

KRYSTYNA GRODZIŃSKA i GRAŻYNA SZAREK-ŁUKASZEWSKA

Instytut Botaniki im. W. Szafera PAN

Lubicz 46, 31-512 Kraków

e-mail: grodzin@ib-pan.krakow.pl

HAŁDY CYNKOWO-OŁOWIOWE W OKOLICACH OLKUSZA – PRZESZŁOŚĆ, TERA NIEJSZOŚĆ I PRZYSZŁOŚĆ

WPROWADZENIE

W południowej części Polski, na Wyżynie Śląsko-Krakowskiej (w tym w regionie olkuskim) bogatej w złoża rud cynkowo-ołowiowych wielowiekowa działalność wydobywcza nadała krajobrazowi charakterystyczne piętno w postaci „setek dołków zapadłych małych i większych szybików, pagórów, warp usypanych przy ich kopaniu” (DOBRAŃSKA 1955). Te pagórkowate warpy, czyli hałdy pogórnice, zawierające często wysokie stężenia metali ciężkich, szczególnie cynku i ołowiu, stanowią zagrożenie dla środowiska poprzez pylenie, skażenie wód podziemnych i cieków wodnych. Dzieje się to szczególnie wtedy, gdy hałdy są pozbawione roślinności. Poza uciążliwość dla środowiska hałdy, przede wszystkim te najstarsze, stanowią obiekty dokumentacyjno – kulturowe, swoiste zabytki dziedzic-

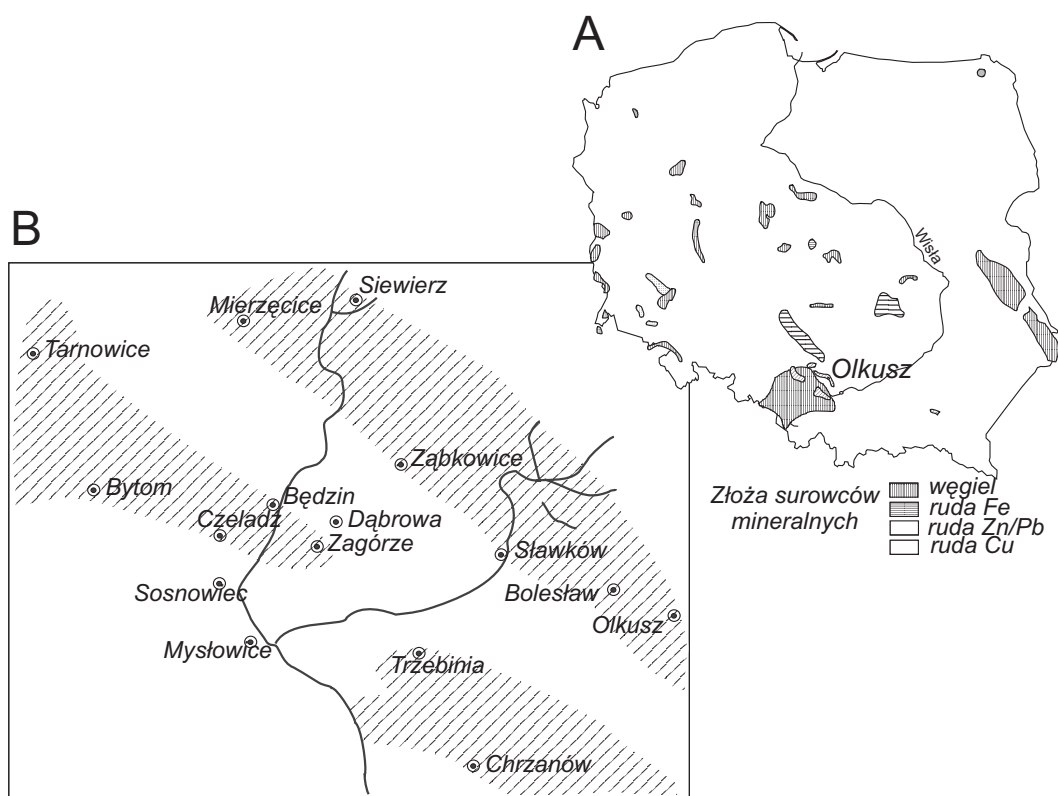
stwa przemysłowego regionu (ROSTAŃSKI 1997).

W niniejszym artykule przedstawiamy hałdy cynkowo-ołowiowe w regionie olkuskim – omawiamy historię górnictwa kruszcowego i historię badań botanicznych. Główną uwagę skupiliśmy na hałdach w okolicach Bolesławia – hałdzie „starej”, ponad 100-letniej uznanej za użytek ekologiczny, hałdach młodych, kilkunastoletnich i całkiem świeżych hałdach oraz wyrobiskach otaczających hałdę starą. Pokazujemy jak powstaje bez ingerencji ludzkiej, w procesie spontanicznej sukcesji bogata pod względem florystycznym murawa oraz zastanawiamy się, jaki typ lub typy rekultywacji należałoby stosować, by zdewastowany teren stał się interesujący pod względem przyrodniczym oraz atrakcyjnym pod względem krajobrazowym.

ZŁOŻA RUD CYNKOWO-OŁOWIOWYCH W REGIONIE OLKUSKIM

Złoża rud cynkowo-ołowiowych występują na Wyżynie Śląsko-Krakowskiej. Ciągą się one w dwóch, prawie równoległych, pasmach długości około 80 km z północnego zachodu na południowy wschód, od Siewierza poprzez Sławków, Olkusz aż po Krzeszowice oraz od Bielieli poprzez Tarnowskie Góry, Bytom, Będzin, Trzebinę po Alwernię. W obszarze złóż śląsko-kraakowskich wydziela się zazwyczaj 3 regiony: bytomski, olkuski i chrzanowski (MOLENDĄ 1963) (Ryc. 1).

