

JERZY PRACZ, WOJCIECH KWASOWSKI

ORGANICZNE GLEBY SŁONE WYSTĘPUJĄCE
W REJONIE ZATOKI PUCKIEJ

ORGANIC SALINE SOILS FROM THE AREA OF PUCK BAY

Zakład Gleboznawstwa, Katedra Nauk o Środowisku Glebowym, SGGW w Warszawie

Abstract: The vicinity of sea waters had influenced the salinity of ground waters. The ground waters of the study area contained $3.1\text{--}4.4\text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ of soluble salts in general. Among them there absolutely dominated sodium chloride (70%). Electrical conductivity of soil extracts under full saturation with water varied widely from 3.0 to $7.7\text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ [25°C] in the surface horizons and from 8.0 to $29.7\text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ [25°C] deeper in the profile which means that all the studied soils were heavy saline ones. The very high values of the SAR index of ground waters and soil extracts had contributed to the penetration of sodium cations into the soil sorption complex. The actual salinity degree and character of soils have made it justified to classify the soils as saline-sodium organic soils.

Key words: saline soils, electrical conductivity, SAR index.

Słowa kluczowe: gleby słone, przewodność elektryczna, współczynnik adsorpcji sodu – SAR.

WSTĘP

Wody gruntowe i powierzchniowe występujące na terenach nadmorskich nieznacznie wyniesionych ponad poziom morza, są często silnie zasolone na skutek kontaktu z wodami morskimi. W czasie wysokiego stanu morza, związanego najczęściej z silnymi wiatrami i sztormami, wody morskie wlewają się w koryta rzek i kanałów i zalewają nadmorskie torfowiska, o czym świadczą warstewki piaszczystych namulów spotykane w różnych partiach profili gleb torfowych [Pracz 2001]. Słone wody powierzchniowe i gruntowe przyczyniają się do zasolenia gleb. Oprócz tego wpływają one także na inne procesy, takie jak akumulacja w glebach siarczków i tworzenie się gleb siarczkowych oraz kwaśnych siarczanowych. Dlatego naturalne gleby słone na nadmorskich terenach Polski występują zwykle w kompleksach z kwaśnymi glebami siarczanowymi i glebami siarczkowymi [Pracz 1989; Pracz, Kwasowski 2001a, b, c].

Dotychczasowe doniesienia w literaturze gleboznawczej dotyczące charakterystyki gleb słonych występujących na terenie Polski dotyczą w głównej mierze gleb pochodzenia antropogenicznego. Gleby takie opisano na terenie Kujaw [Cieśla i in. 1981; Cieśla, Dąbkowska-Naskręt 1984; Czerwiński 1996; Gonet, Hermann 1995, Hulisz i in. 2001; Rytelewski 1977; Pokojska i in. 1998].

Celem niniejszych badań było rozpoznanie właściwości naturalnych gleb słonych występujących na terenie Polski jako wstęp do opracowania jednostek systematyki tych gleb.

