjmowanie się roślin /wierzby/ na hałdzie popiołu

Effect of filling pits with peat and brown coal on rooting of plants /willow/ on the ash dump

Rodzaj nawożenia Fertilization kind	Procent żywych roślin w stosunku do posadzonych po I i III roku wegetacji Per cent of living plants as related to those planted after the 1st and IIIrd growth year					
	bezpieńki wieloletnie many-year truncated stems	bezpieńki 3-letnie 3-year truncated stems	bezpieńki 1-roczone 1-year truncated stems	zrzczy 2-letnie 2-year cuttings	średni % mean %	po III roku wegetacji średni % after the IIIrd growth year
Węgiel brunatny 0,5 kg/roślinę Brown coal, 0,5 kg per plant	91	94	100	87	93	74
Torf wysoki 0,5 kg/roślinę Sphagnum peat, 0,5 kg per plant	91	83	84	65	81	71
Bez nawożenia mineralnego No organic fertilization	88	81	67	71	77	64
Średnio % po I roku Mean % after the 1st year	90	86	84	74	84	-
Średnio % po III roku Mean % after the IIIrd year	82	75	71	55	-	70

Po trzech latach wegetacji procent żywych roślin zmniejszył się do 70%, w tym 19% roślin wykazywało bardzo słabą wegetację. Największy procent przyjętych roślin otrzymano z bezpieńków wieloletnich, a najmniejszy ze zrzczy 2-letnich. Po 3 latach procent żywych roślin przy bezpieńkach wieloletnich zmniejszył się odpowiednio do 82%, przy zrzczy — do 55%.

Drugą dawkę nawozów, lecz o połowę mniejszą w stosunku do pierw-

szej (po 100 kg czystego składnika N, P₂O₅, K₂O na hektar) wysiano w połowie czerwca 1971 r. W końcu października wycięto pędy i (po oberwaniu liści) zważono. Przeciętna długość pędów wynosiła około 110 cm, a jedynie pędy wierzby z gatunku Konopiańka miały długość do 130 cm (w tym odmiana Carmen nawet 150 cm). Pędy różnych odmian wierzb sadzonych zrzesami posiadały bardzo wyrównaną długość (około 70 cm), z tym że liczba pędów z 1 zrzesu wahała się od 1 do 3. Jedynie Konopiańka Carmen odznaczała się dłuższymi pędami (około 100 cm) (tab. 3).

Latem 1972 r. na całej powierzchni doświadczenia stwierdzono nasilony rozwój chwastów i traw. Występowały tam głównie: komosa, bniec dwudzielny, podbiał pospolity, śmiałek darniowy, łoboda rozłożysta, wiechlina łąkowa, rogownica, stulicha psia, perz właściwy.

Ręczne pielienie było bardzo utrudnione ze względu na obnażanie korzeni wierzby spowodowane usuwaniem chwastów wraz z silnie trzymającą się ich warstwą gleby. Powodowało to odkrycie korzeni wierzby i przyspieszało ich zanik. Przeprowadzone próby zwalczania chwastów za pomocą herbicydów wykazały, że przy alkalicznym odczynie hałdy chwasty reagowały tylko na bardzo wysokie dawki herbicydów: gezatop 5 l/ha oraz chwastox 10 l/ha i to w stopniu niedostatecznym. Z kolei zbyt wysokie dawki herbicydów uszkadzały częściowo wierzby, mimo stosowania oprysków tylko na międzyczęściach.

Po drugim roku wegetacji (1972) pędów wierzby nie wycinano (dla ułatwienia roślinom walki z chwastami). Wycięto je dopiero jesienią 1973 r. Od tego okresu odrosłych pędów wierzby już nie wycinano, lecz mierzono tylko ich długość (tab. 3).

Wierzby w omawianym doświadczeniu przeszły swoisty test odpornościowy na zachwaszczenie. Okazało się, że Konopiańka, która w I roku zbiorów pod względem plonów, jak i długości pędów górowała nad pozostałymi gatunkami, jest mało odporna na konkurencję chwastów. Natomiast mieszańce wierzby białej i kruchej (a szczególnie odmiana Balaton), wierzba biała oraz mieszańce Konopianki z purpurową pomimo zachwaszczenia dały po dwóch latach najwyższy plon łączny. Podobnie w VII roku wegetacji odmiany te odznaczały się największą wysokością, osiągając w przypadku odmiany Balaton 370 cm przy równoczesnej dużej liczbie pędów z krzewu.

Doświadczenie II. Założono je na hałdzie obok doświadczenia I. Jesienią 1970 r. teren obsadzono 2-letnimi sadzonkami szkółkowanymi (8 gatunków drzew i 5 krzewów, łącznie 84 sadzonki), zaś wiosną 1971 r. wysadzono 11 gatunków drzew (po 15 sadzonek z każdego gatunku). Dołki, podobnie jak w doświadczeniu I, wykonywano ręcznie za pomocą kilofa i szpadla.

Corocznie określano liczbę żywych roślin, a od drugiego roku wegetacji dokonywano również pomiarów wysokości drzew i krzewów oraz

Tabela 3

Plonowanie oraz średnie długości pędów różnych gatunków wierzby na hałdzie popiołu elektrowni Konin
/doświadczenie I/
Yielding and mean length of shoots of different willow species on the ash dump of the Konin power plant
/experiment I/

Grupy gatunkowe wierzby Willow species groups	Plon pędów po I roku q/ha Yield of shoots after the 1st year q/ha	Plon pędów 2-letnich po III roku q/ha Yield of 2-year shoots after the IIIrd year q/ha	Średnia długość pędów 2-letnich po III roku w cm Mean length of 2-year shoots after the IIIrd year, in cm	Średnia długość pędów/nie wycinanych od 1974 r./ w latach Mean length of shoots in particular years /uncut since 1974/			
				1974-IV rok wegetacji 1974, IVth growth year	1975-V rok wegetacji 1975, Vth growth year	1976-VI rok wegetacji 1976, VIth growth year	1977-VII rok wegetacji 1977, VIIth growth year
<i>Salix alba</i> L.	13,2	54,5	155	147	195	229	268
<i>Salix alba</i> var. <i>vitellina</i>	23,4	37,0	155	137	195	226	250
<i>Salix alba</i> var. <i>Balaton</i> x <i>S. fragilis</i>	21,4	99,5	165	165	250	300	370
<i>Salix viminalis</i>	38,4	29,0	153	125	160	185	280
<i>Salix viminalis</i> x <i>S. purpurea</i>	13,8	53,0	170	174	200	218	275
<i>Salix dasyclados</i> x <i>S. caprea</i>	13,7	48,0	165	140	180	210	230
<i>Salix amygdalina</i>	13,6	37,0	150	120	155	180	250
<i>Salix americana</i> x <i>S. purpurea</i>	5,5	2,0	100	zanik	-	-	-

grubości pnia w odziomku. Nawożenie mineralne wykonywano corocznie w 2 ratach, w dawkach identycznych jak w doświadczeniu I (tab. 4).