Złoża cynkowo-ołowiowe zalegają w warstwach triasu, głównie w dolomitach kruszconośnych, rzadziej w wapieniach. Występuje w nich kilkadziesiąt minerałów kruszconośnych. Podstawowymi są siarczki cynku – blenda cynkowa (ZnS) i siarczki ołowiu – galena (PbS) z wysoką zawartością srebra. W wyniku procesów utleniania i karbonizacji powstały z nich minerały wtórne – węglany i krzemiany cynku zwane galmanami i ołowiu tzw. cerusyt. Wraz z nimi występują siarczkiowe lub utlenione mi-



Ryc. 1. Złóża surowców mineralnych w Polsce (A) i złoża rud cynkowo-ołowiowych w regionie śląsko-krakowskim (B)

nerały żelaza głównie markazyt i limonit (MOLENDĄ 1963). Obok tych podstawowych

minerałów występują w mniejszych ilościach kadm (Cd), srebro (Ag) i tal (Tl).

HISTORIA GÓRNICTWA ODKRYWKOWEGO W REGIONIE OLKUSKIM

Górnictwo odkrywkowe w regionie olkuskim posiada długą historię, sięga ona wczesnego średniowiecza (KRYGIER i współaut. 1971, SASS-GUSTKIEWICZ i współaut. 2001). Początkowo była głównie eksploatowana galena, z której uzyskiwano ołów i srebro, a tylko sporadycznie i w niewielkich ilościach eksploatowany był galman. Nie znano bowiem wtedy metod wytopu z niego cynku i używano go w stanie półsurowym do produkcji mosiądzu. Wybierano tylko złoża najbogatsze, żyły o dużej miąższości lub większe skupienia, potem zaczęto wybierać także złoża uboższe, bardziej rozproszone. Szybki rozwój eksploatacji w końcu XIII w. i w XIV w., w oparciu o płytkie, znajdujące się na wychodniach lub do kilkunastu metrów od powierzchni ziemi, ponad poziomem wody złoża spowodował napływ górników do tego regionu.

W pierwszym okresie olkuskiego górnictwa nie było kopalń w dzisiejszym tego słowa znaczeniu. Jednostką eksploatacyjną był szyb główny z kilkoma bocznymi zgłębnymi szy-

bami, w odległości 50 m od siebie. Takie kopalnie szyby funkcjonowały krótko, kilka lat. Po wybraniu rudy z tego niewielkiego terenu budowano w niedalekiej odległości nowe „kopalnie”. O kopalni, zbliżonej do dzisiejszej, można mówić dopiero od połowy XVI w., po zbudowaniu sztolni odwadniających. Dzięki nim olkuskie górnictwo weszło w okres największego w swych dziejach rozkwitu. Z galeny produkowano rocznie od 1000 do 3000 ton ołowiu, który pokrywał całkowicie potrzeby kraju, ponadto był eksportowany do Czech, Słowacji i do Europy Zachodniej. Z najbogatszej rudy odciągano rocznie 1000 do 1200 kg srebra skupowanego przez mennice. Wraz z rozwojem górnictwa rozwijały się huty. Od XIII do XVIII w. działało łącznie około 50 hut, jednocześnie czynnych było kilkanaście.

Z końcem XVI w. górnictwo olkuskie zaczęło chylić się ku upadkowi. Od tego czasu prace górnicze ograniczały się do wybierania galeny z płytkich wyrobisk starych kopalń oraz eksploatacji starych hałd zawierających jeszcze

wiele okruchów i ziaren galeny. W XVII w. podejmowano liczne, lecz daremne próby wskrzeszenia świetnego niegdyś olkuskiego górnictwa. Dopiero XIX w. przyniósł powtórne jego ożywienie. Początkową eksploatację „rabunkową”, małymi odkrywkami i chaotycznie zgłębianymi szybami z roczną produkcją około 1800 ton, zastąpiono do końca lat 20. XIX w. regularną wybiórką przez zgłębianie szybów w czworobok i łączenie ich chodnikami. W pierwszej połowie XIX w. roczna produkcja wynosiła 9000 do 11000 ton galmanu. I znów w połowie XIX w. górnictwo olkuskie przeżywało duże trudności. Eksploatowano galman coraz uboższy, ponieważ bogatsze złoża zostały do poziomu wody już wybrane. Dopiero od lat 70. XIX w. rozpoczął się nowy okres koniunktury w przemyśle cynkowym. Stało się to dzięki opanowaniu metody wytapiania cynku z galmanu. Nieużyteczny w średniowieczu galman stał się teraz głównym przedmiotem eksploatacji. W okolicach Bolesławia intensywne roboty górnicze trwały do lat 30. XX w. W okresie kryzysu ekonomicznego kopalnie zostały zalane. W latach 1940–1944 podczas okupacji niemieckiej podjęto ponownie działalność wydobywczą rud cynkowo-ołowiowych w regionie oluskim, a

po wojnie uruchomiono część starych kopalń i wybudowano nowe (Trzebionka, Olkusz-Południe, Pomorzany). Powstała też w latach 50. XX w. huta cynku i ołowiu w Bukownie.

Przemiany ekonomiczne w latach 80. XX w. spowodowały ograniczenie wydobywania i przetwarzania rud cynkowo-ołowiowych w regionie oluskim. Czynne są obecnie 2 kopalnie rud (Trzebionka, Olkusz-Pomorzany) z zakładami przeróbki rudy, osadniki poflotacyjne przy kopalniach oraz huta cynku i ołowiu „Bolesław” z fabryką kwasu siarkowego. Kopalnia „Bolesław” (zamknięta w 1996 roku) z dwiema nieczynnymi odkrywkami galmanów znajduje się obecnie w stanie likwidacji (SASS-GUSTKIEWICZ i współaut. 2001). Po zaprzestaniu działalności wydobywczej Zakłady Górnicze zostały zobowiązane do zasypania wyrobisk i niwelacji terenu, a następnie do przeprowadzenia rekultywacji zdegradowanego obszaru i zagospodarowania gruntów w kierunku „zieleń parkowa” (inf. Działu Ochrony Środowiska Zakładów Górniczo-Hutniczych „Bolesław” w Bukownie). Po tych zabiegach rekultywacyjnych Zakłady Górniczo-Hutnicze miały przekazać te tereny Zarządowi Lasów Państwowych.