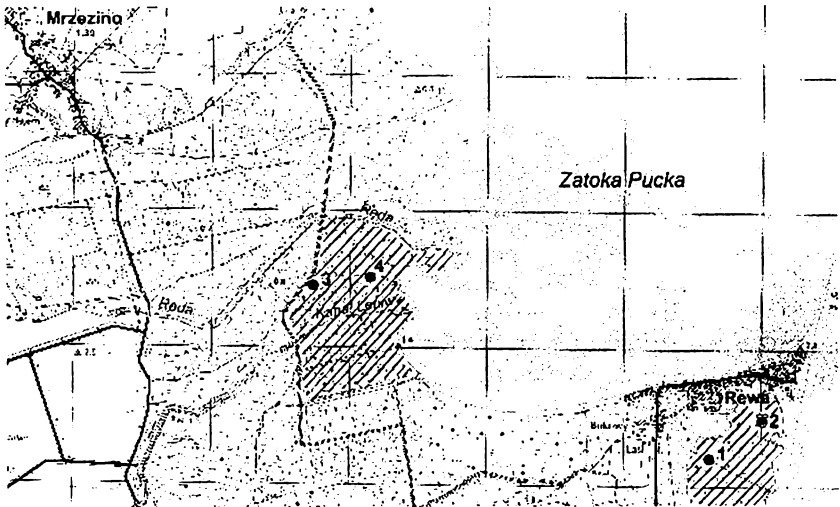
CHARAKTERYSTYKA TERENU BADAŃ

Badania prowadzono na terenie Pobrzeża Kaszubskiego nad Zatoką Pucką, pomiędzy miejscowościami Mrzeżino i Rewa. Obszar ten stanowi południowy brzeg pradoliny Kaszubskiej, która w tym miejscu nosi nazwę Mościch Błot. Ta część pradoliny Kaszubskiej ma płaskie dno w większej części podmokłe i silnie zatorfiałe. Przeciętna miąższość torfów wynosi 2 m, a maksymalnie sięga 7 m. Torf często obniża się stopniowo poniżej poziomu morza, maksymalnie na głębokość przekraczającą 2 m. Suche partie dna doliny występują pasowo lub w postaci piaszczystych wysp, często wystających ponad powierzchnię obszaru zatorfionego. Od północy Moście Błota kończą się w okolicy pradoliny Redy wysoczyzną Kępy Puckiej. Od południa teren torfowiska urywa się na krawędzi piaszczystego wału ciągnącego się od miejscowości Kazimierz po miejscowość Mosty i wcinającego się w obręb torfowiska na południe od Rewy. Główną rzeką tego terenu jest Reda (rys. 1), której zlewnia należy do bezpośredniej zlewni Morza Bałtyckiego [Beniuszys 1963; Petelski 1990; Prussak 1995].

Zasolenie gleb tego obszaru wiązane jest głównie z bezpośrednim wpływem wód morskich zalewających nadbrzeżne tereny w czasie sztormów oraz wód dostających się okresowo w korytka rzek [Jaworski 1965]. Należy zwrócić uwagę także na to, że akumulacja soli w skałach możliwa była również w czasie maksimum transgresji lityrynowej, a następnie obszary te wynurzyły się w czasie regresji morza w okresie subborealnym [Rosa 1964; Majewski 1972].

MATERIAŁ I METODY

Badania terenowe przeprowadzono latem 1993 r. Opisano i pobrano próbki z 4 profili glebowych rozmieszczonych w odległości 200–800 m od brzegu Zatoki Puckiej, w pobliżu miejscowości Rewa (profile 1 i 2) oraz pomiędzy rzeką Redą i Kanałem Leniwym (profile 3 i 4) – rys 1. Do analizy wzięto



RYSUNEK 1. Rozmieszczenie profili w terenie, na mapce zaznaczono badane obszary występowania gleb słonych

FIGURE 1. Locations of soil profiles on the terrain, the investigation areas with saline soils marked on the map

także wody gruntowe z tych profili, wody powierzchniowe z rowu melioracyjnego przy profilu 3, z rzeki Redy oraz w dwóch miejscach z Zatoki Puckiej, w pobliżu Mrzezina i koło Rewy. Stopień rozkładu torfu oznaczono metodą połową von Posta [Okruszek 1976].

W próbkach glebowych oznaczono:

- ogólną zawartość materii organicznej – przez spopielenie w piecu w temperaturze około 550°C;
- ilość węgla organicznego – przez spalenie na sucho w tlenie w aparacie Shimadzu TOC-5000 A, zgodnie z normą PN-ISO-10694;
- siarkę ogólną – metodą suchej mineralizacji w automatycznym aparacie „LECO”;
- pH w glebie świeżej i po wysuszeniu.

Skład jonowy i ogólną ilość soli łatwo rozpuszczalnych w glebach oznaczono w wyciągu wodnym, sporządzonym przy stosunku wody do suchej masy gleby jak 5:1. Przewodność elektryczną ekstraktu glebowego EC_e oznaczono w wyciągach z gleb o konsystencji pasty [US Salinity Laboratory Staff 1954]. Kationy wymienne z kompleksu sorpcyjnego gleb ekstrahowano 1 mol · dm⁻³ octanem amonu, po poprzednim odmyciu soli rozpuszczalnych alkoholem etylowym [Jackson 1958].

Wyliczono współczynnik adsorpcji sodu – SAR [Jackson 1958], określający stopień zagrożenia związany z przenikaniem sodu z roztworów do kompleksu sorpcyjnego gleby. Wyliczono także typ chemiczny roztworów glebowych, obrazujący dominację określonych jonów ze względu na powiązaną z nimi wielkość ładunku elektrycznego.

W wodach gruntowych i powierzchniowych oznaczono skład jonowy i ogólną ilość soli rozpuszczalnych, pH, przewodność elektryczną właściwą oraz wyliczono SAR i określono typ chemiczny wody.

WYNIKI

Gleby słone w rejonie Zatoki Puckiej na badanych powierzchniach (rys. 1) występowały głównie w części torfowiska przylegającej do Zatoki, w strefie do kilkuset metrów od brzegu. Dalej na zachód, w stronę centrum torfowiska, gleby te sąsiadowały z glebami siarczkowymi, w obrębie których w najgłębszej, centralnej części torfowiska występowały kwaśne gleby siarczanowe. Gleby siarczkowe wyróżniają się dużą zawartością siarki ogółem, przekraczającą 0,75% [Soil Taxonomy 1975]. Sąsiadujące z nimi na badanym terenie gleby słone zawierały znacznie mniej siarki. Maksymalne ilości siarki ogółem w badanych profilach organicznych gleb słonych osiągały wartość 0,30–0,33% (tab. 1). Zasolona część torfowiska była położona nieco niżej, o czym świadczył poziom wody gruntowej występujący w profilach tych gleb na głębokości 50–80 cm. W glebach siarczkowych wodę gruntową stwierdzono w warstwie 70–140 cm.

