

## FLORA SPONTANICZNA SZLAMÓW ARSENOWYCH W ŻŁOTYM STOKU

WOJCIECH GIŻA

Zakład Ekologii i Ochrony Przyrody, Instytut Botaniki Uniwersytetu Wrocławskiego,  
ul. Kanonia 6/8, 50-328 Wrocław

Keywords: vascular plants, ecological index values, ecological factors, pulps, macroelements, arsenic.

### FLORA OF ARSENIC PULPS IN ŻŁOTY STOK (LOWER SILESIA)

This paper describes natural flora of arsenic floatation pulps in Żłoty Stok – the origin of arsenic metallurgy in the World (1709–1961). At present the pulps are dried and covered with plants.

Physical and chemical characteristics of pulps were investigated. In 0–25 cm layer of pulps there is a very little amount of N, Na, Fe and humus, a little amount of P, mean quantity of Ca and K, and a very big amount Mg. Pulps  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  7,32–7,66.

Plants analyses showed, that 67 species of vascular plants had appeared in about 40 years on the pulps. They are only apophytes. Predominant groups are hemicyptophytes, photophillic, neutral according to continentalism, mesophytes and higrophytes, mesotrophes and eutrophes and acidophillic in relation to basiphillic ones.

Predominant species is *Calamagrostis epigejos* (L.), further *Carlina vulgaris* L., *Centaurea phrygia* L., *C. scabiosa* L., *Daucus carota* L. and *Festuca rubra* L.

#### Streszczenie

W publikacji tej opisano właściwości fizykochemiczne szlamów arsenowych pozostałych po flotacji rud arsenowych i porastające je rośliny. Miejscem badań jest Żłoty Stok – kolebka światowej metalurgii arsenu (1709–1961).

Stwierdzono, że w warstwie ryzosfery (0–25 cm) jest bardzo mało N, Na, Fe i próchnicy, mało P, średnia zawartość Ca i K oraz bardzo dużo Mg. Ich odczyn jest zasadowy.

Analiza roślinności wykazała, że przez ok. 40 lat na szlamach pojawiło się 67 gatunków roślin naczyniowych. Są to wyłącznie apofity, wśród których dominują hemikryptofity, rośliny światłolubne i neutralne w stosunku do kontynentalizmu klimatu oraz mezofity i higrofity, mezo- i eutrofy oraz acidofilne do bazyfilnych.

Gatunkiem dominującym jest *Calamagrostis epigejos* (L.), rzadziej występuje *Carlina vulgaris* L., *Centaurea phrygia* L., *C. scabiosa* L., *Daucus carota* L. i *Festuca rubra* L.

## WSTĘP

Nieodłącznym elementem przemysłu wydobywczego i hutniczego są różnego rodzaju odpady (hałdy, zwały, szlamy itp.). Podobnie jest w Złotym Stoku – światowej kopalni wydobywania i metalurgii arsenu [7, 12].

Złoże w Złotym Stoku wchodzi w skład sudeckiej prowincji metalogenicznej [3]. Jego podstawowymi minerałami arsenowymi są lelingit (*löllingit*) ( $\text{FeAs}_2$ ) i arsenopiryty ( $\text{FeAsS}$ ). Stanowiły one podstawę przemysłowej produkcji arsenu ( $\text{As}_2\text{O}_3$ ) od 1709 do 1962 r. Inne minerały arsenowe, takie jak: arsenolit ( $\text{As}_2\text{O}_3$ ), erytryn  $\text{CO}_3[\text{AsO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ , gratonit ( $\text{Pb}_9\text{As}_4\text{S}_{15}$ ), kobaltyn ( $\text{CoAsS}$ ), skorodyt ( $\text{Fe}^{3+}[\text{AsO}_4]_2\text{H}_2\text{O}$ ) i smaltyn  $[(\text{Co}, \text{Ni})\text{As}_3]$  [10], występowały sporadycznie. Towarzyszyły im kilkadziesiąt innych minerałów z grupy amfibolu, epidotu, chlorytów, łuszczaków, piroksenów, serpentynów, skaleni i  $\text{SiO}_2$  oraz węglanów i siarczków, które traktowano jako skałę płonną. Dla potrzeb produkcyjnych w byłej Kopalni Arsenu „Złoty Stok” (obecnie Zakłady Tworzyw i Farb) minerały rudne rozdrabniano do średnicy  $150\ \mu$  i wzbogacano metodą flotacji. Zmielone frakcje skały płonnej zawierające pewne ilości arsenu i wypałki hutnicze trafiały do stawów osadowych. Po zaprzestaniu produkcji stawy osadowe wyschły i sukcesywnie zaczęły zarastać.

