

JAROSŁAW KASZUBKIEWICZ, DANIEL OCHMAN, MONIKA KASINA,
JOANNA KISIEL, SYLWIA NOWACKA, ADAM SZEWCZYK

ZASOLENIE GLEB W OTOCZENIU ZBIORNIKA OSADÓW POFLOTACYJNYCH „ŻELAZNY MOST”

SOIL SALINITY IN SURROUNDINGS OF THE TAILINGS IMPOUNDMENT „IRON BRIDGE”

Instytut Gleboznawstwa i Ochrony Środowiska Rolniczego Akademii Rolniczej
we Wrocławiu

Abstract: The problem of soil salinity under the temperate climate conditions has the local character and it appears in case of the pollution of environment by various industrial wastes. One of the regions where this kind of pollution is observed is the vicinity of the greatest in Europe tailings impoundment „Iron Bridge”. The goal of the investigations was to identify the areas of occurrence of salt-affected soils around tailings impoundment, indication the most important changes of their physicochemical properties and to designate of their position in systematics of Polish soils and the mechanism of salinization was also investigated.

Słowa kluczowe: odpady poflotacyjne, zasolenie gleb, procentowy udział wymiennego sodu, systematyka gleb zasolonych.

Key words: tailings impoundment, soil salinity, exchangeable sodium percentage, systematics of salt-affected soils.

WSTĘP

Zjawisko zasilania gleb jest jednym z najpoważniejszych problemów rolnictwa w klimacie suchym i półsuchym [Richards L.A. 1954; Marcinek 1984; Shannon, Grieve 1999; Ulery i in. 1998]. W warunkach klimatu umiarkowanego, w którym występuje przewaga opadów nad parowaniem, problem ten ma charakter lokalny, pojawiając się w rezultacie skażenia środowiska przez różnego rodzaju zasolone odpady przemysłowe. Źródłami mogą być zakłady chemiczne [Rytelewski i in. 1977; Czerwiński 1984], składowiska i odstojniki zawierające zasolone wody [Angełow i in. 2000; Ochman i in. 2003] bądź też awaryjne wycieki solanki z rurociągów transportujących [Kaszubkiewicz, Chodak 1999]. W wyniku tego typu oddziaływań dochodzi do okresowej degradacji gleb przez ich zasolenie, zmiany w obsadzie kompleksu sorpcyjnego, a niekiedy także zmiany odczynu [Chodak i in. 2000; Kaszubkiewicz i in. 2003].

Jednym z rejonów, gdzie obserwuje się oddziaływanie słonych wód glebowo-gruntowych, jest otoczenie znajdującego się na Dolnym Śląsku i użytkowanego przez KGHM S.A. zbiornika osadów poflotacyjnych „Żelazny Most” [Czaban, Maślanka 1998; Angełow i in. 2000]. Wyniesienie powierzchni składowiska ponad otaczający teren przekracza obecnie 42 m [Mizera, 1997; Górski i in. 1996], a w planach ma sięgnąć nawet do 62 m. Ekspansja infiltracji ze składowiska zaburzyła naturalne warunki krążenia wód w jego otoczeniu powodując rozszerzanie się strefy zmian hydrochemicznych wokół zbiornika. Słone wody gruntowo-glebowe wydostają się w niektórych miejscach na powierzchnię terenu [Angełow i in. 2000; Czaban, Maślanka 1998; Kalisz, Sieroń 1998] intensywnie oddziałując na właściwości gleb.

Celem przeprowadzonych badań było zlokalizowanie obszarów występowania gleb słonych wokół zbiornika osadów poflotacyjnych „Żelazny Most”, wskazanie najważniejszych zmian w ich właściwościach fizyko-chemicznych oraz zakwalifikowanie tych gleb do odpowiednich jednostek w polskiej systematyce gleb słonych.

MATERIAŁ I METODY

Badaniami objęto wybrane fragmenty pokrywy glebowej zalegającej na południowo-wschodnim, wschodnim, północno-wschodnim, północno-zachodnim oraz zachodnim przedpolu zbiornika osadów poflotacyjnych „Żelazny Most”.

Przy wyborze obszarów, na których wykonywano odkrywki, kierowano się zwiększonym uwilgotnieniem, występowaniem zespołów roślinnych charakterystycznych dla gleb trwale, nadmiernie uwilgotnionych (trzcina, turzyce itp.) oraz ukształtowaniem terenu (obniżenia terenowe, miejsca o słabym odpływie). Badania terenowe wykonano i próby pobierano w latach 1999–2001.

Ogółem wykonano 18 odkrywek glebowych, które pod względem lokalizacji można połączyć w kilka grup. W kierunku na wschód od czaszy Zbiornika w odległości ok. 400 m od korony wałów odsłonięto profile nr 1 i 2. Na południowo-wschodnim przedpolu Zbiornika w odległości ok. 500 m od obwałowań, w miejscu charakteryzującym się znacznym uwilgotnieniem gleby, odsłonięto profile nr 3 i 4.

Odkrywki nr 5,6,7,8 wykonano na północno-zachodnim przedpolu Zbiornika. Odkrywka nr 5 zlokalizowana była na obszarze płaskim, natomiast odkrywki nr 6 i 7 usytuowano na lokalnym obszarze podmokłym, na stoku o wystawie północnej. Odkrywkę nr 8 zlokalizowano u podnóża tegoż stoku. Odległość od obwałowań Zbiornika wynosiła od 700 do 900 m.