Gleby słone wytorzone były z torfu niskiego szuwarowego, który nie wykazywał oznak procesu murszenia. Gleby wszystkich profili były namulone piaskiem. Najlepiej widoczne to było w poziomach wierzchnich profili 1 i 2 oraz na głębokości 80–140 cm w profilu 4. Zawartość materii organicznej w glebach oscylowała w zakresie 61,4–76,3% w poziomach powierzchniowych i 56,4–87,6% głębiej w profilach. Natomiast ilość węgla organicznego była równa odpowiednio: 10,7–18,5% w poziomach powierzchniowych i 8,1–20,2% głębiej w profilach. Stopień rozkładu torfu był podobny we wszystkich profilach. W poziomach powierzchniowych wahał się od < 50 do > 60%, a głębiej zmniejszał się do < 30% (tab. 1).

Wysuszone próbki gleb wykazywały odczyn kwaśny w poziomach wierzchnich i prawie wszędzie głębiej w profilach (pH w KCl). Natomiast wartość pH gleby świeżej mierzona w H₂O wynosiła od 6,0 do 6,9 i była o 0,5–1,4 jednostki większa niż pH w H₂O gleby suchej.

Wody gruntowe występujące w profilach i woda w pobliskim rowie melioracyjnym odznaczały się bardzo dużą zawartością soli rozpuszczalnych (tab. 2). W składzie soli dominował chlorek sodu, stanowił on 70–72% soli rozpuszczalnych. Zasolenie wód Zatoki Puckiej było o 30–80% większe niż wód gruntowych, jednak chlorek sodu stanowił aż 80–85% wszystkich soli. Natomiast wody rzeki Redy zawierały tylko 0,3 g · dm⁻³ soli ogółem, w tym 0,03 g · dm⁻³ NaCl (tab. 2).

TABELA 1. Ogólne właściwości organicznych gleb słonych w rejonie Zatoki Puckiej

TABLE 1. General properties of saline soils in the Puck Bay zone

Nr profilu Profile No.	Poziom genet. Genetic Horizon R1–R3*	Głębok. Depth [cm]	Poziom wody grunt. ** Ground-water-table [cm]	Materia organ. Organic matter [%]	Stopień rozkładu torfu Degree of peat decomposition [%]	C org C org [%]	Sog. Stotal [%]	pH gleby – pH of soil					
								świeżej fresh H ₂ O	suchej – dry				
									H ₂ O	KCl			
1	POtniczna R2	0-30	80	74,1	< 50	11,5	0,20	6,8	5,7	5,5			
	O1tniczna R2	30-80		69,9	< 40	13,5		6,4			5,6	5,4	
	O2tniczna R1	80-120		56,4	< 30	20,2		0,32			6,5	5,6	5,4
	O3tniczna R1	120-150		59,9	< 30	18,9		0,30			6,1	5,6	5,3
2	POtniczna R2	0-22	60	76,3	< 60	10,7	0,24	6,9	5,6	5,4			
	Otniczna R2	22-45		60,9	< 50	18,4		0,33			6,9	5,5	5,4
	O1tniczna R1	45-80		58,7	< 40	18,9		0,32			6,0	5,5	5,1
	O2tniczna R1	80-120		59,8	< 30	18,1		0,32			6,6	5,4	5,1
	O3tniczna R1	120-150		70,0	< 30	12,9		0,23			6,4	5,5	5,4
3	POtniczna R3	0-30	60	64,0	> 60	16,4	0,29	6,7	5,5	5,3			
	Otniczna R2	30-80		69,8	< 60	13,5		0,31			6,0	5,4	5,2
	O1tniczna R1	80-105		69,4	< 50	14,8		0,26			6,5	5,9	5,4
	O2tniczna R1	105-120		66,8	< 40	15,2		0,26			6,8	6,3	6,0
4	POtnisz R2	0-30	50	61,4	< 50	18,5	0,29	6,7	5,4	5,2			
	O1tniczna R1	30-80		62,8	< 30	18,0		0,30			6,8	5,5	5,2
	O2tniczna R1	80-110		77,9	< 30	10,8		0,19			6,2	6,0	5,4
	Aesana	110-140		87,6	< 30	8,1		0,17			6,4	6,0	5,5

*R1–R3 – stopień rozkładu torfu wg Okruszki – degree of peat decomposition according to Okruszko;

**poziom wody gruntowej w czasie pobierania próbek glebowych – ground water table during investigation;

na – poziomy glebowe zawierające ponad 15% Na w kompleksie sorpcyjnym – soil horizons with more than 15% Na in the sorption complex;

sa – poziomy glebowe zawierające ponad 2% soli rozpuszczalnych i $EC_e 25^\circ C > 4 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ – soil horizons with more than 2% of soluble salts and $EC_e 25^\circ C > 4 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$

TABELA 2. Chemiczne właściwości wód terenu badań – TABLE 2. Chemical properties of waters of the investigation area