W niniejszej publikacji przedstawiono analizę ekologiczną spontanicznej flory naczyniowej głównie na podstawie liczb wskaźnikowych Zarzyckiego [24], które dodatkowo porównano z wynikami analiz fizykochemicznych szlamów arsenowych.

## METODYKA

Badania przeprowadzono w latach 1995–1999 na szlamach trzech zachowanych osadników użytkowanych przed i w czasie II wojny światowej oraz w latach 1945–1962. Starsze, kilkusetletnie pozostałości po produkcji  $\text{As}_2\text{O}_3$  nie zachowały się. Od lat 60. zmieniano ukształtowanie osadników, nie stosowano jednak na nich żadnej rekultywacji ani zabiegów agrotechnicznych. Na każdym z nich wyznaczono różniące się morfologicznie stanowiska, które obejmowały:

I – obwałowanie stawu osadowego: ekspozycja południowa i wschodnia (skarpy zewnętrzne) oraz zachodnia (skarpa wewnętrzna);

Ia – szlamy poniżej stanowiska I (powierzchnia płaska);

II – obwałowanie czynnego stawu osadowego: ekspozycja północna i wschodnia (skarpa wewnętrzna),

III – staw osadowy z lat 1945–1962 (górną część przyzmy i skarpa północna);

IIIa – szlamy poniżej stawu osadowego III (powierzchnia płaska); znalazły się tam na skutek kilkakrotnego przzerwania jego skarpy północnej. Największy wylew nastąpił podczas powodzi w czerwcu 1960 r.

Łączna powierzchnia stanowisk wyniosła ok. 3,6 ha. Podczas prac terenowych określono skład florystyczny i pobrano losowo próby szlamów z głębokości 0–25 cm, odpowiadającej ryzosferze większości występujących na nich roślin zielnych. W powietrznie suchych próbach szlamów oznaczono zawartość form przyswajalnych podstawowych makroelementów powszechnie przyjętymi metodami (N ogólny metodą Kieldahla; w wyciągu Morgana: P metodą molibdenianową, K fotometrycznie zmodyfikowaną metodą Johnsona-Ulricha, Ca i Mg kompleksometrycznie metodą wersenianową i Fe z  $\alpha$ -dwupirydylem oraz w wyciągu Mehlicha No. 1, Na fotometrycznie; węgiel organiczny metodą Tiurina (z którego obliczono procentową zawartość próchnicy), kwasowość czynną ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ ) i kwasowość wymienną ( $\text{pH}_{\text{Kcl}}$ ) potencjometrycznie, skład granulometryczny metodą areometryczną Bouyoucosa w modyfikacji Casagrande'a-Prószyńskiego [1, 5, 11, 14, 17, 21]. Wyniki oznaczeń i pomiarów przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Charakterystyka poszczególnych stanowisk na szlamach arsenowych  
Characteristic of sampling site on arsenic pulps

Cechy Characteristics	Osadnik I Settling pond I		Osadnik II Settling pond II	Osadnik III Settling pond III	
	Stanowisko Sampling site I	Stanowisko Sampling site Ia	Stanowisko Sampling site II	Stanowisko Sampling site III	Stanowisko Sampling site IIIa
Powierzchnia (ha) Area (ha)	ok. 0,30	ok. 0,08	ok. 0,15	ok. 1,3	ok. 1,8
Mięższość (m)* Depth (m)*	0–12	9,9 ± 2,8	7,9 ± 0,8	5,7 ± 0,7	0,5
Skład granulometryczny szlamów** Pulps**	glp słsz gsp słsz płi	ip płg	ps słsz pgl	psp pgl	gpp gcp płg płi
$\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ $\text{pH}_{\text{Kcl}}$	7,48–8,10 7,32–7,63	7,75–7,81 7,49–7,61	7,87 7,55–7,60	8,12–8,17 7,62–7,66	7,69–7,89 7,32–7,52
Makroelementy (mg/100 g szlamu)	N 32,2–39,0 P 2,4–3,7 K 9,8–18,2	18,2–27,3 2,8–5,2 17,1–19,2	20,1–27,1 2,9–3,7 6,4–7,9	23,8–30,8 2,2–2,4 6,9–11,0	36,9–80,5 2,1–2,9 8,6–21,8
Macroelements (mg/100 g of pulp)	Ca 584,2–742,5 Mg 52,9–82,7 Na 17,3–17,5	1315,6–1362,7 76,6–167,2 16,4–17,9	789,1–950,4 33,1–48,3 15,9–16,7	619,2–711,4 34,0–186,0 16,5–20,7	607,2–867,7 43,8–91,8 16,7–21,1
(%)	Fe 0,4–1,4	0,5–2,1	0,4–0,8	0,4	0,2–1,3
(%)	próchnica humus	0,9–1,8 1,6–1,8	1,1–1,2	0,6–0,8	0,6–2,2