Po pierwszym okresie wegetacji stwierdzono, że sosna wejmutka w ogóle się nie przyjęła, a iwa zaledwie w 8% (jest to jedyny gatunek wierzby nie wytwarzający korzeni przybyszowych). Brzozy brodawkowatej przyjęło się 7%, a grabu pospolitego 13%. Pozostałe gatunki przyjęły się w ilości od 33 do 100%.

Po II bądź III roku wegetacji nastąpiło gwałtowne zasychanie słabo ukorzenionych roślin, sadzonych wiosną, tak że po 3 latach wegetacji z tej partii pozostało przy życiu tylko 6 gatunków na 11. W lecie IV roku wegetacji (1974) niestety połowa ówczesnej liczby żywych topoli białych i olszy szarej, wszystkie wierzby Karela i gruczołkowate oraz po 1 szt. róży i oliwnika zostały wycięte przez nieznaną sprawców.

W dalszych latach stan żywych roślin już nie uległ zmianie aż do roku 1977, kiedy to przedstawiciele Energetyki zmuszeni byli wyciąć najwyższe drzewa ze względu na zbyt niebezpieczną ich odległość od linii wysokiego napięcia. Tym samym doświadczenie zostało przerwane.

Doświadczenie II wykazało, że po 7 latach na 23 badanych gatunków największą żywotnością odznaczały się: topole — berlińska i koreańska oraz w nieco mniejszym stopniu biała, wierzba biała i gruczołkowata, jesion wyniosły i olsza szara, a spośród krzewów: oliwnik i tamaryszek. Powyższe gatunki (z wyjątkiem jesionu) odznaczały się również najwyższą wysokością i grubością w odziomku, a wśród nich dominowały: topole (od 315 do 370 cm wysokości i 5,1 do 6,6 cm grubości w zależności od gatunku), wierzba biała (350 cm i 8,5 cm) oraz oliwnik wąskolistny (214 cm i 5,5 cm).

W roku 1977 na opisanym doświadczeniu odkopano systemy korzeniowe topoli białej i wierzby białej. Topola (o wysokości 440 cm i 10 cm średnicy pnia w odziomku) miała silny system korzeniowy, składający się z 6 głównych korzeni odrastających z karpki na głębokości od 10 do 30 cm pod powierzchnią gruntu. Dwa najdłuższe korzenie (250 i 230 cm) miały grubość u nasady 9,5 cm. Cały system korzeniowy zajmował powierzchnię $4,8 \times 3,0$ m, czyli $14,4$ m². Wierzba po 7 latach osiągnęła wysokość 350 cm i średnicę w odziomku 8,5 cm. Dwa najdłuższe korzenie wierzby wyrastały na 3 i na 10 cm pod powierzchnią. Jeden korzeń posiadał 250 cm długości i 4,1 cm grubości przy nasadzie, a drugi 20 cm grubości. Pozostałe 4 korzenie wyrastały na głębokości 30 cm i były płasko rozłożone, nie przekraczając 130 cm długości i 2,0 cm grubości. Powierzchnia zajęta przez korzenie wierzby wynosiła: $4,5$ m \times $2,5$ m, czyli $11,3$ m².

W odróżnieniu od stanowisk normalnych wzrost korzeni drzew na głębokość zatrzymał się na nie wzruszonym, twardym utworze popiołu.

Doświadczenie III. Założono je na powierzchni hałdy użytkowanej w ciągu 3 lat pod kupkówką pospolitą. Powierzchnię hałdy po-

Wzrost drzew i krzewów na hałdzie popiołu elektrowni Konin /doświadczenie II/
Growth of trees and shrubs on the ash dump of the Konin power plant /experiment II/

Gatunek rośliny Plant species	Liczba posadzonych roślin Number of plants	Procent roślin żywych w sto- sunku do posadzonych Per cent of living plants as related to planted ones				Średnia wysokość drzew i krzewów po kolejnym roku wegetacji w cm Mean height of trees and shrubs after the growth year, cm					Średnia grubość pnia w odziomku po kolejnym roku wegetacji w cm Mean trunk thickness in the butt after the growth year, cm				
		po I roku after the Ist year	po II roku after the IInd year	po III roku after the IIIrd year	po IV roku after the IVth year	II	III	IV	VI	VII	II	III	IV	VI	VII
		Sadzenie - listopad 1970 r. Planting November, 1970													
1. Pinus strobus L.	9	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2. Robinia pseudoaccacia L.	3	33	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Populus Berolinensia	3	100	100	100	100	145	185	235	304	370	2,0	2,5	3,2	4,9	6,2
4. Populus koreana	5	60	60	60	60	110	190	198	260	315	1,4	2,1	2,9	4,1	5,1
5. Populus alba L.	21	38	38	38	19 ^x	130	170	200	288	348	1,5	2,0	2,3	5,0	6,5
6. Alnus incana Moench.	9	56	22	22	11 ^x	80	120	180	214	214	1,5	1,8	2,1	3,4	3,5
7. Salix alba L.	1	100	100	100	100	110	200	230	300	350	1,8	2,4	3,4	5,6	8,5
8. Salix caprea L.	12	8	8	0	0	60	-	-	-	-	1,1	-	-	-	-
9. Rosa rugosa Thunl.	3	100	100	100	67 ^x	30	30	35	48	54	-	-	-	-	-
10. Tamarix	3	100	100	100	100	120	150	163	184	297	1,0	1,9	1,95	2,2	2,9
11. Elaeagnus angustifolia L.	3	100	100	100	67 ^x	120	150	187	235	241	2,1	3,1	3,7	5,2	5,5
12. Physocarpus internea M.	3	33	33	33	33	120	145	160	160	165	1,2	1,4	1,5	1,7	1,8
13. Cotoneaster dielsiana L.	9	33	22	22	22	80	85	125	148	150	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3
Sadzenie - kwiecień 1971 r. Planting April, 1971															
1. Alnus incana Moench.	15	60	27	27	27	90	105	110	120	145	-	1,3	1,5	1,9	2,7
2. Alnus glutinosa Gaertn. /	15	60	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Betula pubescens Ehrh.	15	20	13	13	13	80	130	181	189	229	-	2,0	2,9	3,9	4,4
4. Betula verrucosa Ehrh.	15	7	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5. Salix Karelini	15	100	7	7	0 ^x	70	145	-	-	-	-	1,5	-	-	-
6. Salix adenophylla	15	93	27	27	0 ^x	110	170	-	-	-	-	1,7	-	-	-
7. Fraxinus excelsior L.	15	87	40	33	27	35	35	43	46	48	-	1,1	1,1	1,4	1,7
8. Carpinus betulus L.	15	13	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9. Tilia cordata Mill.	15	40	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10. Acer platanoides L.	15	87	80	0	0	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11. Quercus rubra Du Roi non L.	15	60	7	7	0	30	40	-	-	-	-	-	-	-	-