Profil nr 9 zlokalizowany był na zachodnim przedpolu Zbiornika za wsią Tarnówek w odległości ok. 900 m od obwałowań. Był to jedyny profil zlokalizowany na polu uprawnym. Wszystkie pozostałe usytuowane były na kilkuletnich nieużytkach bądź na terenach zadrzewionych.

Profil nr 10 zlokalizowany był na południowo-wschodnim przedpolu Zbiornika, na polanie między dębami na terenie płaskim, niewykazującym zwiększonego uwilgotnienia gleby, w odległości ok. 600 m od obwałowań.

Odkrywki nr 11, 12, 13 i 14 usytuowano w niewielkich wzajemnych odległościach (30–50 m) na południowo-wschodnim przedpolu Zbiornika, na terenie płaskim na obszarze wysączenia i rozlewania się po powierzchni gleb wód gruntowych. Obszar

ten zlokalizowany był w odległości 500–600 m od obwałowań i pokryty roślinnością charakterystyczną dla gleb zabagnianych (trzcinnik, pałka wodna, turzyce, skrzypy, очерety).

Profile glebowe nr 15 i 16 zlokalizowane były na północno-wschodnim przedpolu Zbiornika na obszarze o wysokim uwilgotnieniu porośniętym trzcinnikiem i pałką wodną, na słabym stoku o wystawie południowej, w odległości ok. 500 m od obwałowań.

Podobnie, na północno-wschodnim przedpolu Zbiornika, zlokalizowane były profile nr 17 i 18. Odległość od obwałowań wynosiła tym przypadku ok. 800–900 m. Profil nr 17 zlokalizowany był na słabym stoku o wystawie północnej, natomiast profil nr 18 w dolnej części lokalnego zagłębienia terenowego.

Wykonane w wyszczególnionych powyżej punktach odkrywki glebowe opisano, zwracając szczególną uwagę na cechy oglejenia, a z poszczególnych poziomów genetycznych pobrano próby w stanie naruszonym do analiz chemicznych i fizykochemicznych.

W zebranych materiale glebowym oznaczono następujące właściwości:

- skład granulometryczny metodą areometryczną Bouyoucosa-Cassagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego,
- przewodnictwo elektryczne właściwe w wyciągu wodnym o proporcji gleby do wody jak 1:5 metodą konduktometryczną wg normy ISO 11265, przewodnictwo przeliczono następnie na zawartość łatwo rozpuszczalnych soli na podstawie krzywej wzorcowej dla chlorku potasu (przeliczenia na dm^3 ekstraktu, a następnie na masę gleby),
- odczyn gleby w H_2O i $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ KCl – potencjometrycznie,
- kwasowość hydrolytyczną metodą Kappena,
- zawartość węgla organicznego metodą Tiurina,
- zawartość wymiennych zasad (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+) metodą Pallmana.

Na podstawie zawartości wymiennych kationów zasadowych oraz kwasowości hydrolytycznej obliczano sumę kationów zasadowych (S), całkowitą pojemność wymiany kationów (PWK) oraz stopień wysycenia gleby kationami o charakterze zasadowym (V).

WYNIKI I Dyskusja

Pośród 18 przebadanych profili glebowych można wyróżnić grupę gleb o podwyższonym uwilgotnieniu charakteryzujących się występowaniem oglejenia odgórnego bądź też płytko występującym oglejeniem gruntowym. Do tej grupy należą profile nr 1, 3, 4, 6–9, 11, 12, 14–18. Druga grupa to gleby o prawidłowym uwilgotnieniu pozbawione widocznego oglejenia. Do tej grupy zaliczono profile nr 2, 5, 10 i 13 (tab. 1). W glebach pierwszej grupy na podstawie zawartości łatwo rozpuszczalnych soli oraz skład kompleksu sorpcyjnego (tab. 2) wydzielono gleby będące na różnych etapach procesu zasalania (profile 6, 7, 8, 9, 11, 12, 14, 15, 16, 17). W grupie gleb o prawidłowym uwilgotnieniu, w żadnym z badanych profili nie stwierdzono występowania procesów zasalania.

TABELA 1. Morfologia oraz niektóre właściwości fizykochemiczne badanych gleb
 TABLE 1. Morphology and selected physicochemical properties of investigated soils