cd. tab. 1

Cechy Characteristics	Osadnik I Settling pond I		Osadnik II Settling pond II	Osadnik III Settling pond III	
	Stanowisko Sampling site I	Stanowisko Sampling site Ia	Stanowisko Sampling site II	Stanowisko Sampling site III	Stanowisko Sampling site IIIa
Charakter otoczenia  Surroundings characteristic	zarośla, rośliny zielne, staw, budynki, droga wewnętrzna, las mieszany thicket, herbaceous plants, pond, buildings, local road, mixed forest	zarośla, skarpa stawu, rośliny zielne, droga wewnętrzna, las mieszany thicket, pond dike herbaceous plants, local road, mixed forest	staw, droga wewnętrzna, budynki, zarośla, las mieszany pond, local road, buildings, thicket, mixed forest	komunalne wysypisko śmieci, łąki, zarośla, lasy mieszane municipal dumping waste, meadows, thicket, mixed forest	łąki, zarośla, komunalne wysypisko śmieci, lasy mieszane meadows, thicket, municipal dumping waste, mixed forest
Liczba gatunków roślin naczyniowych Number of vascular plants species	41	39	51	47	42
Gatunki dominujące Dominant species	<i>Achillea millefolium</i> , <i>Calamagrostis epigejos</i> , <i>Carlina vulgaris</i> , <i>Centaurea frygia</i> , <i>C. scabiosa</i> , <i>Daucus carota</i>	<i>Calamagrostis epigejos</i> , <i>Carlina vulgaris</i> , <i>Daucus carota</i> , <i>Festuca rubra</i> , <i>Parnassia palustris</i>	<i>Calamagrostis epigejos</i> , <i>Carlina vulgaris</i> , <i>Centaurea frygia</i> , <i>C. scabiosa</i> , <i>Daucus carota</i> , <i>Festuca rubra</i>	<i>Calamagrostis epigejos</i> , <i>Leucanthemum vulgare</i> , <i>Lotus corniculatus</i> , <i>Silene nutans</i>	<i>Calamagrostis epigejos</i> , <i>Centaurea frygia</i> , <i>C. scabiosa</i> , <i>Deschampsia caespitosa</i> , <i>Festuca rubra</i>

\* Miąższość powierzchni badawczej I – wg autora, pozostałe wg Wojciechowskiego [22].

\* Depth of sampling site I – according to author, others according to Wojciechowski [22].

\*\* ps – piasek słabo gliniasty (light-loamy sand); psp – piasek słabo gliniasty pylasty (light-loamy-silty sand); pgl – piasek gliniasty lekki (loamy sand); gpp – glina piaszczysta pylasta (sandy-silty loam); glp – glina lekka pylasta (sandy-silty loam); gsp – glina średnia pylasta (silty loam); gcp – glina ciężka pylasta (silty-clay loam); ip – il pylasty (silty clay); pig – pył gliniasty (loamy silt); pli – pył ilasty (clay silt); stsz – słabo szkieletowaty (low skeletal).

Otrzymane wyniki porównano ze wskaźnikami klimatycznymi i edaficznymi podanymi przez Zarzyckiego [24] oraz z pochodzeniem geograficzno-historycznym Mirka i in. [13] (Tab. 2).

Wszystkie nazwy botaniczne w niniejszej pracy cytowane są wg *Vascular plants of Poland a checklist* [13].

Tabela 2. Charakterystyka ekologiczna roślin ze szlamów arsenowych  
Ecological characteristic of arsenic pulps plants