Wyszczególnienie Specification	pH	Sole og. Salts tot. [g · dm ⁻³]	NaCl [g · dm ⁻³]	EC _e 25°C [dS · m ⁻¹]	SAR*	Jony soli rozpuszczalnych – Soluble salt ions [mmol _c · dm ⁻³]							Typ chem. wody Chemical type of water
						Ca ²⁺ +	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	
Wody powierzchniowe – Surface waters													
Zatoka Pucka k/Mrzeszyna Puck Bay near Mrzeszino town	7,3	4,9	3,94	8,69	28,4	4,0	7,2	1,8	67,3	68,6	8,3	5,0	Na - Cl
Zatoka Pucka k/ Rewy Puck Bay near Rewa town	7,4	5,6	4,77	10,07	36,3	3,4	6,6	1,1	81,4	83,5	7,6	4,0	Na - Cl
Rów melioracyjny przy prof. 3 Drainage ditch near by profile No 3	7,6	3,4	2,36	6,38	14,5	3,0	12,4	1,1	40,3	52,5	1,4	4,6	Na - Cl
Rzeka Reda Reda river	7,6	0,3	0,03	0,56	0,3	2,9	0,7	0,1	0,4	0,5	1,8	2,1	Ca-HCO ₃ , SO ₄
Wody gruntowe z profili – Ground waters from profiles													
1	7,4	3,5	2,47	7,83	16,7	6,54	6,33	0,56	42,22	43,69	6,69	6,51	Na - Cl
2	7,3	4,4	3,09	8,94	18,7	5,94	9,95	0,90	52,74	53,44	10,92	7,39	Na - Cl
3	7,7	3,1	1,94	4,29	12,2	6,84	8,06	0,30	33,17	34,03	8,58	7,18	Na - Cl
4	7,8	4,2	3,01	8,74	18,8	6,39	8,63	1,05	51,48	54,14	11,31	4,25	Na - Cl

*SAR – współczynnik adsorpcji sodu wód – sodium adsorption ratio of waters

Bardzo duża zawartość i skład soli wpłynęły na bardzo wysokie przewodnictwo elektryczne wód (tab. 2). Wartość EC wód gruntowych pozwoliła określić je jako słone. Woda z rowu była także słona. EC wód Zatoki było tylko nieco większe niż wód gruntowych. Natomiast wodę rzeki Redy można zaliczyć do umiarkowanie zasolonej [FAO/UNESCO 1967].

We wszystkich wodach gruntowych stwierdzono także bardzo wysoki wskaźnik adsorpcji sodu SAR świadczący o możliwości łatwego przechodzenia sodu z wody do kompleksu sorpcyjnego gleby. Bardzo wysoki SAR stwierdzono też w wodzie z rowu. Natomiast wartość SAR w wodach Zatoki Puckiej była najwyższa. Jedynie w wodzie z rzeki wartości tego wskaźnika były niskie (tab. 2).

W składzie jonowym soli rozpuszczalnych większości wód gruntowych i w wodzie z rowu melioracyjnego, w przeciwieństwie do wody rzeki, dominowały kationy magnezu nad kationami wapnia (tab. 2). Wynikało to z kontaktu tych wód z wodami morskimi, gdzie magnezu było około dwa razy więcej niż wapnia. W wodach gruntowych, jak i w morskich było także więcej anionów siarczanowych niż wodorowęglanowych. Typ chemiczny badanych wód, oprócz wody rzecznej, określono jako sodowo-chlorkowy. Odczyn wszystkich badanych wód był zasadowy (tab. 2).

Zasolenie wód miało ścisły związek z zasoleniem gleb. Badane gleby słone zawierały w warstwie do 120 cm maksymalnie od 2,04 do 5,13% soli rozpuszczalnych, zaleźnie od profilu (tab. 3). W składzie soli zdecydowanie dominował chlorek sodu, stanowiąc od 52 do 86% soli ogółem. Jedynie w powierzchniowym poziomie profilu 3 udział chlorku sodu był mniejszy, a suma węglanów i siarczanów wapnia była większa niż ilość chlorków sodu, co miało odbicie w typie chemicznym roztworów glebowych Na, Ca - Cl, SO₄. Udział jonów wapnia w składzie soli rozpuszczalnych gleb był zwykle większy niż jonów magnezu, jedynie w górnej części profilu 2 zależność ta była odwrotna. Maksymalne ilości jonów siarczanowych w badanych profilach gleb słonych były 15–97 razy mniejsze niż maksymalne ilości jonów chlorkowych w tych profilach (tab. 3).

Bardzo duża ilość soli ogółem w badanych glebach spowodowała, że wartość przewodności elektrycznej ekstraktu glebowego ze stanu pełnego nasycenia wodą – EC_e, w warstwie do głębokości 120 cm, w poszczególnych profilach dochodziła do 16,8–27,1 dS · m⁻¹. Na tej podstawie gleby określono jako silnie zasolone. Głębiej w profilach wartość przewodnictwa była jeszcze większa (tab. 3).