Nr profilu Profile No	Poziom genetyczny Genetic horizon	Miąższość Thickness [cm]	Oglejenie Gley	Struktura Structure	Uziarnienie Texture	C organiczny Organic C [g/kg]	Zasolenie Salinity [mg/kg]
1	2	3	4	5	6	7	8
Mada rzeczna właściwa – Proper river alluvial soil*							
1	A	0–50	–	gr-s	gl	12,9	216
	Cgg	50–70	plamiste	os-s	glp	1,9	81
	IICgg	70–80	strefowe	os-s	gc	n.o.	189
	IICgg*	>80	strefowe	os-s	gc	n.o.	216
2	A	0–18	brak	O	ps	4,9	149
	C1	18–35	brak	O	ps	<1,0	81
	C1	35–45	brak	O	pgl	n.o.	54
	C2	>45	brak	O	pl	n.o.	41
Gleba gruntowo-glejowa właściwa – Proper gley soil*							
3	A	0–20	brak	gr-s	pgm	6,3	203
	G	20–45	całkowite	O	ps	7,1	311
	Cgg	>45	strefowe	O	pl	2,2	135
4	A	0–20	brak	gr-s	ps	6,6	230
	Agg	20–40	plamiste	O	pgl	5,2	216
	G	>40	całkowite	O	ps	4,2	243
Gleba brunatna właściwa typowa (odgórnie zasalana) – Typical brown soil (salinity from above)*							
5	A	0–27	brak	gr-s	gl	14,9	2460
	Bbr	27–46	brak	os-s	gś	3,8	162
	C1	46–110	brak	os-s	gś	2,6	108
	C2	110–140	brak	os-s	gś	n.o.	108
	IIC	140–160	brak	O	pgl	n.o.	108
	IIIC	>160	brak	os-s	gl	n.o.	297
Soloniec solonczakowaty – Solonchaks – solonetz*							
6	Ad	0–8	brak	gr-s	pgm	13,5	1640
	Ggnasa	8–30	całkowite	pr-d	pgm	7,1	2160
	Cggna	30–60	strefowe	zn-d	pgl	3,2	1890
	IICggna	>60	strefowe	os-s	gś	n.o.	1620
7	Anasa	0–30	brak	gr-s	gl	12,6	2040
	Agsa	30–50	plamiste	gr-s	gś	8,1	2110
	Csa	50–80	strefowe	os-s	gś	4,1	2030
	Cgg	>80	strefowe	os-d	gl	n.o.	1490
Gleba brunatna właściwa oglejona (odgórnie zasalana) – Gleyed brown soil (salinity from above)*							
8	Asa	0–15	brak	gr-s	pgl	45,3	1300
	Bbr	15–40	brak	os-s	pgm	14,3	999
	Cgg	40–95	strefowe	os-s	pgl	2,7	378
	IIG	>95	całkowite	os-s	glp	n.o.	675

*Typ i podtyp gleby – Soil type and sub-type; O– struktura bezagregatowa – nonaggregated, gr-d – struktura gruzelkowa drobna – fine, claddish, gr-s – struktura gruzelkowa średnia – medium claddish, oa-g – struktura foremnowielościenna, ostrokrawędzista, gruba – coarse sharpedged regular polyedrono, sd – struktura foremnowielościenna, zaokrąglona, drobna – fine rounded regular polyedrono, os-s – struktura foremnowielościenna zaokrąglona średnia – medium rounded regular polyedrono, pr-d – struktura pryzmatyczna drobna – fine prismatic, zn-d – struktura ziarnista drobna – fine granular, zn-s – struktura ziarnista średnia – medium granular, n.o. – nie oznaczono – not determined,

TABELA 1. cd. – TABLE 1. continued

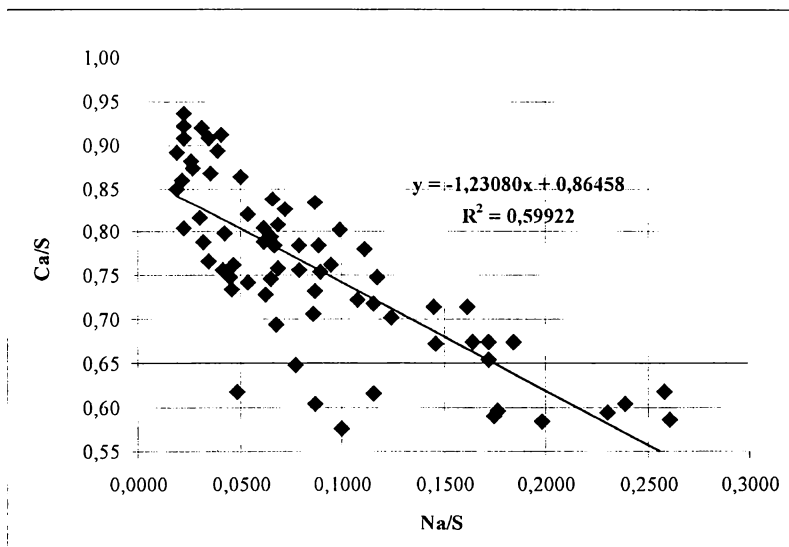
1	2	3	4	5	6	7	8
Gleba gruntowo-glejowa właściwa (zasalana odgórnie i oddolnie) – Proper gley soil (salinity from above and from below)							
9	Adsa A Cgg Cggsa	0–10 10–40 40–100 >100	brak brak strefowe całkowite	gr-s gr-s zn-s zn-s	pgl pgl ps pgm	36,9 26,6 1,2 n.o.	1190 945 324 1350
Gleba brunatna typowa – Typical brown soil							
10	Ad A Bbr IIC	0–8 8–24 24–45 >45	brak brak brak brak	gr-d O zn-s os-s	pgl ps pgl gl	112,0 7,4 1,4 n.o.	709 370 339 555
Gleba solonczakowata – Solonchaks soil							
11	Adgsa Gsa Cgsa	0–10 10–35 >35	brak całkowite plamiste	gr-d os-s os-s	glp gl gl	103,2 15,2 2,9	7400 3850 2470
12	Adgsa A2gsa IICg IICg	0–12 12–30 30–50 >50	strefowe całkowite strefowe plamiste	gr-s os-s oa-g oa-g	glp gl gc gc	22,4 18,0 1,4 n.o.	5400 2000 925 1080
Gleba płowa typowa (odgórnie zasalana) – Typical lessive soil (salinity from above)							
13	Adsa Ect Bt IIC	0–10 10–29 29–70 >70	brak brak brak brak	gr-d os-s os-s O	gl gl gl psg	5,6 5,3 2,3 n.o.	1280 570 385 385
Gleba gruntowo-glejowa właściwa (odgórnie zasalana) – Proper gley soil (salinity from above)							
14	Ad Gsa Gox Goxr	0–10 10–37 37–60 >60	brak całkowite strefowe strefowe	gr-d oa-g os-s os-s	gl gś gl gl	9,5 5,4 n.o. n.o.	540 1300 925 956
Gleba gruntowo-glejowa właściwa – Proper gley soil							
15	Agg A1gg IIG	0–25 25–38 >38	plamiste strefowe całkowite	gr-s gr-s os-s	gl gl pgl	23,3 8,9 <1,0	756 493 339
Soloniec typowy – Typical solonetz							
16	A IIEctgg IIBtgna IICggna	0–38 38–57 57–95 >95	brak plamiste plamiste strefowe	gr-s os-s os-s os-s	gl i i i	11,1 n.o. n.o. n.o.	339 370 524 740
Gleba brunatna właściwa oglejona – Gleyed brown soil							
17	A Bbr BbrCgg IICgg	0–23 23–54 54–70 >70	brak plamiste strefowe strefowe	gr-s os-s os-s zn-s	gś gś gśp pgmp	7,2 n.o. n.o. n.o.	601 524 524 555
Gleba antropogeniczna o niewykształconym profilu – Anthropogenic soil with unformed profile							
18	Can IICg1 IICg2	0–48 48–75 >75	brak marmurkowe marmurkowe	O os-s os-s	pl ptz ptz	<0,5 <1,0 n.o.	416 308 262