x - ubytek spowodowany zniszczeniem drzew przez nieznaną sprawców -

krytą rzadką roślinnością trawiastą zaorano pługiem melioracyjnym na maksymalną do osiągnięcia w tych warunkach głębokość 20–25 cm. Na przygotowanym terenie posadzono 250 drzew wierzby białej w 5 rzędach, w więźbie 2 m × 1 m. W kwietniu 1974 r. sadzono dwuletnie sadzonki szkółkowane z obciętą koroną (pod najniższym rozgałęzieniem) na wysokości około 100 cm od powierzchni hałdy.

Wśród sadzonek były odmiany wierzby białej: B-138, W-257, DBgW 38 (po 25 sztuk) i odmiana gospodarcza Sękocin (50 sztuk). Na przedłużeniu każdego rzędu posadzono dodatkowo po 25 sadzonek odmiany Sękocin, które nie podlegały pomiarom.

Nawożenie mineralne zarówno w roku założenia doświadczenia, jak i w latach następnych było następujące: w I dekadzie kwietnia po 200 kg/ha i w początkach czerwca po 100 kg/ha czystego składnika N, P₂O₅ i K₂O. Nawozy stosowano w postaci saletry amonowej 34,50%, superfosfatu granulowanego 460/0 i soli potasowej 570/0. Wysiewano je wzdłuż rzędów drzew w pasie szerokości 1 m.

Pierwszego pomiaru drzew dokonano w maju 1974 r. Zmierzono wysokość pnia (pozostałego po odcięciu korony), pierśnicę, grubość pnia w odziomku (na wysokości 5 cm). Drugi pomiar wykonano w październiku tego roku, mierząc dodatkowo liczbę odrostów z pnia, długość najdłuższego odrostu oraz kąt, jaki tworzą odrosty z pniem.

W pierwszym roku wegetacji z wierzchołka pnia odrosło po kilkanaście pędów. W marcu 1975 r. przystąpiono do formowania korony przez obcięcie wszystkich pędów z wyjątkiem najdłuższego, rosnącego pionowo, tzw. przewodnika. Przyjęły się wszystkie sadzonki i utrzymały się do końca I okresu wegetacji.

We wrześniu II roku (1975) stwierdzono pierwsze wypadły drzew. Na 250 posadzonych drzew uszło 12, ale również zaczęły odrastać pędy szyjki korzeniowej. Osłabienie drzew (spowodowane m.in. długotrwałą suszą) przyczyniło się do ich większej podatności na szkodliwe gazy z elektrowni i huty aluminium. Zauważono na roślinach pierwsze zbrunatnienia i zasychanie blaszek liściowych, szczególnie u odmiany Sękocin. Na rosnących obok wierzbach białych (Sadłowska i Balaton) w formie krzewiastej uszkodzenia liści od gazów były bez porównania mniejsze. Równocześnie od II roku cała powierzchnia doświadczenia została silnie porośnięta kupkówką pospolitą z samosiewu. Kupkówka niewątpliwie utrudniała rozwój wierzb.

Pod koniec III okresu wegetacji odkopano drzewko odmiany Sękocin posadzone na głębokości 25 cm. Pod powierzchnią gruntu wyrosły z odziomka pnia 2 silne korzenie przybyszowe, które po 3 latach osiągnęły długość 40 i 60 cm. Na spodzie warstwy zaoranej nad zeskaloną masą rozłożone były korzenie wtórne, wyrosłe z 3 korzeni pierwotnych sadzonki. Pod koniec III roku drzewa na doświadczeniu zaatakowane zostały przez grzyb *Glomorella myiabeana* (zgorzel kory) występującego

w postaci ciemnych plam na korze pni. Po zamknięciu pierścienia na obwodzie pnia zgorzel powodowała jego usychanie.

Jak wynika z pomiarów (tab. 5), pod względem liczby żywych drzew po 4 latach i przyrostu drzew na wysokość odmiana Sękocin zajmuje I miejsce (96% i 271,4 cm), natomiast pod względem przyrostów pierśnicy (średnicy pnia na wysokości około 1 m) oraz grubości pnia w odziomku pierwsze miejsce zajmuje odmiana B-138 (1,15 cm i 2,3 cm).