Wysoka wartość wskaźnika SAR wód gruntowych, powierzchniowych i glebowych przyczyniła się do bardzo dużego wysycenia sodem kompleksu sorpcyjnego gleb. Udział sodu wymiennego w kationowej pojemności wymiennej gleb, w warstwie do głębokości 80 cm, sięgał maksymalnie od 22,0 do 40,1%. Natomiast łącznie z magnezem sód w tej warstwie gleb stanowił maksymalnie od 33,9 do 49,7% pojemności sorpcyjnej, ale pomimo tego wszędzie w kompleksie sorpcyjnym dominowały jony wapnia, stanowiące od 48,0 do 78,2% pojemności sorpcyjnej. Szereg jonowy kationów kompleksu sorpcyjnego gleb był zwykle następujący: Ca > Na > Mg > H > K > Al, przy czym udział kationów potasu, wodoru i glinu w kationowej pojemności wymiennej gleby był stosunkowo niewielki (tab. 4).

DYSKUSJA

Zasolenie wód gruntowych i powierzchniowych obszarów torfowisk niskich rzadko w warunkach przyrodniczych Polski jest większe niż 500 mg · dm⁻³. Najczęściej sięga zaledwie 100–200 mg · dm⁻³ [Czerwiński, Pracz 1984; Gotkiewicz 1984], przy czym zawartość NaCl nie przekracza w nich kilkunastu mg · dm⁻³. Natomiast zasolenie wód na badanym terenie było znacznie większe. W wodach gruntowych stwierdzono 3,1–4,4 g soli rozpuszczalnych w 1 dm³ wody, a EC wahało się od 4,29 do 8,94 dS · m⁻¹. Bardzo duże zasolenie wykazywała także woda w rowie melioracyjnym. Wszystkie te wody miały sodowo-chlorkowy typ chemiczny i bardzo wysoki współczynnik SAR.

Wśród kationów soli rozpuszczalnych, prawie we wszystkich wodach gruntowych i powierzchniowych najwięcej jest sodu, a następnie magnezu, a dopiero trzecie miejsce zajmowały kationy wapnia, co potwierdza silny związek tych wód z wodami morskimi [Ostrowski 1964].

TABELA 3. Charakterystyka zasolenia gleb – TABLE 3. Description of the soil salinity

Nr prof. Profile No	Poziom gen. Genetic horizon	Głębokość Depth [cm]	EC _e [dS·m ⁻¹ , 25°C]	Sole rozp. Soluble salts [%]	NaCl [%]	Jony soli rozpuszczalnych (wyciąg 1 : 5) Soluble salt ions (extract 1 : 5) [cmol _c · kg ⁻¹]						
						Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻²
1	POtniczna R2	0-30	5,1	0,89	0,74	1,2	0,6	0,3	13,1	12,7	0,9	0,9
	O1tniszsana R2	0-80	8,0	2,33	1,99	4,1	0,7	0,7	34,1	35,6	2,2	0,6
	O2tniszsana R1	80-120	18,4	2,27	1,87	4,1	1,3	0,7	32,0	36,0	1,5	0,7
	O3tniszsana R1	120-150	25,0	3,46	2,63	7,1	6,9	0,9	45,0	54,0	3,5	0,8
2	POtniczna R2	0-22	7,7	1,27	1,07	1,2	3,1	0,4	18,3	18,9	0,7	1,2
	Otniszna R2	22-45	8,1	1,56	1,28	0,4	1,3	0,3	23,4	21,8	2,2	1,7
	O1tniszsana R1	45-80	10,9	2,71	2,19	7,2	1,1	0,5	37,4	41,7	2,3	1,2
	O2tniszsana R1	80-120	22,8	5,13	4,28	5,0	7,3	0,9	73,1	86,5	0,8	1,5
	O3tniszsana R1	120-150	29,7	3,97	3,12	7,6	7,8	0,7	53,3	65,9	0,4	1,6
3	POtniczna R3	0-30	3,0	0,22	0,08	1,5	0,3	0,1	1,4	1,3	0,8	1,2
	Otniszsana R2	30-80	8,0	2,04	1,75	2,1	0,3	0,1	30,0	31,6	0,3	1,3
	O1tniszna R1	80-105	16,8	1,63	1,31	3,6	0,7	0,1	22,4	23,3	3,1	0,3
	O2tniszna R1	105-120	20,2	1,52	1,27	2,4	0,6	0,1	21,8	23,4	1,5	0,9
4	POtnisz R2	0-30	6,7	0,29	0,15	0,8	0,3	0,2	3,3	2,6	0,7	1,1
	O1tniszsana R1	30-80	18,9	3,60	2,69	8,8	8,3	0,1	46,0	59,9	0,7	2,1
	O2tniszsana R1	80-110	27,1	3,15	2,69	5,0	3,3	0,01	46,0	53,2	0,3	0,9
	Aesana	110-140	29,3	2,99	2,57	4,4	2,7	0,01	44,0	51,2	0,1	0,7