pl – piasek luźny – sand, ps – piasek słabogliniasty – sand, pgl – piasek gliniasty lekki – loamy sand, pgm – piasek gliniasty mocny – loamy sand, pgmp – piasek gliniasty mocny pylasty – silty loamy sand, gl – glina lekka – sandy loam, glp – glina lekka pylasta – silty sandy loam, gś – glina średnia – loam, gśp – glina średnia pylasta – silty loam, gc – glina ciężka – loam, ptz – pył zwykły – silt, i – ił zwykły – clay, marmurkowe – marbling, plamiste – bloty or spotted or patchy, strefowe – zonal, całkowite – total, brak – lack

Przebieg procesu zasalania

Jak już wspomniano pierwotną przyczyną zasalania gleb w okolicach zbiornika jest przesączanie się na przedpole silnie zmineralizowanych wód kopalnianych retencjonowanych w jego czaszy. Wody te przedostając się na przedpole przez warstwy przepuszczalne wywołują następujące, obserwowane przez autorów efekty:

- Przez bezpośredni kontakt hydrauliczny zwiększają zasolenie wód glebowo-gruntowych i w rezultacie powodują wzrost zasolenia niżej położonych poziomów glebowych. W tym przypadku poziomy powierzchniowe są zasolone w stopniu mniejszym niż leżące w głębi profilu, a wody glebowo-gruntowe charakteryzują się wysokim zasoleniem. Takie zjawisko obserwowano w profilach nr 14 i 16.
- Przez wychodnie łatwo przepuszczalnych utworów zalegających na cięższym materiale rozlewają się po powierzchni gleby powodując silne zasolenie poziomów powierzchniowych przy słabszym zasoleniu poziomów leżących w głębi profilu. W tym przypadku wody glebowo-gruntowe są albo słabo zasolone, albo nie występują w zasięgu profilu glebowego. Takie zjawisko stwierdzono w profilach nr 8, 11, 12 i 13.
- Możliwa jest też sytuacja, w której oba opisane powyżej efekty występują łącznie powodując jednoczesne odgórne i oddolne zasolenie gleby. W tym przypadku obserwujemy podwyższone zasolenie w górnych i dolnych poziomach profilu przy niższym zasoleniu w centrum (profil nr 9) albo jednolite zasolenie w całym profilu glebowym (profile nr 6 i 7). Zasolone wody glebowo-gruntowe występują płytko.



RYSUNEK 1. Zależność pomiędzy stosunkiem Ca/S oraz Na/S w poszczególnych poziomach genetycznych badanych gleb

FIGURE 1. Relation between Ca/S ratio and Na/S ratio in particular soil horizon of investigated soils

Stwierdzono jednocześnie, że poziomy sodowe w badanych glebach występują tylko w zasięgu długotrwałego oddziaływania słonych wód glebowo-gruntowych. Zawartość sodu w kompleksie sorpcyjnym gleb zalewanych od powierzchni słonymi wodami w żadnym przypadku nie osiągnęła 15% (tab. 2).