T a b e l a 5

Ocena wzrostu wierzby białej na hałdzie popiołu elektrowni Konin
/doświadczenie III/
Estimation of white willow growth on the ash dump of the Konin power plant
/experiment III/

Wyszczególnienie - Specification	Wierzba biała - White willow				
	B 138	W 527	DBgW 38	Sękocin	
Liczba żywych roślin w % do posadzonych w końcu roku Number of living plants as related to those planted at the end of	1974	100	100	100	100
	1975	96	100	100	98
	1976	80	92	100	96
	1977	60	92	60	96
Wysokość pnia, na której mierzono "pierśnicę" w cm Trunk height at which the "breast diameter" thickness was measured		115	98	96	107
Ogólna liczba odrostów z pnia w 1974 r. w cm Total number of trunk sprouts in 1974 in cm		15,3	13,2	11,7	13,2
Kąt jaki tworzyły odrosty z pniem w 1974 r. w stopniach Angle between trunk sprout and trunk in 1974, in degrees		35	50	40	33
Pierśnica /grubość pnia/ w maju 1974 r. w cm Breast diameter /trunk thickness/ in May 1974, in cm		0,87	0,76	0,97	1,15
Przyrosty pierśnicy w ciągu 1974 r. w cm Breast diameter in 1974 in cm		0,07	0,07	0,09	0,12
	1975 r. w cm	0,21	0,20	0,09	0,16
	1976 r. w cm	0,28	0,29	0,15	0,15
	1977 r. w cm	0,59	0,32	0,51	0,62
Łączny przyrost pierśnicy w ciągu 4 lat w cm Total breast diameter increment after 4 years in cm		1,15	0,88	0,84	1,05
Pierśnica drzew po 4 latach wegetacji w cm Breast diameter of trees after 4 years of growth in cm		2,02	1,64	1,81	2,20
Grubość pnia w odziomku /na 5 cm/ w maju 1974 r. w cm Total thickness of trunk in butt /5 cm above ground/ in May 1974 in cm		2,11	1,74	1,86	2,09
Przyrost grubości pnia w odziomku w ciągu 1974 r. w cm Trunk thickness increment in butt in 1974 in cm		0,09	0,10	0,10	0,16
	1975 r. w cm	0,23	0,22	0,14	0,19
	1976 r. w cm	0,49	0,30	0,15	0,38
	1977 r. w cm	1,49	0,63	0,70	0,92
Łączny przyrost grubości pnia w odziomku w ciągu 4 lat Total trunk thickness increment in butt after 4 years		2,30	1,25	1,10	1,60
Grubość pnia w odziomku po 4 latach wegetacji w cm Trunk thickness in butt after 4 growth years		4,41	2,99	2,95	3,74
Przyrost przewodnika w ciągu 1974 r. w cm Conductor increment in 1974 in cm		58,5	37,3	41,5	88,1
	1975 r. w cm	13,0	13	4,2	18,6
	1976 r. w cm	34,5	45,8	3,9	17,5
	1977 r. w cm	39,0	21,2	43,2	51,5
Łączny przyrost przewodnika w ciągu 4 lat w cm Total conductor increment after 4 years in cm		145	117,3	92,8	175,7
Wysokość drzew po 4 latach w cm Tree height after 4 years in cm		260	200,6	190,0	271,4
Maksymalna wysokość pojedynczych drzew w cm Maximum height of single trees in cm		310	248	225,0	330,0

W roku sadzenia drzewek odrosty z pnia (po ucięciu koron) były bardzo bujne (u odmiany Sękocin 88 cm długości).

W II i III roku wegetacji przyrosty bardzo zmalały, natomiast w IV r. przy rozbudowanym systemie korzeniowym i przy bardzo sprzyjających warunkach atmosferycznych (liczne i obfite opady) przyrosty znów wyraźnie wzrosły. Przyrosty pni na grubość w ostatnim 1977 roku były bez porównania większe niż w latach poprzednich.

D o s ь w i a d c z e n i e IV. Zostało założone w marcu 1975 r. na wschodniej części hałdy. Na jednej części terenu posadzono drzewka na płytce orce¹ wykonanej pługiem melioracyjnym (głębokość 7 do 25 cm, najczęściej 15–20 cm), na drugiej zaś sadzono je w otwory wiercone mechanicznie (50 cm średnicy i 70 cm głębokości).

Ze względu na twardość zeskalonego popiołu hałdy (po 14 otworach stalowe, hartowane noże wiertel grubości 2 cm starły się z 7 do 2 cm), liczbę otworów ograniczono do 144 (tab. 6). Badano następujące jednoroczne odmiany: topolę białą na 1-rocznym korzeniu, topolę Hirsowa na 2-letnim korzeniu oraz wierzbę białą odmiany Soderberg i Sękocin na 2-letnim korzeniu każdej odmiany.

Wysadzono po 72 sadzonki każdej odmiany w oddzielnym rzędzie. Połowa sadzonek (36 sztuk) została umieszczona w wierconych otworach, a połowa w dołkach. Te ostatnie były z reguły za płytkie, tak że wokół sadzonek trzeba było usypać kopczyki z popiołu na wysokość 30 cm. Z każdych 36 sadzonek 12 posadzono w odstępach 4 m, a 24 sadzonki w odstępach 2 m. Odległość między rzędami wynosiła 4 m (więźba 4×4 m i 4×2 m).

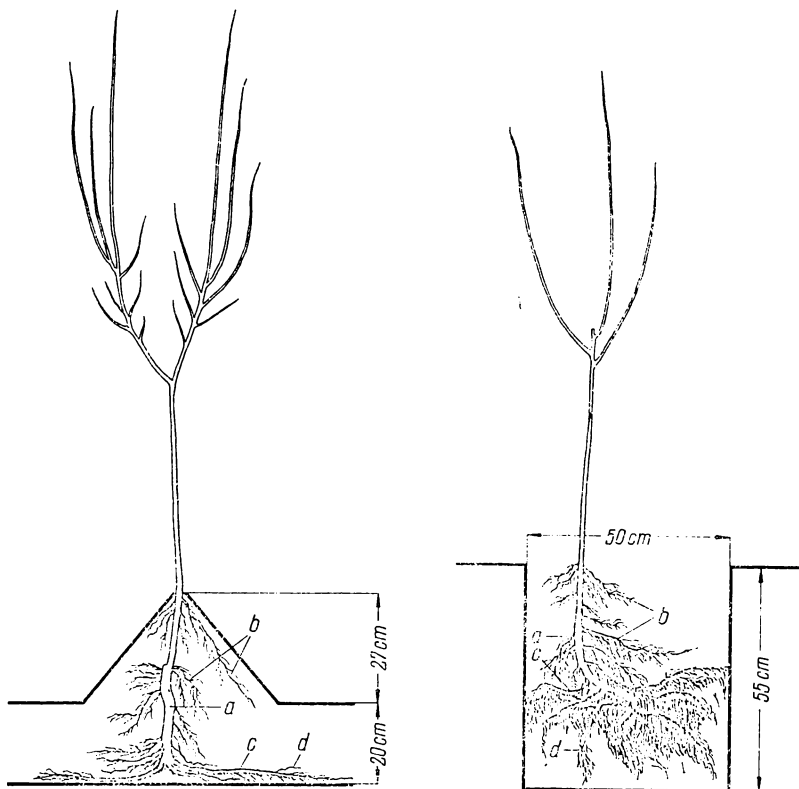
W dniu sadzenia drzew wysiano również I część nawozów mineralnych, stosując pod każde drzewko nawozy mineralne na powierzchnię 1 m². W przeliczeniu na 1 ha wysiano po 200 kg czystego składnika N, P₂O₅ i K₂O. W czerwcu zastosowano drugą dawkę nawozów o połowę mniejszą.