Cechy Characteristics	Osadnik I Settling pond I		Osadnik II Settling pond II	Osadnik III Settling pond III	
	Stanowisko Sampling site I	Stanowisko Sampling site Ia	Stanowisko Sampling site II	Stanowisko Sampling site III	Stanowisko Sampling site IIIa
Formy życiowe (%) Life formes (%)					
Hemikryptofit Hemicryptophyte	63,4	56,4	56,9	61,7	61,9
Megafanerofit Megaphanerophyte	7,3	12,8	11,8	4,3	7,1
Geofit Geophyte	9,8	10,3	7,8	8,5	11,9
Hemikryptofit, Terofit Hemikrypt., Terophyte	4,9	2,6	3,9	6,4	7,1
Terofit/Półpasożyt Troph./Hemiparasyte	4,9	5,1	3,9	4,3	4,8
Hemikryptofit, Geofit Hemikrypt., Geophyte	2,4	—	2,0	2,1	2,4
Geofit, Hydrofit Geophyte, Hydrophyte	2,4	2,6	2,0	—	—
Chamefit Chamephyte	2,4	2,6	2,0	2,1	2,4
Nanofanerofit Nanophanerophyte	—	—	3,9	6,4	—
Nanofaner. – Hemikrypt. Nanoph. – Hemicryptoph.	—	2,6	2,0	—	—
Inne Others	2,4	5,1	3,9	4,3	2,4
Wskaźnik świetlny – L (%) Index of light – L (%)					
L 5	19,5	15,4	21,6	19,1	23,8
L 4	56,1	66,7	60,8	59,6	59,5
L 4–3	2,4	7,7	9,8	10,6	9,5
L 3	19,5	7,7	5,9	6,4	4,8
L 3–2	—	—	—	2,1	—
Inne Others	2,4	2,6	2,0	2,1	2,4
Wskaźnik kontynentalizmu – K (%) Index of continental – K (%)					
K 5	2,4	2,6	2,0	2,1	2,4
K 4	2,4	—	2,0	2,1	2,4
K 4–3	—	2,6	2,0	—	—
K 3	92,7	92,3	92,2	93,6	92,9
Inne Others	2,4	2,6	2,0	2,1	2,4

cd. tab. 2

Cechy Characteristics	Osadnik I Settling pond I		Osadnik II Settling pond II	Osadnik III Settling pond III	
	Stanowisko Sampling site I	Stanowisko Sampling site Ia	Stanowisko Sampling site II	Stanowisko Sampling site III	Stanowisko Sampling site IIIa
Wskaźnik wilgotności – W (%) Index of humid – W (%)					
W 6	2,4	2,6	2,0	–	–
W 5	–	2,6	2,0	–	2,4
W 5–4	2,4	10,3	9,8	6,4	4,8
W 4	12,2	20,5	17,6	17,0	16,7
W 4–3	14,6	12,8	9,8	12,8	14,3
W 4–2	4,9	2,6	5,9	6,4	4,8
W 3	29,3	23,1	25,5	25,5	23,8
W 3–2	17,1	17,9	13,7	17,0	16,7
W 2	14,6	5,1	11,8	12,8	14,3
Inne					
Others	2,4	2,6	2,0	2,1	2,4
Wskaźnik zasobności gleby – Tr (%) Index of fertility – Tr (%)					
Tr 4–5	–	2,6	3,9	2,1	2,4
Tr 4	26,8	28,2	25,5	31,9	23,8
Tr 4–3	29,3	35,9	31,4	25,5	28,6
Tr 3	39,0	30,8	33,3	34,0	35,7
Tr 3–2	2,4	–	2,0	2,1	4,8
Inne					
Others	2,4	2,6	3,9	4,3	4,8
Wskaźnik kwasowości – R (%) Index of acid – R (%)					
R 5	4,9	10,3	7,8	4,3	4,8
R 5–4	19,5	15,4	17,6	27,7	21,4
R 5–3	29,3	25,6	21,6	25,5	26,2
R 4	26,8	28,2	31,4	23,4	26,2
R 4–3	7,3	12,8	11,8	8,5	7,1
R 3	4,9	5,1	5,9	2,1	2,4
R 3–1	2,4	–	–	–	2,4
R 1–5	–	–	2,0	2,1	2,4
Inne					
Others	4,9	2,6	2,0	6,4	7,1
Wskaźnik dyspersji gleby – D (%) Index of dispersion of soil – D (%)					
D 5	–	2,6	2,0	–	2,4
D 5–4	7,3	10,3	7,8	6,4	4,8
D 5–3	4,9	5,1	7,8	4,3	4,8