R1–R3 – jak w tab. 1 – as in Table 1

TABELA 4. Kationy wymienne i SAR roztworów glebowych w glebach słonych
 TABLE 4. Exchangeable cations and SAR of the soil solutions in the saline soils

Nr prof Profile No.	Poziom genet. Genetic horizon	Głęb. Depth [cm]	Kationy wymienne Exchangeable cations [cmol _c · kg ⁻¹]						T-CEC [cmol _c · kg ⁻¹]	V _s [%]	V _{Na} - ESP [%]	SAR*
			H ⁺	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺				
1	POtniczna R2	0-30	0,5	0,0	11,2	3,0	0,1	3,90	18,7	97,3	20,9	13,7
	O1tniczna R2	30-80	0,5	0,0	22,5	5,6	0,3	16,2	45,1	98,9	35,9	22,0
	O2tniczna R1	80-120	1,2	0,0	38,0	12,4	0,3	17,9	69,8	98,4	25,6	19,5
	O3tniczna R1	120-150	1,4	0,4	45,7	14,3	0,4	19,7	81,9	97,8	24,1	17,0
2	POtniczna R2	0-22	0,3	0,0	11,2	3,6	0,3	3,8	19,2	98,4	19,8	12,5
	Otniczna R2	22-45	1,5	0,0	38,3	7,8	1,8	30,4	79,8	98,1	38,1	25,5
	O1tniczna R1	45-80	2,1	0,5	44,6	8,5	2,5	18,1	76,3	96,7	23,7	18,3
	O2tniczna R1	80-120	3,6	1,3	44,0	10,4	4,3	46,2	109,8	95,5	42,1	29,5
	O3tniczna R1	120-150	2,1	0,5	59,6	10,3	3,1	25,6	101,2	97,4	25,3	19,2
3	POtniczna R3	0-30	0,5	0,1	26,1	4,6	0,1	2,0	33,4	98,2	6,0	1,4
	Otniczna R2	30-80	0,7	0,2	33,7	6,7	0,3	27,9	69,5	98,7	40,1	27,2
	O1tniczna R1	80-105	0,9	0,0	41,5	9,3	0,5	14,6	66,8	97,3	21,9	15,2
	O2tniczna R1	105-120	0,6	0,0	38,0	7,6	0,2	14,8	61,2	99,0	24,2	17,7
4	POtnisz R2	0-30	0,8	0,3	31,5	4,9	0,2	3,8	41,5	97,3	9,2	4,3
	O1tniczna R1	30-80	1,0	0,3	41,4	7,8	0,5	14,4	65,4	98,0	22,0	15,7
	O2tniczna R1	80-110	0,8	0,1	31,7	6,7	0,4	24,2	63,9	98,6	37,9	22,5
	Aesana	110-140	0,5	0,1	20,0	4,2	0,3	16,1	41,2	98,5	39,1	23,8

* SAR – współczynnik adsorpcji sodu roztworów glebowych – sodium adsorption ratio of soil solutions

Zasolenie wód miało ścisły związek z zasoleniem gleb. Jednak w przeciwieństwie do składu soli w wodach, w glebach więcej było jonów wapniowych niż magnezowych. Pomimo bliskiego sąsiedztwa z glebami siarczkowymi i kwaśnymi glebami siarczanowymi badane gleby słone zawierały stosunkowo mało siarczanów. Maksymalne w profilach ilości jonów SO_4^{2-} były w nich 15–51 razy mniejsze niż w glebach siarczkowych i 31–93 razy mniejsze niż w kwaśnych glebach siarczanowych [Pracz, Kwasowski 2001a, b, c].

Duża ilość soli rozpuszczalnych w glebach organicznych wpływa słabiej niż w glebach mineralnych na wysoką wartość przewodnictwa elektrycznego. Wynika to z większej zdolności gleb organicznych do wiązania wody w stanie pełnego nasycenia [Pracz 1989]. Gleby te określono jako silnie zasolone, co odpowiada zasoleniu poziomów salic w sołonzakach [Pracz 1989]. Ze względu na zawartość soli i wykazywane przewodnictwo elektryczne badane gleby autorzy proponują zaliczyć do sołonzaków organicznych. W Systematyce gleb Polski [1989] nie wyróżniono organicznych gleb słonych, autorzy zaproponowali uzupełnienie o nie systematyki.

Bardzo duża zawartość sodu w stosunku do wapnia i magnezu w wodach gruntowych i powierzchniowych, o czym świadczy wysoka wartość współczynnika SAR, przyczyniła się do dużego wysycenia sodem kompleksu sorpcyjnego gleb. Poziomy glebowe wysyczone sodem w ponad 15% oznaczono w tabelach literami *na*.