W pierwszych dniach czerwca stwierdzono, że przyjęło się 95% sadzonek. Niestety około 30% drzewek sadzonych w otwory wiercone zostało ścięte w połowie wysokości przez nieznanego sprawcę (spowodowało to wypuszczenie dodatkowych pędów z dolnej części sadzonki).

W okresie zimy 1975/76 młode drzewka znacznie ucierpiały od zajęcy i królików, które poobgryzały korę na mniejszej lub większej powierzchni, głównie wierzb. Wywołało to skrócenie odrostów w II roku wegetacji, a w niektórych przypadkach usychanie wierzchołków a nawet całych drzewek. Analogiczne nawożenie jak w I roku przeprowadzono w kwietniu 1976 r. (I część) i czerwcu (II część). W końcu sierpnia 1976 r. wykopano 4 drzewka (2 wierzby białe i 2 topole białe) w celu stwier-

¹ Ze względu na trudne warunki hałdy (zbite warstwy) głębsza orka była niemożliwa.

dzenia różnic w budowie systemów korzeniowych drzewek sadzonych na orce i w otworach wierconych. Wybrano drzewka średniej wysokości nie uszkodzone (rysunki 1–4). Wierzba biała odmiany Sękocin (rys. 1) z pędem jednorocznym na 2-letnim korzeniu posadzona została na hałdzie wiosną 1975 r. po orce. Po posadzeniu uformowano wokół pnia kopczyk z popiołu, który w dniu wykopania drzewka miał 27 cm wysokości. Po dwóch okresach wegetacji korzenie przybyszowe wyrastały pod samą powierzchnię w zasięgu kopczyka z dolnej partii pnia. Poniżej wyrastały następne korzenie przybyszowe z pierwotnej sadzonki (nie przekraczające 30 cm długości), częściowo w kopcu, a częściowo w warstwie zaoranej. Najniższe piętro stanowiły korzenie wtórne wyrastające



Rys. 1. Wierzba biała *Salix alba* L. po dwóch okresach wegetacji (sadzona po orce)
 a — sadzonka pierwotna, b — korzenie przybyszowe, c — korzenie pierwotne, d — korzenie wtórne

White willow *Salix alba* L. after two growing seasons (planted after ploughing).
 a — primary seedlings, b — adventitious roots, c — primary roots, d — secondary roots

Rys. 2. Wierzba biała *Salix alba* L. po dwóch okresach wegetacji w otworze wierconym
 objaśnienia jak w rys. 1

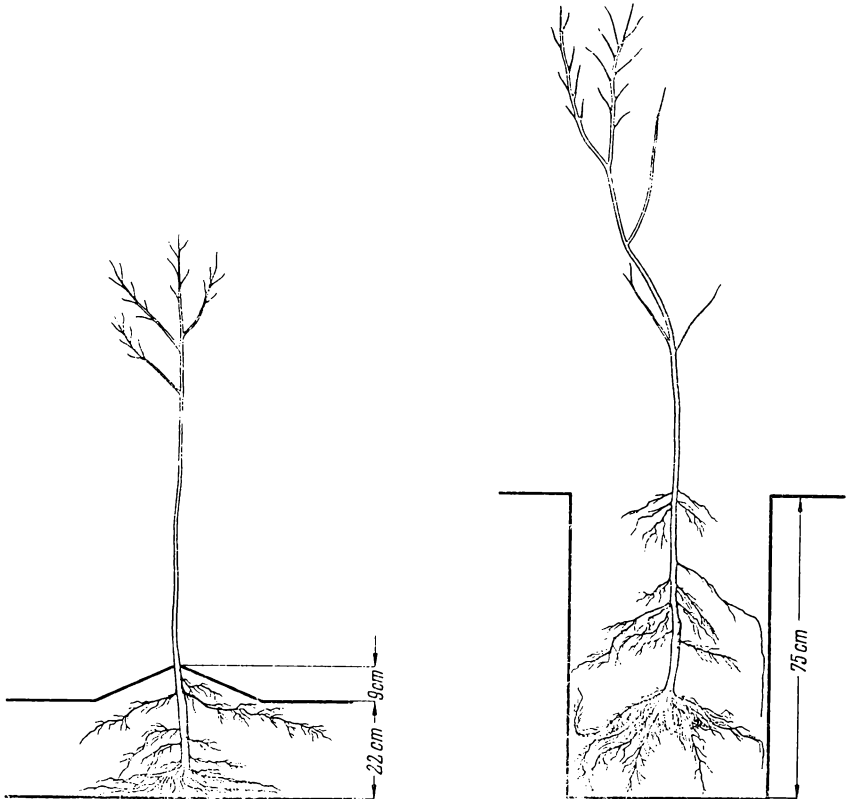
White willow *Salix alba* L. after two growing seasons (planted in bored pits)
 denotations — as in Fig. 1

z korzeni pierwotnych (przyciętych przy sadzeniu), rozłożone na dnie warstwy zaoranej na skale popiołu.

Podobne drzewko wierzby białej posadzone w otwór wiercony wytworzyło bogaty system korzeniowy dochodzący do 55 cm głębokości. Przeważały w nim korzenie wtórne wyrastające z korzeni pierwotnych (rys. 2).

Topola biała (rys. 3) posadzona po orce jako jednoroczne drzewko (na jednorocznym korzeniu) odznaczała się najslabszym systemem korzeniowym. Można to częściowo tłumaczyć małą wysokością „kopczyka”. Pojedynczy korzeń przybyszowy rosnący pod powierzchnią gruntu osiągnął 50 cm długości.