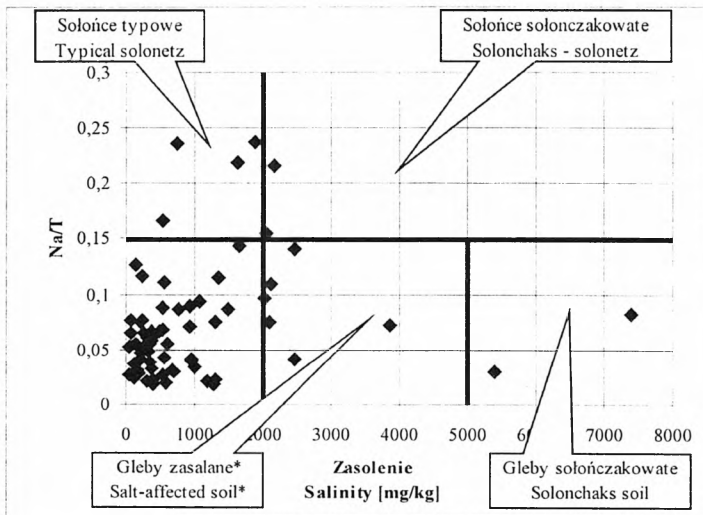
Kolejnym interesującym spostrzeżeniem jest potwierdzenie, znanego z literatury, faktu wzajemnego wypierania się kationów sodu i wapnia z kompleksu sorpcyjnego gleb. Na rysunku 1 przedstawiono zależność pomiędzy stosunkiem Ca/S oraz Na/S w poszczególnych poziomach genetycznych. Obie wielkości były wzajemnie liniowo proporcjonalne, a współczynnik korelacji dla tego związku wyniósł $R = -0,774$.

Systematyka badanych gleb

Stosując kryteria podane w IV wydaniu Systematyki gleb Polski [1989] stwierdzono w przebadanym materiale występowanie (na ogólną liczbę 69 przebadanych poziomów genetycznych) w 16 przypadkach poziomów słonych, w 2 przypadkach poziomów sodowych oraz w 4 przypadkach poziomów słono-sodowych (rys. 2).

W dalszej konsekwencji posługując się również IV wydaniem Systematyki gleb Polski, 5 spośród omawianych profili zaliczono do działu gleb słonych:

- Profil nr 6 zaliczono do typu sołońców sołonzakowatych ze względu na udział sodu w kompleksie sorpcyjnym przekraczający w poziomach Ggnasa, Cggną i IICggną 15% oraz ze względu na przekraczającą 2000 mg/kg zawartość soli łatwo rozpuszczalnych w 22 cm miąższości poziomie Ggnasa.



RYSUNEK 2. Klasyfikacja badanych poziomów genetycznych wg Systematyki gleb Polski (*gleby zasalane należące do różnych typów, gdzie zasolenie jest wyraźnie wyższe od naturalnego, lecz nie pozwala zakwalifikować ich do typu gleb słonych)

FIGURE 2. Classification of investigated soil horizon according to Systematics of Polish Soils (*salt-affected soil belonging to various types, where the salinity is really higher than natural but doesn't let quality them to the type of salty soils)

TABELA 2. Właściwości fizykochemiczne wybranych profili – TABLE 2. Physicochemical properties of chosen profiles