Duża ilość sodu wymiennego w glebach mineralnych powoduje powstawanie specyficznych poziomów natric. Gleby takie określane są jako sołonce [Systematyka gleb Polski 1989]. W przypadku gleb organicznych, a także niektórych organiczno-mineralnych i mineralnych, cechy strukturalne wymagane do określenia gleby jako sołonce nie występują. Jednak duże wysycenie sodem odbija się niekorzystnie na plonowaniu i chemizmie roślin [Bernstein, Pearson 1956]. Wpływa ono także między innymi na rodzaj i trwałość powstających agregatów strukturalnych oraz stopień peptyzacji i przemieszczenia koloidów. Dotyczy to również gleb organicznych, szczególnie murszowych. Dlatego także gleby organiczne wysyczone w dużym stopniu sodem należy uważać za gleby słone, a dla odróżnienia od sołoncew powinny być wydzielane jako organiczne gleby sodowe. Kompleks sorpcyjny gleby sodowej powinien być wysycony, przynajmniej w części warstwy 0–50 cm, minimum w 15% sodem. Natomiast, gdy wysycenie sodem gleby organicznej w tej warstwie wynosi 5–15%, należy ją określać jako sołoncewata.

Uwzględniając zarówno stopień zasolenia badanych gleb, jak i poziom wysycenia ich sodem proponujemy gleby te zaliczyć do rzędu gleb słono-sodowych i nowego typu organicznych sołonzaków sodowych.

Organiczne gleby słone o podobnych cechach, wysyczone sodem w ponad 20–30% i zawierające do kilku procent soli rozpuszczalnych opisał Czerwiński [1996] na terenie Kujaw, w pobliżu źródeł wód słonych. Gleby te określił jako słono-sodowe, sołonzakowate.

Duża zawartość jonów magnezu w kompleksie sorpcyjnym gleb powoduje także niekorzystne zmiany związane z peptyzacją koloidów glebowych. Ma to znaczenie zarówno w glebach organicznych murszowych, jak i w silnie rozłożonych lub w znacznym stopniu zamulonych i namulonych torfach. Jako bardzo silnie zasolone traktuje się gleby zawierające w kompleksie sorpcyjnym ponad 40% sodu i magnezu łącznie, przy jednoczesnej zawartości ponad 0,5% łatwo rozpuszczalnych soli [Coover et al. 1975]. Łączny udział sodu i magnezu i zawartość soli ogółem w 0–50 cm warstwie badanych gleb pozwala zaliczyć je do silnie zasolonych.

WNIOSKI

1. Zasolenie wód gruntowych i powierzchniowych w pobliżu Zatoki Puckiej wpłynęło na duże zasolenie gleb. Występujące tu gleby zawierały w warstwie 0–120 cm maksymalnie 2,04–5,13% soli i wykazywały przewodność elektryczną maksymalnie do 16,8–27,1 dS · m⁻¹.

2. Bardzo wysoki współczynnik SAR roztworów glebowych, wód gruntowych i powierzchniowych był powodem dużego wysycenia sodem kompleksu sorpcyjnego gleb. W warstwie 0–50 cm wysycenie sodem sięgało maksymalnie 22,0–40,1%, a sodem i magnezem 33,9–49,7% pojemności sorpcyjnej.

3. Na skutek oddziaływania wód morskich w wodach gruntowych i powierzchniowych badanego terenu dominowały jony magnezowe nad wapniowymi, jednak w kompleksie sorpcyjnym gleb stwierdzono kilkakrotnie więcej wapnia niż magnezu.

4. Pomimo bliskiego sąsiedztwa gleb siarczkowych i kwaśnych gleb siarczanowych badane gleby słone zawierały tylko niewielkie ilości siarczków, a ich utlenianie w nieznacznym stopniu wpłynęło na wartość wskaźnika pH.

5. Wyniki badań i dane literaturowe pozwalają zaproponować wydzielenie w Systematyce gleb Polski nowej jednostki gleb w randze typu: organiczne solonczaki sodowe, w rzędzie: gleby słonosodowe.