Topola biała (rys. 4) została posadzona w wywiercony otwór (około 30 cm głębiej niż rosła w szkółce). Korzenie przybyszowe wyrastające



Rys. 3. Topola biała *Populus alba* L. po dwóch latach wegetacji (sadzona po orce)
White poplar *Populus alba* L. after twogrowing seasons (planted after ploughing)

Rys. 4. Topola biała *Populus alba* L. po dwóch okresach wegetacji w otworze wierconym

White poplar *Populus alba* L. after two growing seasons (planted in bored pits)

z pnia i z sadzonki osiągnęły znaczną długość i grubość. Korzenie wtórne dochodziły do dna otworu (do głębokości 75 cm).

We wrześniu 1975 r. dokonano pomiaru przyrostów pędów, zaś w październiku 1976 r. pomiarów wysokości wszystkich drzewek oraz ich grubości na wysokości 5 cm od powierzchni gruntu lub od wierzchołka usypanego kopczyka (tab. 6).

Wśród drzewek sadzonych na orce największy wpływ na żywotność roślin miała miąższość warstwy popiołu rozkruszonej pługiem. W miejscach, gdzie miąższość wynosiła 7–8 cm, drzewka uschły pomimo kopczyków. Tam, gdzie korzenie mogły dojść do głębokości 20–25 cm, na której wilgotność popiołu w lipcu była dwukrotnie większa niż w warstwie powierzchniowej (tab. 1), drzewka żyły (dodatkową przyczyną usychania drzewek były również zające).

W otworach wierconych na głębokość 70–80 cm o średnicy 50 cm średni procent żywych drzewek wyniósł 88,9%, z tym że białodrzew posiadał nieco niższy procent (83,3) od pozostałych gatunków.

Ogólnie należy stwierdzić, że przyrosty drzewek w roku 1976 były niewielkie, nawet u drzewek sadzonych w otwory, do czego poza suszą przyczyniło się również silne zachwaszczenie (głównie przez nostrzyk biały, pogłębiający deficyt wody).

W zimie 1976/77, podobnie jak w poprzednim roku, drzewka silnie ucierpiały od zwierząt. Nawożenie drzewek wykonano analogicznie jak w dwóch poprzednich latach, wysiewając pierwszą część nawozów mineralnych w kwietniu, a drugą w czerwcu 1977 r.

W końcu sierpnia stwierdzono usychanie prawie wszystkich drzewek sadzonych na orce, natomiast wśród drzewek sadzonych w otwory wypadły były bez porównania mniejsze. W październiku 1977 r. spośród wszystkich 144 drzewek posadzonych na orce tylko jedna wierzba odmiany Sękocin i 2 topole białe były żywe, czego dowodem było odbijanie pędów szyjki korzeniowej o długości 70–100 cm. Prócz nich niektóre drzewa miały jeszcze kilkucentymetrowe odrosty. Korony i pnie wszystkich drzew zaschły. Wśród drzewek sadzonych w otwory wypadły w 1977 r. wahały się od 3% (u białodrzewia) do 30% u topoli Hirsowa. W tej sytuacji szczegółowe pomiary drzewek w październiku 1977 r. ograniczono do partii sadzonej w otwory wiercone (tab. 6).

Pomiary wykazały, że pod względem żywotności drzew rosnących w otworach o tych samych wymiarach na czoło wysuwają się wierzba Godesberg i topola biała (83,3 i 80,6% drzew żywych po 3 latach). Przyrosty pędów w I roku po posadzeniu były większe na drzewkach sadzonych na orce niż sadzonych w otwory (60 cm i 40 cm). Jednakże już jesienią II roku doświadczenia wysokość drzew w otworach była wyższa niż na orce (121 i 103 cm), zaś jesienią w III rok uśrednia wysokość drzew sadzonych w otworach osiągnęła 174 cm (topola biała 207 cm,

Wpływ sposobów sadzenia na wzrost drzew na hałdzie popiołu elektrowni Konin /doświadczenie IV/
Effect of planting methods on growth of trees on the ash dump of the Konin power plant /experiment IV/

Wyszczególnienie - Specification	Drzewka sadzone na płytkiej orce Trees planted after shallow ploughing					Drzewka sadzone w otworach wierconych Trees planted in bored pits				
	Wierzba Sękocin Willow Sękocin	Wierzba Godesberg Willow Godesberg	Topola Hirsowa Hirsown poplar	Topola biała White poplar	Średnia Mean	Wierzba Sękocin Willow Sękocin	Wierzba Godesberg Willow Godesberg	Topola Hirsowa Hirsown poplar	Topola biała White poplar	Średnia Mean
Liczba drzew posadzonych wiosną 1975 r. Number of trees planted in spring 1975	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
Liczba żywych drzew jesienią 1975 r. w tym częściowo uschniętych Number of living trees in autumn 1975, of which partly dried off	36 9	36 6	34 7	35 11	35,3 8,3	35 1	36 1	36 2	36 1	35,8 1,3
Liczba żywych drzew jesienią 1976 r. Number of living trees in autumn 1976	21	16	22	14	18,3	31	34	33	30	32
1977	1	0	0	2	0,8	23	30	22	29	26
w % do posadzonych in % of planted ones	3	0	0	6	2,3	64	83	61	81	72
Przyrosty pędów w ciągu 1975 r. w cm graniczne Border increments of shoots in 1975 in cm	60- 90	30- 85	20- 50	30-120	-	40-100	20- 50	15-30	15- 40	-
Przyrosty pędów w ciągu 1975 r. w cm średnie Mean increments of shoots in 1975 in cm	70	60	40	70	60	70	40	25	25	40
Wysokość drzew jesienią 1976 r. w cm graniczne Border height of trees in autumn 1976 in cm	42-174	44-118	77-137	56-115	-	58-156	55-163	92-196	50-213	-
Wysokość drzew jesienią 1976 r. w cm średnie Mean height of trees in autumn 1976 in cm	102	96	111	102	102,8	104	111	138	132	121,3
Wysokość drzew jesienią 1977 r. w cm graniczne Border height of trees in autumn 1977 in cm	-	-	-	-	-	68-240	110-230	104-230	133-305	-
Wysokość drzew jesienią 1977 r. w cm, średnie Mean height of trees in autumn 1977 in cm	-	-	-	-	-	148	165	175	207	173,8
Grubość pnia w odziomku jesienią 1976 w cm Trunk thickness in butt in autumn 1976 in cm	1,19	1,14	1,67	1,26	1,32	1,08	1,27	2,27	1,36	1,5
1977	-	-	-	-	-	1,57	1,80	3,05	2,63	2,26

topola Hirsowa 175 cm, wierzby Godesberg 165 cm, a Sękocin 148 cm). Drzew na orce nie mierzono, gdyż w III roku uschły.