Nr pro- filu Pro- file No	Poziom- genety- czny Genetic horizon	Miąż- szość Thickness [cm]	Na	K	Mg	Ca	S	Hh	PWK	Na/S	K/S	Mg/S	Ca/S	Na/PWK	K/PWK	Mg/PWK	Ca/PWK
			[cmol(+)/kg]													[%]	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	A	0–50	0,47	0,22	1,56	6,50	8,75	1,35	10,10	0,05	0,03	0,18	0,74	4,65	2,18	15,45	64,36
	Cgg	50–70	0,23	0,08	0,31	1,90	2,52	0,45	2,97	0,09	0,03	0,12	0,75	7,62	2,75	10,42	64,04
	IICgg	70–80	0,50	0,25	2,30	13,60	16,65	1,35	18,00	0,03	0,02	0,14	0,82	2,80	1,39	12,77	75,54
	IICgg	>80	0,75	0,19	2,60	14,00	17,55	0,90	18,45	0,04	0,01	0,15	0,80	4,09	1,05	14,09	75,89
3	A	0–20	0,31	0,19	0,72	3,60	4,82	1,28	6,10	0,06	0,04	0,15	0,75	5,13	3,18	11,76	59,03
	G	20–45	0,21	0,18	0,26	1,76	2,40	1,35	3,75	0,09	0,07	0,11	0,73	5,56	4,76	6,84	46,89
	Cgg	>45	0,25	0,08	0,17	0,96	1,47	0,53	1,99	0,17	0,06	0,12	0,65	12,65	4,09	8,75	48,17
5	A	0–27	2,76	0,30	2,40	13,60	19,06	0,60	19,66	0,14	0,02	0,13	0,71	14,04	1,53	12,21	69,18
	Bbr	27–46	0,48	0,29	1,00	11,60	13,37	1,80	15,17	0,04	0,02	0,07	0,87	3,16	1,91	6,59	76,47
	C1	46–110	0,40	0,21	1,20	13,60	15,41	1,40	16,81	0,03	0,01	0,08	0,88	2,38	1,25	7,14	80,90
	C2	110–140	0,34	0,17	1,10	11,20	12,81	1,40	14,21	0,03	0,01	0,09	0,87	2,39	1,20	7,74	78,82
	IIC	140–160	0,30	0,11	0,40	6,80	7,61	0,60	8,21	0,04	0,01	0,05	0,89	3,65	1,34	4,87	82,83
	IIIC	>160	0,44	0,13	0,70	18,40	19,67	0,40	20,07	0,02	0,01	0,04	0,94	2,19	0,65	3,49	91,68
7	Anasa	0–30	2,53	0,28	2,20	10,40	15,41	0,90	16,31	0,16	0,02	0,14	0,67	15,51	1,72	13,49	63,76
	Agsa	30–50	2,29	0,44	1,80	16,00	20,53	0,50	21,03	0,11	0,02	0,09	0,78	10,89	2,09	8,56	76,08
	Csa	50–80	2,07	0,28	1,80	16,80	20,95	0,60	21,55	0,10	0,01	0,09	0,80	9,61	1,30	8,35	77,96
	Cgg	>80	1,54	0,22	2,00	13,60	17,36	0,50	17,86	0,09	0,01	0,12	0,78	8,62	1,23	11,20	76,15
8	Asa	0–15	0,63	0,14	1,40	25,60	27,77	0,70	28,47	0,02	0,01	0,05	0,92	2,21	0,49	4,92	89,92
	Bbr	15–40	0,63	0,13	0,90	16,40	18,06	0,70	18,76	0,03	0,01	0,05	0,91	3,36	0,69	4,80	87,42
	Cgg	40–95	0,58	0,13	0,90	6,80	8,41	0,30	8,71	0,07	0,02	0,11	0,81	6,66	1,49	10,33	78,07
	IIG	>95	0,73	0,16	1,00	21,60	23,49	0,30	23,79	0,03	0,01	0,04	0,92	3,07	0,67	4,20	90,79
9	Adsa	0–10	0,52	0,21	1,40	20,80	22,93	0,90	23,83	0,02	0,01	0,06	0,91	2,18	0,88	5,87	87,28
	A	10–40	0,86	0,10	0,90	19,20	21,06	0,70	21,76	0,04	0,00	0,04	0,91	3,95	0,46	4,14	88,24
	Cgg	40–100	0,35	0,10	0,50	6,00	6,95	0,30	7,25	0,05	0,01	0,07	0,86	4,83	1,38	6,90	82,76
	Cggsa	>100	1,57	0,51	1,30	10,00	13,38	0,30	13,68	0,12	0,04	0,10	0,75	11,48	3,73	9,50	73,10

TABELA 2. cd. – TABLE 2. continued

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
10	Ad	0–8	0,50	0,40	1,67	8,22	10,80	5,70	16,50	0,05	0,04	0,16	0,76	3,05	2,44	10,15	49,82
	A	8–24	0,59	0,41	2,43	10,60	14,04	4,35	18,39	0,04	0,03	0,17	0,76	3,21	2,25	13,22	57,66
	Bbr	24–45	0,56	0,27	1,05	8,50	10,37	4,12	14,49	0,05	0,03	0,10	0,82	3,83	1,87	7,22	58,65
	IIC	>45	0,80	0,44	2,37	8,20	11,81	6,90	18,71	0,07	0,04	0,20	0,69	4,27	2,37	12,64	43,83
11	Adgsa	0–10	0,42	0,19	0,46	2,78	3,85	1,20	5,05	0,11	0,05	0,12	0,72	8,24	3,74	9,17	55,07
	Gsa	10–35	0,65	0,44	1,88	5,48	8,46	0,52	8,98	0,08	0,05	0,22	0,65	7,27	4,95	20,95	61,04
	Cgsa	>35	0,35	0,63	0,97	5,78	7,72	0,60	8,32	0,04	0,08	0,13	0,75	4,16	7,54	11,65	69,44
13	Adsa	0–10	0,53	0,85	2,76	23,60	27,75	1,05	28,80	0,02	0,03	0,10	0,85	1,84	2,96	9,60	81,96
	Eet	10–29	0,59	0,38	2,88	23,80	27,66	1,65	29,31	0,02	0,01	0,10	0,86	2,01	1,31	9,83	81,21
	Bt	29–70	0,52	0,24	2,15	23,80	26,71	1,65	28,36	0,02	0,01	0,08	0,89	1,83	0,85	7,58	83,92
	IIC	>70	0,80	0,50	5,59	28,40	35,29	0,82	36,11	0,02	0,01	0,16	0,80	2,21	1,37	15,49	78,66
14	Ad	0–10	0,43	0,36	2,14	9,64	12,57	3,07	15,64	0,03	0,03	0,17	0,77	2,77	2,32	13,65	61,63
	Gsa	10–37	0,49	0,33	2,98	6,15	9,95	1,95	11,90	0,05	0,03	0,30	0,62	4,08	2,79	25,07	51,67
	Gox	37–60	0,78	0,35	2,42	5,42	8,97	2,10	11,07	0,09	0,04	0,27	0,60	7,05	3,19	21,84	48,96
	Goxr	>60	0,85	0,40	2,36	4,90	8,51	2,85	11,36	0,10	0,05	0,28	0,58	7,48	3,55	20,73	43,14
16	All	0–38	0,70	0,37	1,08	6,68	8,83	3,82	12,65	0,08	0,04	0,12	0,76	5,53	2,92	8,54	52,81
	Eetgg	38–57	0,35	0,21	0,28	4,00	4,84	1,12	5,96	0,07	0,04	0,06	0,83	5,87	3,52	4,70	67,11
	IIBtggna	57–95	1,25	0,26	0,70	4,56	6,77	0,75	7,5	0,18	0,04	0,10	0,67	16,62	3,46	9,31	60,64
	IICggna	>95	2,02	0,27	0,69	4,84	7,82	0,75	28,57	0,26	0,03	0,09	0,62	23,57	3,15	8,05	56,48
18	Can	0–48	0,49	0,42	0,68	5,76	7,35	0,37	7,72	0,07	0,06	0,09	0,78	6,35	5,44	8,81	74,61
	IICg1	48–75	0,40	0,25	0,61	4,86	6,12	0,37	6,49	0,07	0,04	0,10	0,79	6,16	3,85	9,40	74,88
	IICg2	>75	0,47	0,24	0,95	5,18	6,84	0,30	7,14	0,07	0,04	0,14	0,76	6,58	3,36	13,31	72,55