cd. tab. 2

Cechy Characteristics	Osadnik I Settling pond I		Osadnik II Settling pond II	Osadnik III Settling pond III	
	Stanowisko Sampling site I	Stanowisko Sampling site Ia	Stanowisko Sampling site II	Stanowisko Sampling site III	Stanowisko Sampling site IIIa
D 5-2	2,4	2,6	3,9	2,1	2,4
D 4	48,8	48,7	45,1	53,2	50,0
D 4-3	12,2	12,8	11,8	8,5	9,5
D 4-2	14,6	5,1	9,8	12,8	14,3
D 4-1	2,4	2,6	2,0	2,1	2,4
D 3	2,4	2,6	2,0	2,1	2,4
D 2	2,4	2,6	2,0	2,1	2,4
Inne	2,4	5,1	5,9	6,4	4,8
Others	2,4	5,1	5,9	6,4	4,8
Wskaźnik zawartości materii organicznej i próchnicy – H (%) Index of humus – H (%)					
H 4	–	5,1	5,9	2,1	2,4
H 4-3	17,1	20,5	17,6	19,1	21,4
H 4-2	2,4	5,1	5,9	–	–
H 3	58,5	51,3	49,0	55,3	54,8
H 3-2	12,2	5,1	7,8	10,6	9,5
H 3-1	2,4	2,6	2,0	2,1	2,4
H 2	2,4	5,1	5,9	4,3	2,4
H 1	2,4	2,6	2,0	2,1	2,4
Inne	2,4	2,6	3,9	4,3	4,8
Others	2,4	2,6	3,9	4,3	4,8
Pochodzenie geograficzno-historyczne roślin (%) Geographical and historical origin of plants (%)					
Apofity Apophytes	100	100	98	100	100
Antropofity Antropophytes	–	–	2	–	–
Klasyfikacja gatunków względem siedlisk (%) Species classification according to habitat (%)					
Leśno-zaroślowe Forest-thicket	12,2	25,6	25,5	21,3	14,3
Łąkowo-zaroślowe Meadow-thicket	65,9	59,0	51,0	59,6	66,7
Nadwodne Waterside	2,4	7,7	5,9	2,1	–
Segetalne Segetal	9,8	5,1	5,9	6,4	7,1
Ruderalne Ruderal	–	–	2,0	–	–
Ubikwisty Ubiquitous	9,8	2,6	9,8	10,6	11,9



## WYNIKI I DYSKUSJA

Na podstawie wyników można stwierdzić, że w warstwie 0–25 cm w szlamach stawów osadowych występują wszystkie grupy granulometryczne – piaski, gliny, ropy i pyły. Na stanowisku I, Ia i IIIa frakcjami dominującymi w poszczególnych utworach glebowych są pyły i ropy o średnicy cząstek od 0,1 do < 0,002 mm, a na stanowisku II i III piaski o średnicy cząstek 1–0,1 mm. We wszystkich próbach zdecydowanie przeważają części ziemiste nad szkieletowymi.

Kwasowość czynna i wymienna wskazuje, że szlamy mają odczyn zasadowy ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  wynosi 7,48–8,17, a  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  7,32–7,66).

Badania przyswajalnych makroelementów w szlamach wykazały, że azotu jest 18,2–80,5 mg/100 g gleby (średnio 36,3 mg/100 g), fosforu 2,1–5,2 mg/100 g (średnio 3,0 mg/100 g), potasu 6,4–21,8 mg/100 g (średnio 12,8 mg/100 g), wapnia 584,2–1362,7 mg/100 g (średnio 825,9 mg/100 g), magnezu 33,1–186 mg/100 g (średnio 77,3 mg/100 g), żelaza 0,2–2,1 mg/100 g (średnio 0,7 mg/100 g) i sodu 15,9–21,1 mg/100 g (średnio 17,7 mg/100 g), natomiast zawartość próchnicy wynosi 0,6–2,2% (średnio 1,1%) (Tab. 1).

Porównując powyższe zawartości makroelementów do liczb granicznych odpowiednich gleb [4, 6, 14, 15, 23] można stwierdzić, że szlamy są bardzo ubogie w azot, sód i żelazo, ubogie w fosfor, średnio zasobne w wapń i potas (przy zakresie od ubogich do bardzo zasobnych) oraz wybitnie zasobne w magnez.

Ogółem stwierdzono występowanie 67 gatunków roślin naczyniowych. Na poszczególnych stanowiskach liczba gatunków była różna (Tab. 1), różnice te nie są jednak duże. Większa zmienność zaznacza się w składzie gatunkowym. Gatunków wspólnych dla wszystkich stanowisk jest 27 (40%). Jest to jeden przedstawiciel drzew – klon jawor (*Acer pseudoplatanus* L.) i 26 gatunków roślin zielnych: krwawnik pospolity (*Achillea millefolium* L.), mietlica olbrzymia (*Agrostis gigantea* ROTH), trzcinnik piaskowy (*Calamagrostis epigejos* (L.) ROTH), dziewięciśń pospolity (*Carlina vulgaris* L.), chaber austriacki (*Centaurea phrygia* L.), ch. driakiewnik (*C. scabiosa* L.), centuria pospolita (*Centaureum erythraea* RAFN), ostrożeń polny (*Cirsium arvense* (L.) SCOP.), marchew zwyczajna (*Daucus carota* L.), śmiałek darniowy (*Deschampsia caespitosa* (L.) P. BEAUV.), goździk pyszny (*Dianthus superbus* L. S.S.), skrzyp polny (*Equisetum arvense* L.), świetlik wyprężony (*Euphrasia stricta* D. WOLFF EX J.F. LEHM.), kostrzewa czerwona (*Festuca rubra* L. S.S.), kłosówka wełnista (*Holcus lanatus* L.), brodawnik zwyczajny (*Leontodon hispidus* L.), złocień właściwy (*Leucathemum vulgare* LAM. S.S.), komonica zwyczajna (*Lotus corniculatus* L.), zagorzałek późny (*Odontites serotina* (LAM.) RCHB. S.S.), dziewięciornik błotny (*Parnassia palustris* L.), pasternak zwyczajny (*Pastinaca sativa* L.), szczaw zwyczajny (*Rumex acetosa* L.), driakiew żółta (*Scabiosa ochroleuca* L.), lepnica zwisła (*Silene nutans* L.), macierzanka zwyczajna (*Thymus pulegioides* L.) i koniczyzna łąkowa (*Trifolium pratense* L.).