Grubość pnia w odziomku była po II roku wyższa u drzew w otworach niż na orce (1,5 cm i 1,3 cm). Po III roku średnia grubość drzew w otworach wynosiła 2,3 cm (topole Hirsowa 3,1 cm, biała — 2,6 cm). Wierzby odznaczały się mniejszą grubością — 1,8 i 1,6 cm.

OMÓWIENIE WYNIKÓW DOSWIADCZEŃ

Przy sadzeniu drzewek specyficzne właściwości hałdy popiołu w Koninie zmuszają do wykuwania dołków, aby umożliwić roślinom sięgnięcie do warstw głębszych. Orka trzyskibowym pługiem melioracyjnym nie daje dobrych rezultatów, korzenie bowiem w zeskalonej masie popielnej sięgają do 7–25 cm, w zależności od jej twardości. Z kolei świdry mechaniczne przy wierceniu otworów zbyt szybko ulegają ścieraniu. Użytecznym do tego celu narzędziem mógłby być zrywacz (produkcji jugosłowiańskiej do usuwania nawierzchni szosy. W czasie prób z tą maszyną pokruszono wierzchnią warstwę hałdy na głębokość 20–50 cm.

Większe „bloki” popiołu oderwane zrywaczem uległy zlasowaniu po pierwszej zimie do tego stopnia, że można je było pokruszyć broną talerzową, po wyrównaniu zaś powierzchni wyorać bruzdy pługiem jednoskibowym i sadzić drzewa i krzewy. Jest to najmniej pracochłonny system przygotowania tego typu hałdy do nasadzeń.

Jako przedplonu przed zadrzewieniem hałdy nie należy stosować wieloletnich traw (jak np. kupkówka pospolita) lub rozmnażających się z nasion roślin motylkowych (nostrzyk biały), gdyż zwalczanie ich wśród młodych sadzonek drzew jest bardzo utrudnione.

Dobry efekt, wpływający na przyjęcie się sadzonek drzew i krzewów na hałdzie, daje dodatek nawozów organicznych w postaci torfu lub węgla brunatnego.

Sadzenie wierzby bezpieńkami wieloletnimi dało większy efekt niż rzrezami. Spośród 40 odmian wierzby największą żywotnością i przyrostem na hałdzie popiołu odznaczały się odmiany należące do wierzby białej i jej mieszańców, konopianki i jej mieszańców oraz odmiany międałowej.

Spośród innych gatunków drzew i krzewów dobry wzrost wykazały topole (berlińska, koreańska i biała), oliwnik i tamaryszek. Przy sadzeniu wierzby, jak również topoli na hałdzie istotną rzeczą okazała się sprawa wpływu siedliska na ich wzrost. Wyższe przyjęcie się, jak i bardziej intensywny wzrost sadzonek zanotowano w przypadku sadzenia w otwory wiercone niż na orce.

Reasumując omawiany problem rekultywacji przez zastosowanie nasadzeń drzew i krzewów na hałdach popiołu można stwierdzić, co następuje:

1. Stosunkowo najłatwiejsze do zadrzewień są hałdy żużlowo-popielne, trudniejsze hałdy z popiołu dymnicowego powstałe po spaleniu węgla kamiennego, najtrudniejsze zaś hałdy popiołu dymnicowego powstałe ze spalania węgla brunatnego.

2. Żywotność przyjętych drzew i krzewów w dalszych latach po posadzeniu na hałdzie popielnej zależy od takich czynników, jak uszkodzenia kory przez zwierzyne, konkurencja chwastów, chorób grzybowych, szkodników owadzych, szkodliwych gazów, właściwego doboru gatunków i odmiany drzew czy krzewów. Decydujący jednak wpływ na wzrost sadzonek ma miąższość pokruszonej warstwy skały popielnej, szczególnie w przypadku hałdy utworzonej transportem hydraulicznym, gdyż tylko w tej rozkruszonej warstwie rozwijają się korzenie drzew i krzewów.

3. Doświadczenia wykazały niemożność uprawy na hałdach popiołu gatunków iglastych. Spośród gatunków liściastych najlepsze przystosowanie wykazały: topola, wierzba (szczególnie biała), grochodrzew biały, olsza szara i osika, spośród krzewów zaś: oliwnik i tamaryszek. Właściwie zakorzenione drzewa przy wysokim nawożeniu mineralnym (po 300 kg N, P₂O₅ i K₂O) dają dobre przyrosty.

4. Sadzenie drzew bezpiecznikami lub sadzonkami z obcięta koroną ułatwia przyjmowanie się roślin na hałdzie. Zrzezy wierzby przyjmują się natomiast o 30% gorzej od bezpieczników.

LITERATURA

- [1] Adamczyk B., Królikowski L., Mucha W.: Sprawozdanie PTG: Ocena udatności nasadzeń drzew i krzewów na hałdach popiołu dymnicowego elektrowni Adamów, Halemba, Konin. CBSiPWM Warszawa 1974 (maszynopis).
- [2] Dłużewski J., Wnorowski Z.: Sprawozdanie PTG, Oddz. Warszawa: Optymalizacja metod biologicznej rekultywacji składowisk odpadów paleniskowych elektrowni. CBSiPWM Warszawa 1976 (maszynopis).
- [3] GUS: Materiały statystyczne. Ochrona środowiska 1975, Warszawa sierpień 1976.
- [4] Harabin Z.: Ukorzenienie się niektórych gatunków drzew i krzewów na zwalach popiołowych. Sylwan 1970, 7.
- [5] Harabin Z., Klein T.: Wzrost i rozwój drzew na zwale żużlowym. Sylwan 1973, 1.
- [6] Krummsdorf A. i in.: Kulturbodenlose Aufforestung einer Aschenhalde „Mauritianum”. Altenburg 1973, nr 8.
- [7] Kuśmierczyk S.: Sprawozdanie z prac nad rekultywacją hałdy popiołu Elektrowni Turów. Zakłady Pomiarowo-Badawcze Energetyki „Energopomiar”, Gliwice 1975 (maszynopis).
- [8] Maciak F., Liwski S.: Możliwości rekultywacji biologicznej składowisk popiołu z elektrowni ciepłych. Prace Głównej Komisji Postępu Techniczno-Ekonomicznego NOT SITWM, Warszawa 1974, z. 6.
- [9] Maciak F.: Rekultywacja składowisk odpadów paleniskowych. Problemy