BADANIA BOTANICZNE NA HAŁDACH CYNKOWO-OŁOWIOWYCH W REJONIE OLKUSZA

Pierwsze wzmianki o roślinności obszaru Olkusza i Bolesławia ukazały się z końcem XIX i początkiem XX w. Zawdzięczamy je trzem botanikom — ZALEWSKIEMU (1886), WÓYCICKIEMU (1913) i PAXOWI (1918). Praca Wóycickiego przynosi najwięcej danych, zawiera ona dosyć obszerną charakterystykę roślinności tego obszaru i, co jest niesłychanie cenne, fotografie eksploatowanego terenu. Pokazują one rozległe, pozbawione roślinności osadniki przy kopalni galmanu w Bolesławiu, stoki olbrzymich warp, pagórkowate tereny zrobów górniczych z nielicznymi gatunkami porostów i roślin naczyniowych. Autor ten zwraca uwagę na zagrożenia wynikające z prac górniczych. Warto przytoczyć następujące jego zdanie: „Uboga a przesycona tak dalece galmanem i kruszcem ołowianym gleba, że w okolicach sąsiadujących z kopalniami hodowla ptactwa domowego jest niemożliwa, po domach brak myszy, a pola są bez kretów, gdzieśkolwiek tylko została użyta pod uprawę kartofli lub zbóż wydających plony mniej niż mierne; częściej

leży ona od lat dziesiątków odłogiem i służy za pastwiska dla bydła”.

Przez następne prawie pół wieku przyrodnicy omijali górnicze zdewastowane tereny w rejonie oluskim. Dopiero po II wojnie światowej, w późnych latach 40. XX w. do studiów nad roślinnością galmanową okolic Bolesławia i Olkusza przystąpiła DOBRZAŃSKA (1955). Prócz spisu obejmującego 266 gatunków roślin wyższych, 22 gatunki mchów i 10 gatunków porostów w pracy poruszane są przez autorkę zagadnienia ekologiczne. Materiały fitosocjologiczne i chemiczne roślin terenów galmanowych, zebrane przez Dobrzańską, mimo zapowiedzi ich opracowania, nie zostały niestety przez nią opublikowane.

Od lat 80. XX w. hałdy pogórnice rejonu olkuskiego stały się częstym obiektem różnorodnych badań ekologicznych i fizjologicznych prowadzonych przez przyrodników z wielu ośrodków naukowych kraju. Są to zarówno studia terenowe, jak i eksperymentalne prowadzone w laboratoriach. Spośród licznych publi-

kacji wymienić należy prace GODZIK (1991, 1993), MESJASZ-PRZYBYŁOWICZ i współaut. (2001), SZAREK-ŁUKASZEWSKIEJ i NIKLIŃSKIEJ (2002) dotyczące poziomu metali ciężkich w roślinach porastających hałdy pogórnice, prace WIERZBICKIEJ i PANUFNIK (1998), ZAŁĘCKIEJ i WIERZBICKIEJ (2002) o adaptacji wybranych roślin do warunków hałd galmanowych, WIERZBICKIEJ i OBIDZIŃSKIEJ (1998) o wpływie ołowiu na kiełkowanie i wzrost roślin, artykuły

PAWŁOWSKIEJ i współaut. (1996) i BARTYZEL i współaut. (w druku) o gatunkach mikoryzowych rosnących na hałdach i wreszcie pracę GRODZIŃSKIEJ i współaut. (2001) o aktualnej roślinności, banku i opadzie nasion hałd w okolicy Bolesławia.

Najczęstszymi obiektami badań są *Biscutella laevigata*, *Silene vulgaris* i *Dianthus carthusianorum* – gatunki często i obficie rosnące na hałdach olkuskich.

HAŁDY OKOLIC BOLESŁAWIA

Hałdy cynkowo-ołowiowe w okolicy Bolesławia, odległe od Olkusa około 10 km, to hałdy różnowiekowe. Najstarsza hałda, ponad 100-letnia (Ryc. 2), porośnięta jest zwartą murawą i pojedynczymi wśród niej drzewami i krzewami. Murawa ta wytworzyła się na drodze powolnej, spontanicznej sukcesji. Sąsia-

wzrost tych młodych drzew lub wręcz ich wypadanie (Ryc. 4).

Interesujące nas hałdy położone są obok głębokiego wyrobiska „Bolesław” (Ryc. 5). Jest ono obecnie zasypywane różnego rodzaju materiałami pochodzącymi z procesów flotacji siarczkowych rud cynkowo-ołowiowych



Ryc. 2. Hałda cynkowo-ołowiowa („stara” ponad 100-letnia) w Bolesławiu

dują z nią hałdy młodsze, kilkunastoletnie o szkieletowym podłożu i niewielkim pokryciu roślinnością oraz hałdy świeżo powstałe, jeszcze prawie nagie (Ryc. 3). Część tych młodych, pozbawionych gleby hałd została przed kilku laty zadrzewiona sosną i brzozą. Trudne warunki siedliskowe (teren pozbawiony prawie gleby, bardzo niska wilgotność lub susza podłoża) powodują jednak bardzo słaby

oraz szlamów galmanowych powstałych podczas płukania galeny w nieistniejącej już płucze rud przy szybie „Aleksander” w Bolesławiu. Po wypełnieniu wyrobisk i uporządkowaniu zdewastowanego terenu grunty mają być zadrzewione zgodnie z ustaleniami miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego terenu (Projekt kompleksowej rekultywacji.... 1997).

HAŁDA „STARA”

ROŚLINNOŚĆ AKTUALNA HAŁDY

Badania GRODZIŃSKIEJ i współaut. (2001) pokazały, że hałda żywi kilkadziesiąt gatunków roślin naczyniowych i kilkanaście gatunków



Ryc. 3. Hałdy cynkowo-ołowiowe („młode”) w Bolesławiu

mchów i porostów – jest ona zatem bogata pod względem florystycznym. Na hałdzie panują ekstremalne warunki siedliskowe – silne nasłonecznienie, niska wilgotność podłoża, niska zawartość składników odżywczych i wysoka zawartość metali ciężkich w glebie. Najbardziej stałą i najobficiej występującą grupą są więc rośliny termofilne (ciepłolubne), gatunki siedlisk ubogich i gatunki tolerujące metale ciężkie. Towarzyszą im rośliny łąkowe i nieliczne gatunki ruderalne (Tabela 1). Grupę pierwszą reprezentują najczęściej *Galium album*, *Thymus pulegioides*, *Dianthus carthusianorum*, *Euphrasia stricta*, *Potentilla anserina*, drugą grupę natomiast *Festuca ovina*, *Gypsophila fastigiata*, *Campanula rotundifolia* i *Silene vulgaris*. Wśród roślin hałdy bolesławskiej sporą grupę stanowią gatunki uznawane za metalolubne i metalotolerancyjne (ELLENBERG 1978, ERNST 1990, ANTOSIEWICZ 1992, PUNZ 1995). Zgrupowane są one w rodzinach Caryophyllaceae, Brassicaceae, a rzadziej Labiatae, Scrophulariaceae, Papilionaceae i Orchidaceae. Spośród nich jako najczęstsze należy wymienić *Silene vulgaris*, *Dianthus carthusianorum*, *Gypsophila fastigiata*, *Cardaminopsis arenosa*, *Biscutella laevigata* i *Festuca ovina*. Część z tej metalotolerancyjnej grupy to równocześnie gatunki ciepłolubne i siedlisk ubogich.