Hh – hydrolytic acidity; PWK – CEC – cation exchange capacity; S – sum of bases

- Profil nr 7 również zaliczono do typu sołoneców sołonzakowatych ze względu na udział sodu w kompleksie sorpcyjnym przekraczający w poziomie Anasa (30 cm miąższości) 15% oraz ze względu na przekraczającą 2000 mg/kg zawartość soli łatwo rozpuszczalnych w poziomach Anasa, Agsa i Csa.
- Profil nr 11 zaliczono do typu gleb sołonzakowatych ze względu na przekraczającą 5000 mg/kg zawartość soli łatwo rozpuszczalnych w poziomie Agsa oraz wysoką zawartość łatwo rozpuszczalnych soli w poziomach Gsa i Cgsa (>2000 mg/kg).
- Profil nr 12 również zaliczono do typu gleb sołonzakowatych ze względu na przekraczającą 5000 mg/kg zawartość soli łatwo rozpuszczalnych w poziomie Adgsa oraz wysoką zawartość łatwo rozpuszczalnych soli w poziomie A2gsa (>2000 mg/kg).
- Profil nr 16 zaliczono do typu sołoneców typowych ze względu na udział sodu w kompleksie sorpcyjnym przekraczający 15% w poziomach IIBtgna i IICg-gna (łącznie >90 cm miąższości).

Poza 5 wymienionymi profilami poziomy słone (czyli zawierające od 1000 do 20000 mg/kg soli rozpuszczalnych) wystąpiły ponadto w profilach nr 5 (poziom A) nr 8 (poziom Asa), 9 (poziom Adsa i Cggsa), 13 (poziom Adsa) i 14 (poziom Gsa). Autorzy zastosowali symbol „d” w poziomie akumulacyjnym A, aby podkreślić specyficzny charakter oraz sposób powstawania tego poziomu pod wpływem roślinności trawiastej. Istnienie tych poziomów nie spowodowało jednak zakwalifikowania gleb, w których wystąpiły, do działu gleb słonych za względu na zbyt małą miąższość poziomów słonych bądź też ze względu na fakt, że zawartość soli łatwo rozpuszczalnych mieściła się tych poziomach w granicach od 1000 do 2000 mg/kg.

W tym miejscu należy zwrócić uwagę na pewną niekonsekwencję w Systematyce gleb Polski [1989]. Mianowicie za poziomy słone uważa się takie, w których zawartość soli łatwiej rozpuszczalnych niż gips mieści się granicach od 1000 do 20000 mg/kg, natomiast do działu gleb słonych zaliczane są gleby mające poziomy o miąższości powyżej 15 cm i zawierające w nich ponad 2000 mg/kg soli łatwo rozpuszczalnych (rys. 2). Stąd możliwość występowania poziomów słonych w glebach należących do innych działów.

Ze względu na antropogeniczną genezę zasolenia przy zbiorniku osadów poflotacyjnych „Żelazny Most” wszystkie wymienione wyżej gleby należałoby właściwie zaliczyć do działu gleb antropogenicznych, rzędu industrio- i urbanoziemnych, typu gleb słonych antropogenicznych. Brak precyzji w definiowaniu takich gleb i brak podziału na podtypy w systematyce PTG skłoniły jednak autorów do posłużenia się przy ich systematyzacji podziałem stosowanym w dziale gleb słonych.

Na podstawie dotychczasowych badań obserwujemy wzrost zasolenia gleb w odległości około 900 m od korony wału. Jednak badania na tym obiekcie są prowadzone nadal, również w odległościach większych niż omawiane w niniejszej pracy. Dalsze prace nad problemem zasolenia gleb w rejonie składowiska odpadów poflotacyjnych „Żelazny Most” pozwoli autorom na opublikowanie w kolejnych opracowaniach nowych danych dotyczących tego zagadnienia.

WNIOSKI

Z omówionych powyżej badań nad morfologią i niektórymi właściwościami gleb z otoczenia zbiornika osadów poflotacyjnych „Żelazny Most” można wyprowadzić kilka wniosków.