- kształtowania i ochrony środowiska. Sympozjum (materiały pokonferencyjne), Warszawa 1976.
- [10] Maciak F., Liwski S., Biernacka E.: Właściwości fizykochemiczne i biochemiczne utworów ze składowisk popiołu po węglu brunatnym i kamiennym. Roczn. glebozn. 25, 1974, 3, 191.
- [11] Morawski S.: Zwaly energetyczne, ich rodzaje i próby zaдрzewienia. Sylwan 1967, nr 9.
- [12] Paluch J., Morawski S.: PAN Zabrze. Reкультивacja Terenów Poprzymysłowych w Polsce ze szczególowym uwzględnieniem Śląskiej Niecki Węglowej. Zesz. probl. Post. Nauk rol. 1975, nr 166.
- [13] Tarczewski W., Hamidulina M. W.: Opyt oblesienija promyslenych otwałow. Lesnoje Chożiajstwo 1966, nr 12.

Ф. МАЦЯК, С. ЛИВСКИ, З. МЕЖЕВСКИ

РЕКУЛЬТИВИРОВАНИЕ ОТВАЛОВ ЗОЛЫ ИЗ БУРОГО УГЛЯ НА ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ КОНИН ПУТЕМ ПОСАДКИ ДЕРЕВЬЕВ И КУСТАРНИКОВ

Институт природных основ мелиорации, Варшавская сельскохозяйственная академия

Резюме

В течение 8 лет проводились вегетационные опыты с выращиванием некоторых видов деревьев и кустарников на отвале золы из бурого угля на электростанции Конин. Отвал был сформирован при применении гидравлической системы транспорта золы из электростанции. Из-за сильно цементирующих свойств золы наступило на отвале сильное затвердывание зольной массы, образовались слои трудно поддающиеся механическому рыхлению и слабо проницаемые для влаги атмосферных осадков. В химическом составе золы обнаружено избыток кремнезема, кальция и алюминия, отсутствие азота и усвояемого фосфора и калия. Реакция золы колебалась в пределах 11–12 рН. В опытах проведенных в различными видами древесных и кустарниковых растений и с разными типами саженцев применялось интенсивное минеральное (NPK) и органическое удобрение (торф, бурого угля) и разные системы посадки.

Наблюдения показали, что наиболее пригодными для древесных насаждений являются отвалы сложенные из шлаков и золы, менее пригодны отвалы из самой золы бурого угля. Приживаемость и жизнеспособность деревьев и кустов в следующих годах после их посадки на зольном отвале зависит от: поврежденной коры животными, конкуренции сорняков, грибных заболеваний, вредных насекомых, вредных газов и от соответственного подбора вида и сорта деревьев и кустов. Однако решающее влияние на рост саженцев имеет мощность раздробленного слоя зольной скалы (массы), особенно в случае отвала сформированного при использовании гидравлического транспорта, ибо лишь в таком слое может развиваться корневая система деревьев и кустов.

Опыты доказали невозможность выращивания на отвалах золы хвойной растительности. Из лиственных древесных видов лучшей приспособленностью отличались: тополь, ива (особенно белая), акация белая, ольха серая и осина, а среди кустарников — лох и тамарикс. Хорошо укоренившиеся деревья дают

при высоком уровне минерального удобрения (по 300 кг N, P₂O₅ и K₂O) вполне удовлетворительные приросты массы. Посадка саженцев с отрезанным стволом или саженцев с отрезанной кроной облегчает приживаемость растений на отвале. Черенки ивы приживаются на 30% хуже от саженцев с отрезанным стволом.

F. MACIAK, S. LIWSKI, Z. JEZEWSKI

RECUITIVATION OF A BROWN COAL DUMP AT THE KONIN POWER PLANT BY MEANS OF PLANTING OF TREES AND SHRUBS

Department of Natural Foundations of Land Reclamation
Warsaw Agricultural University

Summary

Vegetation experiments on the cultivation of some tree and shrub species on a brown-coal dump at the Konin power plant were carried out in the 8-year period. The dump was formed in consequence of the hydraulic transport system of ash from the power plant. Due to strongly cementing ash properties very hard layers difficult for mechanical crushing and hardly permeable for precipitation water have formed on the dump. The pH value of ashes varied within 11-12, while in the chemical composition an excess of silica, calcium and aluminium, at a lack of nitrogen and available phosphorus and potassium has been found. In the experiments with different tree and shrub species and with different planting material an intensive mineral (NPK) and organic (peat, brown coal) fertilization as well as different tree and shrub planting systems were applied. The observations have proved that most easy for tree planting are slag-and-ash dumps, somewhat more difficult — smoke-ash dumps formed at combustion of brown coal.

The vitality of rooted trees and shrubs in subsequent years after planting on the ash dump depends on: bark injuries caused by wildlife, competition of weeds, fungal diseases, insect pests, harmful gases, appropriate selection of species and varieties of trees and shrubs. However, it is thickness of crushed hard layer of ash, particularly in case of the dump formed by hydraulic transport, which is of a decisive importance for the growth of planted trees and shrub seedlings, as only in that layer their roots can develop.

The experiments have proved that the cultivation of coniferous species on ash dumps is impossible. Among the deciduous species most suitable proved to be: poplar, willow (particularly white one), white robinia, grey alder and aspen, and among shrubs: oleaster and tamarisk. Well rooted trees at high mineral fertilization (by 300 kg N, P₂O₅ and K₂O) show quite good increments.

The planting of trees at use of truncated stems or crown-cut seedlings facilitates rooting of plants on the dump. The willow cuttings root by 30% worse than truncated stems.