Gatunek, który występuje na wszystkich stanowiskach i jest dominujący, to *Calamagrostis epigejos* (L.) ROTH. Jego ekspansywność na zwalach hutniczych i górniczych potwierdzają również badania Patrzalek i Rostańskiego [16].

Na co najmniej trzech stanowiskach występują 42 gatunki (63%). Wśród nich dominują: *Carlina vulgaris* L., *Centaurea phrygia* L., *C. scabiosa* L., *Daucus carota* L. i *Festuca rubra* L. Gatunki pojawiające się sporadycznie (na jednym lub dwóch stanowiskach) stanowią 37% (25 gatunków).

Na szlamach dominują rodzime rośliny synantropijne – apofity (niemal 100%), poza *Cirsium vulgare* (SAVI) TEN., który prawdopodobnie jest antropofitem [13], neutralne w stosunku do kontynentalizmu klimatu (92,2–93,6%) i światłolubne (56,1–66,7%) [24] oraz łąkowo-zaroślowe (51,0–66,7%). Zdecydowanie też przeważają trwałe gatunki wieloletnie – hemikryptofity, które stanowią od 56,4 do 63,4% (Tab. 2).

Niewątpliwie największy wpływ na skład gatunkowy roślin na szlamach miała roślinność występująca w pobliżu osadników, jedynie 4 z 27 gatunków występujących na wszystkich stanowiskach nie występuje w ich bezpośrednim sąsiedztwie. Jednak właściwości fizykochemiczne podłoża, w tym – jak można przypuszczać zawartość arsenu (0,34 do 6,41%) [20, 22], stanowią ekofizjologiczną barierę selekcyjną dla wielu innych gatunków. Wcześniejsze badania wykazały, że co najmniej 21 gatunków roślin naczyniowych nie występuje na szlamach, mimo że rosną w ich bezpośrednim sąsiedztwie [8]. Szczególnie widoczne jest to w ubóstwie gatunków drzewiastych i ich bardzo małej frekwencji na poszczególnych stanowiskach oraz mozaikowości względem poszczególnych czynników edaficznych i stopnia pokrycia powierzchni szlamów.

Wskaźniki edaficzne poszczególnych gatunków roślin naczyniowych [24] nie są tak jednoznaczne (Tab. 2). Ze wskaźnika wilgotności wynika, że w siedliskach naturalnych rosną one na glebach suchych do wilgotnych (W 2–4), z niewielką przewagą gatunków preferujących gleby świeże (W 3; 23,1–29,3%). Wskaźnik zasobności (Tr) wynoszący 3–4, świadczy o tym, że rosną na glebach umiarkowanie ubogich i zasobnych w składniki odżywcze z nieznaczną przewagą tych pierwszych (30,8–39,0%). Wskaźnik kwasowości (R) ma zakres od 3 do 5. Odpowiada to zakresowi pH od 4,5 do < 6,6, czyli glebom kwaśnym do zasadowych. Łącznie grupy R 5–4, R 5–3 i R 4 stanowią od 69,2 do 76,6% wszystkich gatunków. Wskaźnik dyspersji gleby (D) wynosi od 2 do 4 z przewagą roślin preferujących gleby piaszczysto-gliniaste, gliniasto-piaszczyste i gliniaste ze znacznym udziałem części szkieletowych (D 4; 45,1–53,2%). Wskaźnik zawartości materii organicznej i próchnicy (H) wskazuje na wyraźną przewagę roślin z gleb mineralno-próchnicznych (H 3; 49,0–58,5%). Drugą co do wielkości jest grupa H 4–3 (17,1–21,4%) reprezentowana przez rośliny preferujące gleby mineralno-próchniczne torfiaste ze znacznym udziałem części mineralnych.