Murawa hałdy jest barwna przez niemal cały rok. Wczesną wiosną, często już z



Ryc. 4. „Zalesianie” hałd cynkowo-ołowiowych w Bolesławiu

początkiem kwietnia zaczyna kwitnąć pleszczotka – *Biscutella laevigata* (Ryc. 6). Wtedy hałda przybiera żółty kolor. Najbujniejszy rozwój roślin hałdowych przypada na czerwiec/lipiec. Kwitną wtedy różowo goździki (*Dianthus carthusianorum*) i zawciagi (*Armeria maritima*), żółto pszonak (*Erysimum odoratum*), driakiew (*Scabiosa ochroleuca*) i przelot (*Anthyllis vulneraria*), fioletowo macierzanka

(*Thymus pulegioides*), niebiesko przetaczniki (*Veronica chamaedrys*), biało przytulie (*Galium album*). Ostatnim w sezonie wegetacyjnym gatunkiem, który czyni murawę barwną jest kwitnąca fioletowo, późną jesienią (październik), goryczuszka (*Gentianella germanica*).

Na ogół rośliny hałdy bolesławskiej nie posiadają cech typowych dla siedlisk hałdowych

Tabela 1. Gatunki najczęściej i najobficiej występujące na hałdach cynkowo-olowiowych

Gatunek	Hałda "stara"		Hałda "młoda"	
	A*	B**	A*	B**
Gatunki termofilne				
<i>Anthyllis vulneraria</i>	V	639	V	608
<i>Euphrasia stricta</i>	V	338	III	322
<i>Dianthus carthusianorum</i>	V	767	IV	76
<i>Galium album</i>	V	206	V	755
<i>Scabiosa ochroleuca</i>	V	371	IV	535
<i>Thymus pulegioides</i>	V	753	V	2428
<i>Pimpinella saxifraga</i>	IV	486	II	321
<i>Potentilla arenaria</i>	IV	1500	V	894
Gatunki siedlisk ubogich				
<i>Festuca ovina</i>	V	4433	V	576
<i>Gypsophila fastigiata</i>	V	718	V	1144
<i>Ranunculus serpens</i> subsp. <i>nemorosus</i>	V	41	V	218
<i>Campanula rotundifolia</i>	IV	254	V	397
<i>Silene vulgaris</i>	IV	272	V	1430
<i>Rumex thyrsiflorus</i>	II	3.3	IV	872
Gatunki łąkowe				
<i>Lotus corniculatus</i>	V	1020	V	1608
<i>Rhinanthus minor</i>	V	223	I	71
<i>Leontodon hispidus</i> subsp. <i>hastilis</i>	IV	453	V	825
<i>Leontodon hispidus</i> subsp. <i>hispidus</i>	IV	189	III	144
<i>Linum catharticum</i>	IV	72	II	7
<i>Cardaminopsis arenosa</i>	III	37	V	430
<i>Plantago lanceolata</i>	III	70	IV	287
<i>Achillea millefolium</i>	I	118	V	290
<i>Daucus carota</i>	I	1.3	V	1250
Gatunki siedlisk ruderalnych				
<i>Agrostis stolonifera</i>	I	1.3	V	1392
<i>Verbascum nigrum</i>	.	.	V	8.57
<i>Reseda lutea</i>	I	1.3	IV	751
<i>Tussilago farfara</i>	.	.	IV	5.71
Gatunki inne				
<i>Biscutella laevigata</i>	IV	505	II	2.85
<i>Armeria maritima</i>	II	533	.	.
<i>Pinus sylvestris</i>	IV	122	IV	72.8

A* stałość (częstość występowania)

B** wskaźnik pokrycia (obfitość występowania)



Ryc. 5. Głębokie wyrobiska pogórnice w Bolesławiu



Ryc. 6. Pleszczotka górska (*Biscutella laevigata* L.), hałdy cynkowo-ołowiowe w Bolesławiu, jedyne stanowiska na niżu polskim

jak karłowatość, znacznie silniejszy rozwój części podziemnych niż nadziemnych czy kseromorfizm. Jedynie *Silene vulgaris*, *Dianthus carthusianorum*, *Biscutella laevigata* różni się od populacji występujących na glebach „czystych” (WIERZBICKA i PANUFNIK 1998, WIERZBICKA i ROSTAŃSKI 2002) – co dokładnie zostało omówione w artykule WIERZBICKIEJ w tym numerze „KOSMOSU”.

STĘŻENIE METALI CIĘŻKICH W GLEBIE HAŁDY I W ROŚLINACH

W górnych warstwach gleby (0–5 cm) występuje około 5.2% cynku, 0.31% ołowiu, 5.5% żelaza i 0.018% kadmu, przy czym stężenia tych metali wykazują znaczne zróżnicowanie przestrzenne. Odczyn hałdy jest zasadowy ($\text{pH} > 7.6$), a poziom metali alkalicznych wysoki (Ca 8%, Mg 2%, K 0.22%) (SZAREK-ŁUKASZEWSKA i NIKLIŃSKA 2002)