1. Proces zasalania gleb w otoczeniu zbiornika osadów „Żelazny Most” jest zawsze powiązany z intensywnym oglejeniem przynajmniej części poziomów glebowych.
2. Występują jednocześnie dwa mechanizmy zasalania gleb. W jednym z nich, wzrost zawartości soli łatwo rozpuszczalnych wywołany jest oddolnym oddziaływaniem zasolonych wód glebowo-gruntowych, w drugim natomiast zasolenie gleby jest powodowane rozlewaniem się po powierzchni słonych wód wydostających się poprzez wychodnie warstw wodonośnych.
3. Poziomy sodowe w badanych glebach występują tylko w zasięgu długotrwałego oddziaływania słonych wód glebowo-gruntowych.
4. W otoczeniu zbiornika osadów poflotacyjnych „Żelazny Most” występują gleby spełniające kryteria działu gleb słonych, rzędu słono-sodowych. Zaliczono je do typu gleb solonczakowatych oraz do typu sołońców, podtypów sołońców typowych i sołońców solonczakowatych.

LITERATURA

- ANGEŁOW Z., CHODAK T., KABAŁA C., KASZUBKIEWICZ J., SZERSZEŃ L. 2000: Oddziaływanie zbiornika odpadów poflotacyjnych „Żelazny Most” na otaczające środowisko glebowe. *Rocz. AR w Poznaniu* **342**, 56: 327–339.
- CZABAN S., MAŚLANKA W. 1998: Hydrologiczne i geotechniczne problemy eksploatacji składowiska odpadów poflotacyjnych „Żelazny Most”. W: Monografii TPN w Legnicy pt.: Rekultywacja i ochrona środowiska w rejonach górniczo-przemysłowych: 73–91.
- CZERWIŃSKI Z., PRACZ J., PIĄTEK A. 1994: Wpływ odpadów z Janikowskich zakładów sodowych na tereny rolnicze. *Rocz. Glebozn.* **35**, 3/4: 87–105.
- CHODAK T., KASZUBKIEWICZ J., GAŁKA B., BOGACZ A. 2000: Ocena zanieczyszczenia gleb POD Miedzianka odpadami poflotacyjnymi. *Zesz. Probl. PNR* **471** cz II: 873–880.
- GÓRSKI R., ROZMYŚŁOWSKI R., TARASEK W. 1996: Żelazny Most – ochrona środowiska naturalnego na składowisku odpadów poflotacyjnych rud miedzi. *Mies. Wyższego Urzędu Górniczego* **1** (17): 4–9.
- KALISZ M., SIEROŃ H. 1998: Analiza zmian hydrodynamicznych i hydrochemicznych wód podziemnych w otoczeniu składowiska „Żelazny Most” CBM Cuprum. Wrocław.
- KASZUBKIEWICZ J., CHODAK T. 1999: Przebieg zmian właściwości chemicznych gleb zalanych wodami technologicznymi z kopalni rud miedzi. *Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu*. **74**, 367: 93–108.
- KASZUBKIEWICZ J., OCHMAN D., MUSIAŁ A., WAŚCIŃSKA A. 2003: Zmiany właściwości fizycznych i fizykochemicznych wybranych gleb w trakcie procesów zasalania i odsalania. *Rocz. Glebozn.* **54**, 3: 5–25.
- MARCINEK J. 1984: Problemy zasalania i odsalania gleb regionu Shatt Al-Arab. *Rocz. Nauk Rol.* **81** (1): 75–105.
- MIZERA A. 1997: Składowisko odpadów z flotacji „Żelazny Most”. KGHM Polska Miedź S.A. Stow. Ochr. Środ. BMS Ekologia. Wrocław. *Biul. Ochrona Środowiska*: 42–47.
- OCHMAN D., KASZUBKIEWICZ J., KASINA M., NOWACKA S. 2003: Zmiany właściwości fizycznych i fizykochemicznych gleb pod wpływem oddziaływania wysokozmineralizowanych wód przesączających się ze składowiska odpadów poflotacyjnych „Żelazny Most”. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* (w druku).

- RICHARDS L.A.(red.) 1954: Saline and alkali soils – diagnosis and improvement. US Salinity laboratory. USDA *Agric. Handbook* no 60.
- RYTELEWSKI J. i wsp. 1977: Wpływ przemysłu sodowego na degradację środowiska glebowego na przykładzie Zakładów Sodowych w Inowrocławiu-Mątwach. *Zesz. Nauk. ART Olsztyn., Rolnictwo* 30.
- SHANNON M., GRIEVE C. 1999: Tolerance of vegetable crops to salinity. *Scientia horticulturae* 78: (1–4): 5–38.
- SYSTEMATYKA GLEB POLSKI 1989: Praca zbiorowa V Kom. PTGleb. wyd. IV *Rocz. Glebozn.* 40, 3/4.
- ULERY A., TEED J., van GENUCHTEN M., SHANNON M. 1998: Saltdata: A database of plant yields response to salinity. *Agron. J.* 90 (4): 556–562.

Praca wpłynęła do redakcji w lutym 2003 r.

Dr hab. Jarosław Kaszubkiewicz
Instytut Gleboznawstwa i Ochrony Środowiska Rolniczego AR
ul. Grunwaldzka 53, 50-357 Wrocław
e-mail: kasz@ozi.ar.wroc.pl