Występowanie obok siebie na różnych utworach odpadowych roślin preferujących zarówno siedliska wilgotne (higro- i mezofitów), jak i suche (kse-

rofitów) nie jest zjawiskiem odosobnionym [np. 8, 18, 19]. Jego przyczyną jest prawdopodobnie z jednej strony większa niż się sądzi tolerancja roślin występujących zazwyczaj na glebach mokrych i wilgotnych lub suchych na zawartość wody w podłożu, a z drugiej strony mała odporność tych roślin na konkurencję innych gatunków. Dlatego na miejscach odsłoniętych (zwirowniach, piaskowniach, wydmach, szlamach, hałdach, zwałach itp.) pojawiają się na pewnym etapie sukcesji rośliny charakterystyczne zarówno dla np. muraw kserotermicznych, jak i dla miejsc zabagnionych. Dobrą ilustracją tego zjawiska na szlamach arsenowych w Żłotym Stoku jest występowanie obok siebie, w odległości zaledwie kilku centymetrów, *Carlina vulgaris* L. i *Parnassia palustris* L., czy *Festuca rubra* L., *Equisetum arvense* L. obok *Agrostis gigantea* ROTH i *Equisetum palustre* L. (skrzyp błotny).

Według Patrzalek i Rostańskiego [16] duży udział hemikryptofitów i fanerofitów oraz roślin mezofilnych (wskaźnik wilgotności W 3–4) świadczyć może o zaawansowanym stopniu sukcesji spontanicznej roślinności naczyniowej.

Mimo niskiej zawartości próchnicy [6, 23], na szlamach przeważają gatunki roślin preferujących gleby mineralno-próchniczne i mineralno-próchniczne torfiaste oraz umiarkowanie ubogie i zasobne w składniki mineralne. Być może wynika to z wystarczającej dla nich ilości przyswajalnych form N, P, K w szlamach i współżycia z odpowiednimi mikroorganizmami lub też zastrępowania ich przez pobieranie większych ilości Ca i Mg.

Na podstawie wskaźnika kwasowości można przypuszczać, że część badanych gatunków ma znacznie szerszą amplitudę ekologiczną pod względem tego czynnika lub dwa optima pH, w jakich mogą występować. Ewidentnym tego przykładem jest trzcinnik piaskowy (*Calamagrostis epigejos* (L.) ROTH), który powszechnie uważany jest za gatunek gleb kwaśnych (pH 4,5–5,5).

Rozbieżność wyników analiz fizykochemicznych szlamów i pozostałych wskaźników edaficznych wskazuje na znacznie większe możliwości przystosowania badanych roślin do nietypowych warunków siedliska niż wykazują to liczby wskaźnikowe Zarzyckiego [24]. Dotyczy to najliczniej reprezentowanych na szlamach arsenowych mezo- i eutrofów, podczas gdy szlasy są ubogie i średnio zasobne w azot, fosfor i potas, a są to pierwiastki, co do których wymagania pokarmowe roślin są szczególnie duże, oraz kwasowości, dyspersji gleby i zawartości materii organicznej. Jednak, żeby precyzyjniej określić ich przyczyny, należy przeprowadzić dodatkowe badania w tym kierunku.

Kozłowska [9] wykazała, że podobne rozbieżności mogą dotyczyć również wskaźnika kontynentalizmu. Jednak w przypadku szlamów arsenowych w Żłotym Stoku, dokładniejszych badań na ten temat nie prowadzono.

## WNIOSKI

1. Największy udział w składzie gatunkowym flory spontanicznej szlamów arsenowych w Żłotym Stoku mają rośliny z ich najbliższego otoczenia.
2. Dominują na nich gatunki rodzime – światłolubne hemikryptofity, które preferują siedliska łąkowo-zaroślowe.



3. Największą ekspansywnością odznacza się trzcinnik piaskowy (*Calamagrostis epigejos* (L.) ROTH.). Mniejszą ale znaczącą ekspansywnością odznaczają się również dziewięciśń pospolity (*Carlina vulgaris* L.), chaber austriacki (*Centaurea phrygia* L.), chaber driakiewnik (*Centaurea scabiosa* L.), marchew zwyczajna (*Daucus carota* L.) i kostrzewa czerwona (*Festuca rubra* L.).

4. Wskaźniki edaficzne spontanicznej roślinności naczyniowej ze szlamów arsenowych wskazują na ich zróżnicowane preferencje co do właściwości fizykochemicznych gleby.

5. Zasobność szlamów arsenowych w makroelementy i ich skład granulometryczny różnią się istotnie od wskaźników edaficznych opartych na ekologicznych liczbach wskaźnikowych Zarzyckiego [24].