Czy ten wysoki poziom metali ciężkich w podłożu hałdy bolesławskiej zagraża rzeczywistości roślinom na niej rosnącym? Dla roślin dostępnych są formy rozpuszczalne metali. Wysokie stężenia form ogólnych tych pierwiastków na hałdach nie są więc jednoznaczne z wysokimi stężeniami w roślinie. Odczyn gleb hałdy bolesławskiej jest alkaliczny ($\text{pH} > 7$), dzięki

temu formy rozpuszczalne metali występują w niewielkim tylko procencie ogólnej ich zawartości. Nieliczne badania przeprowadzone na „naszej” hałdzie pokazały, że procent form rozpuszczalnych cynku, ołowiu i niklu waha się w granicach 10–16% (GODZIK 1993). Według SZAREK-ŁUKASZEWSKIEJ i NIKLIŃSKIEJ (2002) jest on jeszcze niższy i w przypadku kadmu nie przekracza 4%, a cynku 0.1%. Jeśli nawet formy rozpuszczalne metali występują w wysokich stężeniach w glebie hałdy, to rośliny nie muszą ich wykorzystywać. Osiągają to poprzez blokowanie metali w korzeniach i niedopuszczanie ich do części nadziemnych lub akumulowanie metali w różnych częściach nadziemnych bez włączania ich do procesów metabolicznych (ANTOSIEWICZ 1992).

Stężenia metali ciężkich, a wśród nich cynku i ołowiu były, określane w kilku gatunkach – *Biscutella laevigata*, *Silene vulgaris*, *Thymus pulegioides*, *Dianthus carthusianorum*, *Gypsophila fastigiata*, *Plantago lanceolata* (GODZIK 1993, ZAŁĘCKA 1999, MESJASZ-PRZYBYŁOWICZ i współaut. 2001, SZAREK-ŁUKASZEWSKA i NIKLIŃSKA 2002). Najwyższe stężenia metali występowały zawsze w korzeniach, najniższe natomiast w nasionach. W obrębie samych nasion metale znajdowały się w endospermie, który działał jako bariera nie dopuszczająca tych pierwiastków do zarodka (MESJASZ-PRZYBYŁOWICZ i współaut. 2001). To selektywne rozmieszczenie metali poza tkankami embrionalnymi zapewnia bez wątpienia sukces reprodukcji roślin na hałdach bolesławskich.

OPAD I BANK NASION

Nasiona wyprodukowane przez rośliny opadają na glebę w pobliżu rośliny macierzystej lub są przenoszone na różne odległości przez wiatr, wodę, zwierzęta i człowieka. Losy nasion, które opadną na glebę mogą być różne: mogą wykiełkować zaraz po wysianiu, gdy napotkają odpowiednie warunki siedliskowe,

mogą zginąć, gdy takie warunki nie zaistnieją, mogą być zjedzone przez zwierzęta i wreszcie mogą pozostać w glebie zachowując możliwość kiełkowania przez różnie długi okres, od kilku do kilkudziesięciu nawet lat, zależnie od gatunku rośliny. W tworzeniu banku nasion w glebie podstawową rolę odgrywa opad nasion („deszcz nasion”). Opad ten może zawierać głównie nasiona gatunków rosnących w pobliżu, budujących dane zbiorowisko roślinne (łąka, las, pole, ugór itd.), może też składać się z nasion transportowanych z odległych miejsc reprezentujących inne zbiorowiska roślinne. Zdarza się, że bank nasion jest bogatszy w gatunki niż roślinność lokalna. Bank nasion mogą tworzyć nieliczne gatunki, lecz wytwarzające ogromną liczbę nasion, bank może być bardzo obfity, lecz zdominowany przez jeden tylko gatunek.

Opad i bank nasion nie były badane do tej pory na hałdach. Jest niesłychanie interesujące jak kształtują się one w tych antropogenicznych – uformowanych przez człowieka warunkach.

Badania GRODZIŃSKIEJ i współaut. (2001) wykazały, że opad nasion jest wysoki (120 do 2800 nasion w przeliczeniu na 1 m² zależnie od pory roku) i pochodzi głównie z lokalnego, niedalekiego zasięgu. Największą rolę odgrywają w nim *Euphrasia stricta*, *Festuca ovina*, *Thymus pulegioides*, *Silene vulgaris*, mniejszą natomiast *Campanula rotundifolia*, *Leontodon hispidus* i *Rhinanthus minor*. Bank nasion „starej” hałdy był również bogaty tak pod względem liczby nasion, jak i liczby gatunków. Średnia liczba siewek wykiełkowanych z prób gleby wynosiła w przeliczeniu na 1 m² od 6000 do 20000, reprezentowały one 11 do 14 gatunków. Wśród nich najczęstsze były *Cardaminopsis arenosa*, *Euphrasia stricta*, *Gypsophila fastigiata* i *Leontodon hispidus* (GRODZIŃSKA i współaut. 2001). Bank nasion składał się, podobnie jak opad, z gatunków rosnących w nie-dalekiej odległości.

HAŁDY „MŁODE”

Hałdy „młode” były utworzone albo z materiału miejscowego, pochodzącego z zerwania nadkładu przykrywającego złoża rud cynkowo-olowiowych, albo z materiału obcego – odpadów poflotacyjnych lub szlamów galmanowych używanych do zasypywania wyrobisk odkrywkowych.

Główny zrząd gatunków roślin na młodych hałdach był podobny, jak na hałdach starych, pokrycie przez nie powierzchni było jednak znacznie mniejsze (Tabela 1). Te młode hałdy wyróżniało od hałd starych częstsze występowanie gatunków typowych dla siedlisk ruderalnych (np. *Agrostis stolonifera*, *Rumex thyrs-*

siflorus, *Reseda lutea*) oraz gatunków łąkowych (np. *Cardaminopsis arenosa*) (GRODZIŃSKA i współaut. 2001).

Opad nasion na hałdach młodych był liczny (769 nasion/m²), obejmował zasadniczo 2 ga-

tunki *Cardaminopsis arenosa* (63% udziału w opadzie) i *Silene vulgaris* (28% udziału w opadzie). Bank nasion hałd złożonych z materiału miejscowego był bogatszy w gatunki niż bank nasion hałd utworzonych z materiału obcego.