LITERATURA

- BERNSTEIN L., PEARSON G. A. 1956: Influence of exchangeable sodium on the yield and chemical composition of plants: I. Green beans, garden beets, clover and alfalfa. *Soil Sci.* **82**: 247–258.
- BENIUSZYS S. 1963: Zarys budowy geologicznej, rzeźby terenu i historii rozwoju wybrzeża Zatoki Gdańskiej. *Arch. Hydrotechniki* **10**, 2: 215–260.
- CIEŚLA W., DĄBKOWSKA-NASKRĘT H., SIUDA W. 1981: Stan zasolenia gleb w okolicy Inowrocławskich Zakładów Chemicznych w Mątwach. *Rocz. Glebozn.* **32**(2): 103–113.
- CIEŚLA W., DĄBKOWSKA-NASKRĘT H. 1984: Właściwości zasolonych gleb w sąsiedztwie Janikowskich Zakładów Sodowych na Kujawach. *Rocz. Glebozn.* **35**(2): 139–150.
- COOVER J. R., BARTELLI L. J., LYNN W. C. 1975: Application of soil taxonomy in tidal areas of the southeastern United States. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* **39**: 703–706.
- CZERWIŃSKI Z. 1996: Zasolenie wód i gleb na terenie Kujaw. *Rocz. Glebozn.* **47**, 3/4: 131–143.
- CZERWIŃSKI Z., PRACZ J. 1984: Zawartość jonów soli rozpuszczalnych w wodach gruntowych i powierzchniowych ekosystemów leśnych. Symp.: Skład chemiczny wód glebowych, gruntowych i powierzchniowych w warunkach intensywnej produkcji rolniczej. Cz. I: 103–113.
- FAO/UNESCO 1967: International source-book on irrigation and drainage of arid lands in relation to salinity and alkalinity. Rome, Paris.
- GONET S., HERMANN J. 1995: Zagrożenie zasoleniem czarnych ziem na Kujawach. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 418, cz. I.: 209–218.
- GOTKIEWICZ J. 1984: Dynamika składu chemicznego wody w sieci melioracyjnej obiektu Kuwasy. Symp.: Skład chemiczny wód glebowych, gruntowych i powierzchniowych w warunkach intensywnej produkcji rolniczej. Cz. I: 89–102.
- HULISZ P., POKOJSKA U., POSADZY W. 2001: Skutki awarii rurociągu solankowego Góra-Mątwy i metody przeciwdziałania degradacji gleb. *Inżyn. Ekol. 5, Kształtowanie Środowiska. PTIE Olsztyn*: 63–69.
- JACKSON M.L. 1958: Soil chemical analysis. Constable and Co., Ltd., London.
- JAWORSKI W. 1965: O niektórych procesach zachodzących w rejonie ujścia Odry. *Gazeta Obserwatora PIHM* **18**, 10: 3–5.
- MAJEWSKI A. 1972: Charakterystyka hydrologiczna estuariowych wód u polskiego wybrzeża. *Prace PIHM* **3**, 9: 427.
- OKRUSZKO H. 1976: Zasady podziału gleb organicznych. *Wiad. IMUZ* **12**, 1: 19–38.
- OSTROWSKI S. 1964: Chemia wody morskiej. *Wszechświat* **4**: 81–82.
- PETELSKI K. 1990: Geneza Pradoliny Redy - Łeby. Przewodnik LXI Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego. Problem 2: 26–29.
- POKOJSKA U., BEDNAREK R., HULISZ P. 1998: Problemy systematyki gleb zasolonych w odniesieniu do obszaru objętego wpływem Inowrocławskich Zakładów Chemicznych „Soda-Mątwy SA”. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* **460**: 513–519.

- PRACZ J. 1989: Właściwości gleb tworzących się przy udziale słonej wody gruntowej w polskiej strefie przybałtyckiej. *Rozprawy naukowe i monografie SGGW*: 92 ss.
- PRACZ J. 2001: Właściwości naturalnych gleb słonych występujących w pobliżu jeziora Resko Przymorskie. *Rocz. Glebozn.* **52**, 3/4: 5–16.
- PRACZ J., KWASOWSKI W. 2001a: Charakterystyka kwaśnych gleb siarczanowych występujących w rejonie Mrzeżyna. *Rocz. Glebozn.* **52**, 1/2: 23–37.
- PRACZ J., KWASOWSKI W. 2001b: Właściwości gleb siarczkowych występujących w rejonie Mrzeżyna. *Rocz. Glebozn.* **52**, 1/2: 39–50.
- PRACZ J., KWASOWSKI W. 2001c: Charakterystyka zasolenia gleb siarczkowych i kwaśnych siarczanowych w rejonie Mrzeżyna. *Rocz. Glebozn.* **52**, 3/4: 17–31.
- PRUSSAK W. 1995: Rozwój budowy geologicznej na obszarze ark. Wejherowo, szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50000. *Post. Nauk. PIG* **51**, 3: 123–125.
- ROSA B. 1964: O utworach aluwialnych i bagiennych wyścielających dna dolin rzek nadbałtyckich, ich związku z transgresją morza i znaczeniu dla badań nad neotektoniką obszaru. *Zesz. Nauk. UMK w Toruniu. Nauki mat.-przyr.* **10**: 85–108.
- RYTELEWSKI J. 1977: Wpływ przemysłu sodowego na degradację środowiska glebowego na przykładzie Zakładów Sodowych w Inowrocławiu-Mątwach. *Zesz. Nauk. ART Olsztyn, Rolnictwo* **24**: 5–12.
- SOIL TAXONOMY 1975: *Agriculture Handbook*, 436. USDA. Soil Conserv. Service. Washington.
- SYSTEMATYKA GLEB POLSKI 1989: *Rocz. Glebozn.* **40**, 3/4: 150.
- UNITED STATES SALINITY LABORATORY STAFF 1954: Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. *Agriculture Handbook No. 60*. USDA: 160 ss.

Prof. dr hab. Jerzy Prac
Zakład Gleboznawstwa Katedra Nauk o Środowisku Glebowym SGGW
ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa
e-mail pracz@delta.sggw.waw.pl