## LITERATURA

- [1] Babko A.K., A.T. Pilipienko: *Analiza kolorymetryczna*, PWN, Warszawa 1955.
- [2] Barrous H.L., E.C. Simpson: *An EDTA method for the direct routine determination of calcium and magnesium in soil and plant tissue*, Soil Sci. Amer. Proc. **26**, 443–445 (1962).
- [3] Cwojdzński S.: Rudy arsenu, [w:] Dziedzic K., S. Kozłowski, A. Majerowicz, L. Sawicki, (red.): *Surowce mineralne Dolnego Śląska*, Wydawnictwo Ossolineum, Wrocław 1979.
- [4] Czuba R. (red.): *Nawożenie mineralne roślin uprawnych*, Wydawnictwo Zakładów Chemicznych „Police”, Police 1996.
- [5] Drozd J., M. Licznar, J. Weber: *Gleboznawstwo rolnicze*, skrypt nr 302, Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Wrocław 1985.
- [6] Dudka S.: *Ocena całkowitych zawartości pierwiastków głównych i śladowych w wierzchniej warstwie gleb Polski*, IUNG, Puławy 1992.
- [7] Dziekoński T.: *Wydobywanie i metalurgia kruszców na Dolnym Śląsku od XII do połowy XX w.*, Wydawnictwo Ossolineum, Wrocław 1972.
- [8] Giża W.: *Zmiany teratologiczne u roślin z podłoża arsenowych w Żłotym Stoku*, Acta Universitatis Wratislaviensis, **2037**, Prace Botaniczne, **LXXV**, 69–97 (1998).
- [9] Kozłowska A.B.: *Analiza porównawcza ekologicznych liczb wskaźnikowych (wg Ellenberga i Zarzyckiego)*, Wiadomości Botaniczne, **35**, 11–21 (1991).
- [10] Lis S., H. Sylwestrzak: *Minerały Dolnego Śląska*, Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa 1986.
- [11] Lityński T., H. Jurkowska, E. Gorlach: *Analiza chemiczno-rolnicza*, PWN, Warszawa 1962.
- [12] Mikulski S.Z.: *Wpływ dawnego górnictwa na zanieczyszczenie pierwiastkami metalicznymi aluwii Ziemi Kłodzkiej*, Przegląd Geologiczny, **42**, 470–476 (1994).
- [13] Mirek Z., H. Piękoś-Mirek, A. Zając, M. Zając: *Vascular plants of Poland a checklist*, Polish Botanical Studies, Guidebook Series, **15**, Instytut Botaniki PAN, Kraków 1995.
- [14] Nowosielski O.: *Metody oznaczania potrzeb nawożenia*, PWRiL, Warszawa 1968.
- [15] Obojski J., S. Strączyński: *Odczyn i zasobność gleb Polski w makro- i mikroelementy*, IUNG, Puławy 1995.
- [16] Patrzalek A., A. Rostański: *Procesy glebotwórcze i zmiany roślinności na skarpie rekultywowanego biologicznie zwałowiska odpadów po kopalnictwie węgla kamiennego*, Arch. Ochr. Środ., **3–4**, 157–168 (1992).
- [17] Piper C.S.: *Analiza gleby i roślin*, PWN, Warszawa 1957.
- [18] Rostański A.: *Flora spontaniczna hałd Górniego Śląska*, Arch. Ochr. Środ., **3–4**, 159–165 (1997).
- [19] Säger H.: *Flora und vegetation on dumps of uranium mining in the southern part of the former GDR*, Acta Societatis Botanicorum Poloniae, **4**, 409–418 (1995).



- [20] Szerszeń L., T. Chodak, M. Giernalczyk: *Arsen w odpadach Kopalni Rud Arsenowych i glebach w rejonie Złotego Stoku*, [w:] Materiały z Seminarium odbytego 8 października 1993 pod red. A. Kabaty-Pendias i B. Szteke: *Arsen i selen w środowisku, problemy ekologiczne i metodyczne*, Zeszyty Naukowe PAN, **8**, 51–53 (1994).
- [21] Tan K.H.: *Soil sampling, preparations and analysis*, Marcel Dekker, Inc. New York, Basel, Hong Kong 1996.
- [22] Wojciechowski A.: *Rozpoznanie i dokumentowanie zasobów złota w osadnikach szlamów arsenowych i odpadów poeksploatacyjnych kopalń kruszywa naturalnego*, Górnictwo Odkrywkowe, **6**, Wrocław, 99–102 (1994).
- [23] Zalecenia nawozowe, Cz. I: *Liczby graniczne do wyceny zawartości w glebach makro- i mikroelementów*, IUNG, Puławy 1985.
- [24] Zarzycki K.: *Ekologiczne liczby wskaźnikowe roślin naczyniowych Polski*, Wydawnictwo Instytutu Botaniki PAN, Kraków 1984.

Wpłynęło: 7 grudnia 1999, zaakceptowano do druku: 9 marca 2000.