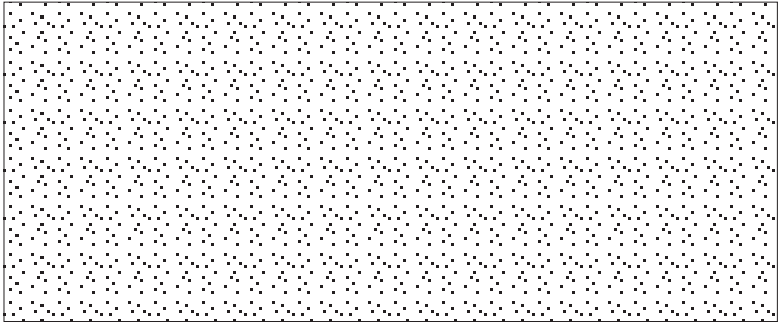
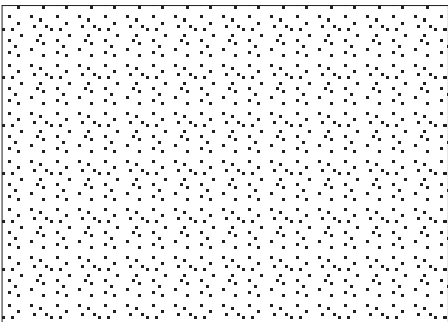
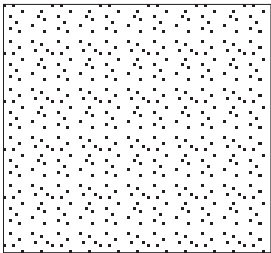
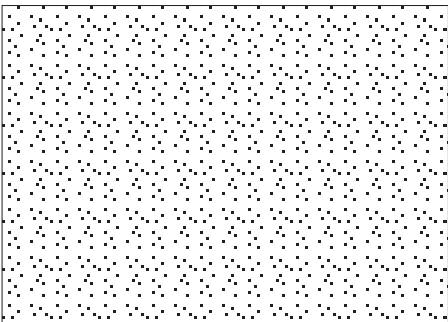
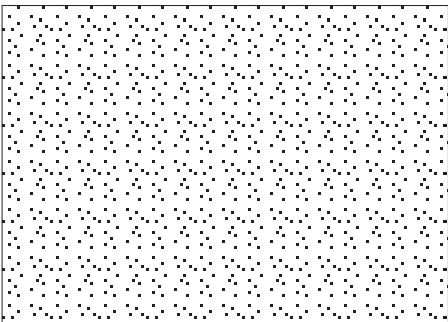
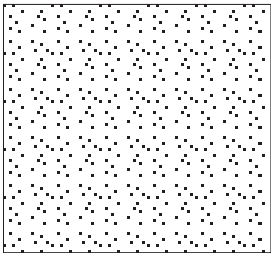
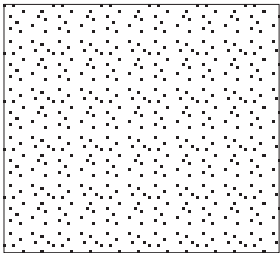
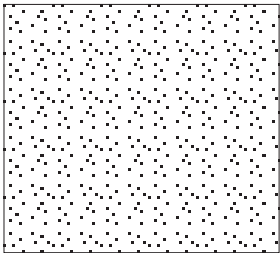
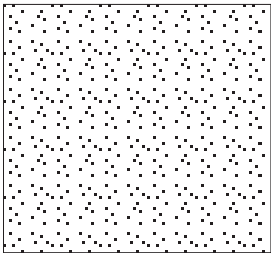
PORÓWNANIE SKŁADU GATUNKOWEGO ROŚLINNOŚCI AKTUALNEJ, OPADU I BANKU NASION HAŁDY „STAREJ” I HAŁD „MŁODYCH”

Na aktualną roślinność hałd starych i młodych składało się 66 gatunków roślin naczyniowych. Opad nasion reprezentowało 25 gatunków, a bank nasion 20 gatunków. Wspólnych gatunków występujących obecnie w płatach hałd, opadzie i banku nasion było 10, wspólnych gatunków obecnych w płatach hałd i opadzie nasion było 20, w płatach hałd i banku nasion było 18. Tylko w płatach hałdy rosły obecnie 32 gatunki, 4 gatunki pojawiały

się tylko w opadzie nasion, 1 gatunek tylko w banku nasion (GRODZIŃSKA i współaut. 2001) (Tabela 2).

Najczęstszymi wśród gatunków wspólnych dla aktualnej roślinności, opadu i banku nasion były *Cardaminopsis arenosa*, *Campanula rotundifolia*, *Silene vulgaris* i *Thymus pulegioides*. Wśród wspólnych gatunków w opadzie nasion i płatach hałdy najobficiej występowały *Campanula rotundifolia*, *Silene vulgaris*, *Thy-*

Tabela 2. Gatunki występujące na hałdzie, w opadzie nasion i banku nasion

Gatunek	Hałda	Opad nasion	Bank nasion
<i>Campanula rotundifolia</i>			
<i>Cardaminopsis arenosa</i>			
<i>Dianthus carthusianorum</i>			
<i>Euphrasia stricta</i>			
<i>Festuca ovina</i>			
<i>Leontodon hispidus</i>			
<i>Potentilla arenaria</i>			
<i>Scabiosa ochroleuca</i>			
<i>Silene vulgaris</i>			
<i>Thymus pulegioides</i>			
<i>Achillea millefolium</i>			
<i>Biscutella laevigata</i>			
<i>Chamaecytisus ratisbonesis</i>			
<i>Gentianella germanica</i>			
<i>Linum catharticum</i>			
<i>Pimpinella saxifraga</i>			
<i>Ranunculus serpens</i> subsp. <i>nemorosus</i>			
<i>Reseda lutea</i>			
<i>Rhinanthus minor</i>			
<i>Rumex acetosa</i>			
<i>Agrostis stolonifera</i>			
<i>Anthyllis vulneraria</i>			
<i>Daucus carota</i>			
<i>Gypsophila fastigiata</i>			
<i>Herniaria glabra</i>			
<i>Plantago lanceolata</i>			
<i>Veronica chamaedrys</i>			
<i>Viola canina</i>			

mus pulegioides i *Euphrasia stricta* na hałdach starych, a *Achillea millefolium* i *Leontodon hispidus* subsp. *hastilis* na hałdach młodych. Wspólnym gatunkiem banku nasion i roślinności aktualnej we wszystkich stanowiskach była *Cardaminopsis arenosa*. Wspólnymi gatunkami występującymi licznie i w banku nasion i w

obecnej roślinności hałd starych były *Campanula rotundifolia*, *Euphrasia stricta*, *Thymus pulegioides*, *Gypsophila fastigiata*, *Festuca ovina*, *Silene vulgaris* i *Scabiosa ochroleuca*, a hałd młodych *Agrostis stolonifera* i *Daucus carota* (GRODZIŃSKA i współaut. 2001).

TYPY REKULTYWACJI HAŁD POGÓRNICZYCH

Hałdy pogórnice poddawane są różnym zabiegom rekultywacyjnym. Mogą one być zadarniane poprzez wysiew mieszanek nasion połączony z nawożeniem mineralnym lub zadarniane poprzez nasadzenia młodych drzewek; mogą być również stosowane różne rodzaje rekultywacji kompleksowej. Niezależnie od stosowanych zabiegów rekultywacyjnych na hałdy pogórnice wkracza spontanicznie roślinność z terenów sąsiadujących z hałdami (ROSTAŃSKI 1997).

Rekultywacja terenów zdewastowanych jest ważnym problemem nie tylko w Polsce. Świadczy o tym organizowanie wielu międzynarodowych konferencji (np. Symposium „Restoration Ecology in Europe” w ramach VI Kongresu Ekologicznego INTECOL, Manchester, 1994, First International Conference on „Restoration Ecology and Sustainable Development”, Zürich, 1996, VIII European Ecological Congress, Thessaloniki, 1999, Third European Conference on Restoration Ecology, Budapeszt, 2002) w ostatnich latach, powstawanie nowych czasopism dotyczących rekultywacji zniszczonych obszarów (np. Restoration Ecology).

W regionie olkuskim, w okolicach Bolesławia, w połowie lat 90. XX w. działalność górnicza, jako nieopłacalna, została znacznie ograniczona. Zakłady Górniczo-Hutnicze zobowiązano do rekultywacji zdewastowanego terenu – jego niwelacji, a następnie zadrzewienia. Z zalesienia, dzięki staraniom pracowników z Instytutu Botaniki im. W. Szafera PAN w Krakowie, została wyłączona i uznana za obiekt chroniony (użytek ekologiczny) najstarsza, około 100-letnia hałda (UCHWAŁA RADY GMINY „BOLESŁAW” 1997). Porośnięta jest ona obecnie zwartą murawą złożoną z charakterystycznych dla tego terenu gatunków. Najważniejszym z nich jest *Biscutella laevigata* – pleszczotka górska (Ryc. 6), relikt glacialny na niżu polskim, o jedynym stanowisku na hałdach i drugim jedynym stanowisku

górnym w Tatrach (SZAFER i ZARZYCKI 1972, ZAJĄC A. i ZAJĄC M. 2001, GRODZIŃSKA i współaut. 2001). Zalesienie starej hałdy spowodowałoby wyginięcie na niej nie tylko pleszczotki (*Biscutella laevigata*), ale również innych, występujących tu roślin światłolubnych, ciepłolubnych i siedlisk ubogich.

Za najwłaściwsze metody rekultywacji uważa się obecnie metody posługujące się roślinnością miejscową (URBAŃSKA i GRODZIŃSKA 1995, ROSTAŃSKI 1997).

Badania prowadzone przez GRODZIŃSKĄ i współaut. (2001) na hałdzie cynkowo-ołowiowej w Bolesławiu pokazały, że bank nasion i opad nasion jest bogaty i wystarczający do odtworzenia miejscowej roślinności w długim procesie spontanicznej sukcesji. Że proces ten jest powolny, świadczą archiwalne zdjęcia (Ryc. 7) wykonane w tych samych płatach z początkiem XX w. (WÓYCICKI 1913) i w 1999 r. (Ryc. 7). Proces ten można przyspieszyć przez wprowadzenie (wysiew) na hałdach nasion dominujących gatunków, jak *Cardaminopsis arenosa*, *Silene vulgaris*, *Campanula rotundifolia*, *Thymus pulegioides*, *Biscutella laevigata* lub przenoszenie fragmentów muraw ze „starych” hałd na hałdy „młode”.

Na rozległych, zdewastowanych przez górnictwo odkrywkowe obszarach, konieczne jest jednak równoczesne prowadzenie różnych typów zabiegów rekultywacyjnych nie wyłączając zalesień. Przed zalesianiem należy poprawić warunki siedliskowe. Wsadzanie ich na „świeże” hałdy, na których panują ekstremalne warunki (susza, szkieletowe podłoże, ubóstwo składników odżywczych) daje niewielkie efekty, wiele drzewek ginie. Ważny jest również wybór odpowiedniego gatunku do nasadzeń. Najwłaściwszym wydaje się brzoza (*Betula pendula*), która jest gatunkiem tolerującym wysokie stężenia cynku w podłożu. Stosowanie różnego typu zabiegów rekultywacyjnych jest również ważne ze względów krajo-
brazo-

1912



1999



Ryc. 7. Hałdy cynkowo-ołowiowe w Bolesławiu na początku i przy końcu XX wieku

wych. Odradzające się kwieciste murawy złożone z gatunków miejscowych, towarzyszące im zagajniki z liściastymi drzewami i

krzewami stworzą atrakcyjny teren, który może być interesującym rekreacyjnie.

ZINC-LEAD MINE SPOILS NEAR OLKUSZ – PAST, PRESENT AND FUTURE

S u m m a r y

Distribution of zinc – lead resources in Olkusz region (southern Poland), the history of mining activities in this area (XIII–XX century), generation of mine spoils with high concentration of zinc, lead and other heavy metals, as well as the history of botanical studies on mine spoils in Olkusz region are described. The authors present detailed ecological studies on mine spoils

of different age near Bolesław (Olkusz region). The species composition of resident vegetation, the concentration of heavy metals in spoils and in plants, seed rain and seed bank were studied in „old” (100 yrs) and „young” (recent) spoils, their results were compared and forms of reclamation on mine spoils are discussed. The authors suggest that the abundance of seeds in the

soil and seed rain is sufficient to establish local vegetation in long succession processes. They propose to introduce seeds of the dominating plant species or frag-

ments of grasslands from older mine spoils to accelerate the spontaneous succession on recent spoils.

LITERATURA

- ANTOSIEWICZ D. M., 1992. *Adaptations of plants to environment polluted with heavy metals*. Acta Soc. Bot. Pol. 61, 281–299.
- BARTYZEL E., ZUBEK A., JURKIEWICZ G., SZAREK-ŁUKASZEWSKA G., TURNAU K., 2002. *Influence of restoration on arbuscular mycorrhiza of Biscutella laevigata L. (Brassicaceae) and Plantago lanceolata L. (Plantaginaceae) from calamine spoil mounds*. Mycorrhiza (w druku).
- DOBRAŃSKA J., 1955. *Badania florystyczno-ekologiczne nad roślinnością galmanową okolic Bolesławia i Olkusza*. Acta Soc. Bot. Pol. 24, 357–408.
- ELLENBERG H., 1978. *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in Ökologischer Sicht*. E. Ulmer, Stuttgart.
- ERNST W. H. O., 1990. *Mine vegetation in Europe*. [W:] *Heavy metal tolerance in plants: Evolutionary aspects*. SHAW J. (red.). CRC Press, Boca Raton, Florida, str. 21–38.
- GODZIK B., 1991. *Accumulation of heavy metals in Biscutella laevigata (Cruciferae) as a function of their concentration in substrate*. Polish Bot. Stud. 2, 241–246.
- GODZIK B., 1993. *Heavy metals content in plants from zinc dumps and reference areas*. Polish Bot. Stud. 5, 113–132.
- GRODZIŃSKA K., KORZENIAK U., SZAREK-ŁUKASZEWSKA G., GODZIK B., 2001. *Colonization of zinc mine spoils in southern Poland – preliminary studies on vegetation, seed rain and seed bank*. Fragm. Flor. Geobot. 45, 123–145.
- KRYGIER E., MOLEND A., SAŁADZIAK A., 1971. *Katalog zabytków budownictwa przemysłowego w Polsce, powiat Olkusz – województwo krakowskie*, III, 4, cz. 1. Zabytki górnicze, Ossolineum, Wrocław-Warszawa-Kraków-Gdańsk.
- MESJASZ-PRZYBYŁOWICZ J., GRODZIŃSKA K., PRZYBYŁOWICZ W. J., GODZIK B., SZAREK-ŁUKASZEWSKA G., 2001. *Nuclear microprobe studies of elemental distribution in seeds of Biscutella laevigata L. from zinc wastes in Olkusz, Poland*. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 181, 634–639.
- MOLEND A., 1963. *Górnictwo kruszcowe na terenie złóż śląsko-krakowskich do połowy XVI wieku*. Studia i Materiały z Historii Kultury Materialnej XV, Studia z Dziejów Górnictwa i Hutnictwa VIII, Ossolineum, Wrocław-Warszawa-Kraków.
- PAWŁOWSKA T. E., BŁASZKOWSKI J., RÜHLING A., 1996. *The mycorrhizal status of plants colonizing a calamine spoil mound in Southern Poland*. Mycorrhiza 6: 499–5–5.
- PAX F., 1918. *Die Pflanzenwelt Polens*. D. Reimer Verl., Berlin.
- Projekty kompleksowej rekultywacji terenu uszkodzonego wskutek działalności górniczej kopalni „Bolesław”. 1997. Zakłady Górniczo-Hutnicze „Bolesław”. Bukowno.
- PUNZ W., 1995. *Metallophytes in the Eastern Alps with special emphasis on higher plants growing on calamine and copper localities*. Phytos 35, 295–309.
- ROSTAŃSKI A., 1997. *Flora spontaniczna hałd Górnego Śląska*. Archiwum Ochrony Środowiska 23, 159–165.
- SASS-GUSTKIEWICZ M., MAYER W., GÓRALSKI M., LEACH D. L., 2001. *Zawartość metali ciężkich w glebach na obszarach eksploatacji rud Zn-Pb w rejonach olkuskim i chrzanowskim*. Materiały Sympozjum Warsztaty 2001 nt. zagrożeń naturalnych w górnictwie, Wyższy Urząd Górniczy, Kraków, 189–208.
- SZAFER W., ZARZYCKI K., 1972. *Szata roślinna Polski*. I, PWN, Warszawa.
- SZAREK-ŁUKASZEWSKA G., NIKLIŃSKA M., 2002. *Concentration of some chemical elements in Biscutella laevigata L. and Plantago lanceolata L. from calamine spoils (S. Poland)*. Acta Biologica Cracoviensia ser. Botanica. 44 (w druku).
- URBAŃSKA K. M., GRODZIŃSKA K., 1995. *Restoration ecology in Europe*. Geobotanical Institute SFIT, Zürich.
- WIERZBICKA M., OBIDZIŃSKA J., 1998. *The effect of lead on seed imbibition and germination in different plant species*. Plant Sci. 137, 155–174.
- WIERZBICKA M., PANUFNIK D., 1998. *The adaptation of Silene vulgaris to the growth on a calamine waste heap (S. Poland)*. Env. Pollut. 99, 1–12.
- WIERZBICKA M., ROSTAŃSKI A., 2002. *Microevolutionary changes in the ecotypes of calamine waste heap vegetation near Olkusz, Poland*. Acta Biologica Cracoviensia, Ser. Botanica 44 (w druku).
- WÓYCICKI Z., 1913. *Obrazy roślinności Królestwa Polskiego. IV. Roślinność terenów galmanowych Bolesławia i Olkusza*. Kasa Mianowskiego, Warszawa.
- ZAJĄC A., ZAJĄC M., 2001. *Atlas rozmieszczenia roślin naczyniowych w Polsce*. Instytut Botaniki UJ, Kraków.
- ZALEWSKI A., 1886. *Zapiski roślinoznawcze z Królestwa Polskiego i z Karpat*. Sprawozd. Komisji Fizjogr. Akad. Um. 20, 171–190.
- ZALECKA R., 1999. *Przystosowania roślin Dianthus carthusianorum L. do wzrostu na hałdzie galmanowej*. Praca magisterska, Instytut Biologii Eksperymentalnej UW.
- ZALECKA R., WIERZBICKA M., 2002. *The adaptation of Dianthus carthusianorum L. (Caryophyllaceae) to growth on a zinc – lead heap in southern Poland*. Plant Soil (w druku).