

Zbigniew KLIMOWICZ, Stanisław UZIĄK

WARUNKI KSZTAŁTOWANIA SIĘ GLEB W OBSZARZE ARKTYCZNYM (NA PRZYKŁADZIE  
SPITSBERGENU)

Soil Forming Conditions in the Arctic Region (on the Basis of Spitsbergen)

Piśmiennictwo dotyczące warunków kształtowania się gleb obszaru arktycznego nie jest wprawdzie tak bogate, jak w przypadku pozostałych obszarów kuli ziemskiej, a szczególnie pasa umiarkowanego, zawiera jednak wiele większych opracowań, jak chociażby monografie J. C. F. Tedrowa (1977), V. N. Andriejewa (1980), K. A. Linnella i J. C. F. Tedrowa (1981) czy S. Riegera (1983). Zdecydowana większość prac poświęconych omawianym glebom obejmuje arktyczny obszar kontynentalny (J. Brown 1967, G. Stäblein 1977, K. R. Everett i in. 1981, E. Schunke 1981). W ostatnim czasie, szczególnie z początkiem lat dziewięćdziesiątych wzrosło zainteresowanie glebami wysp arktycznych, w tym Spitsbergen (J. Låg 1980, 1986, D. H. Mann 1986 i in., G. C. Ugolini, R. S. Sletten 1988).

Coraz większy udział w badaniach gleb arktycznych mają Polacy. Zapoczątkował je już w latach czterdziestych A. Jahn (1946), opisując formy gleb strukturalnych Grenlandii. Badania kontynuował w odniesieniu do obszaru Spitsbergen (ryc. 1). L. Szerzeń (1965, 1968, 1974), W. Plichta (1977), H. Dziadowiec (1983), Z. Klimowicz, S. Uziak, J. Melke (1988, 1991, 1993, 1989, 1990), a także S. Skiba, M. Kuczek (1993). S. Uziak (1992) przedstawił opracowanie przeglądowe dotyczące polskich badań gleboznawczych na Spitsbergenie, a J. Melke i S. Uziak (1989, 1991) dynamice właściwości fizyczno-chemicznych gleb strefy arktycznej.

Celem badań prowadzonych przez Zakład Gleboznawstwa UMCS w Lublinie jest bliższe poznanie warunków i procesów kształtujących te gleby, a także ich form strukturalnych oraz dynamiki właściwości fizyczno-chemicznych, będących wynikiem oddziaływania czynników klimatyczno-roślinnych, charakterystycznych dla wysp arktycznych.

## KRÓTKA CHARAKTERYSTYKA OBSZARU ARKTYCZNEGO

Obszar arktyczny w powszechnym rozumieniu stanowią morza arktyczne i wyspy wokół Bieguna Północnego, a także północne obrzeża Europy, Ameryki i Azji. Klimat omawianej strefy jest bardzo zimny i wietrzny. Średnia temperatura stycznia wynosi  $-40^{\circ}\text{C}$ , lipca – około  $0^{\circ}\text{C}$ . Opady głównie śnieżne. Roślinność uboga: mchy, porosty, stosunkowo nieliczne gatunki kwiatowe na tundrze.

Klimat Spitsbergenu jest korzystniejszy niż przeciętnie na tej szerokości geograficznej. Średnia temperatura roczna za lata 1979-1983 dla Homsundu wynosiła  $-5,6^{\circ}\text{C}$ , natomiast średni opad za ten okres – około 400 mm (J. R o d z i k, W. S t e p k o 1985).

Spitsbergen ma złożoną budowę geologiczną, przy czym podłoże tworzą skały kambr-sylurskie serii Hecla Hoek, na których zalegają dewońskie łupki i piaskowce. Po okresie wypiętrzenia i denudacji przykryte one zostały osadami wieku od karbonu do trzeciorzędu. Najmłodsze utwory – czwartorzędowe – towarzyszą z reguły obszarom niżej położonym, a także przedpolom licznych tu lodowców (K. P ę k a ł a 1987, R. S z c z ę s n y i in.).

Konsekwencją warunków klimatycznych głównie jest roślinność. Wyróżnia się tu dwie najbardziej rozpowszechnione grupy roślinności tundrowej: suchej i mezofilnej porostowo-mszystej oraz wilgotnych i podtopionych mszarów (F. Ś w i ę s 1988).

## CZYNNIKI GLEBOTWÓRCZE

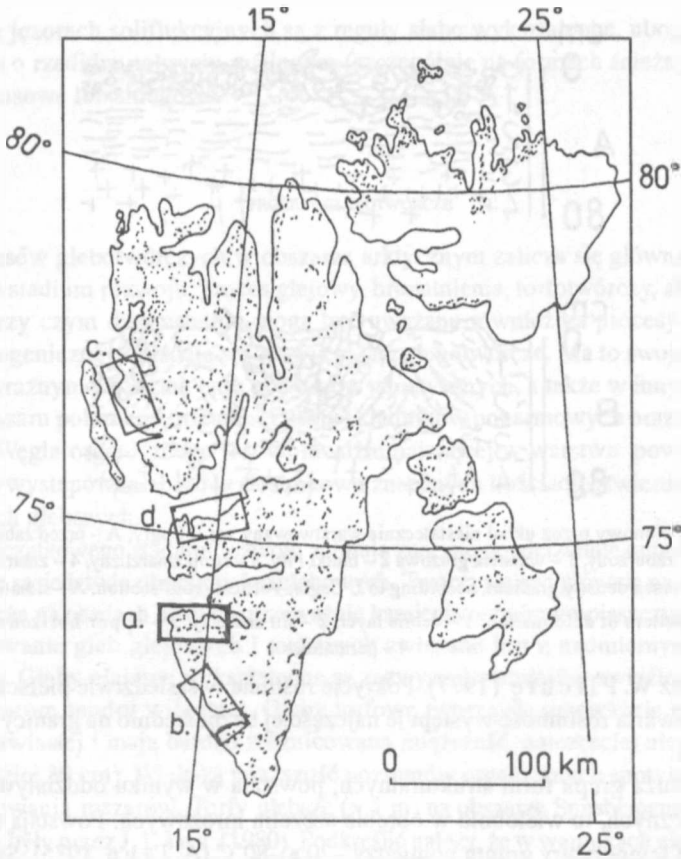
W obszarze arktycznym, a więc i na terenie Spitsbergenu, gleby kształtowane są przez procesy kriogeniczne, procesy glebotwórcze a także litologię, która wywiera m.in. wpływ na skład mineralogiczny, uziarnienie, na odczyn i inne.

## PROCESY KRIOGENICZNE

Procesy kriogeniczne związane są z klimatem, tj. głównie z temperaturą i opadami. Kształtowały one również utwory późnoglacialne na terenie Polski, gdzie do dziś można obserwować ślady struktur peryglacialnych (H. M a r u s z c z a k 1954).

W procesie tworzenia się gleb strukturalnych szczególnie istotny jest wpływ temperatur niskich oraz ich oscylacje w pobliżu  $0^{\circ}\text{C}$ . A. J a h n (1975) wyróżnia cztery grupy procesów, które zachodzą w obszarze polarym i wywierają wpływ na morfologię gleb: 1) procesy segregacji mrozowej, 2) pęcznienia i nacisków kriostatycznych, 3) spękań, 4) mrozowe i grawitacyjne ruchy stokowe. W wyniku oddziaływania tych procesów na grunt, a także na glebę powstaje ogromne bogactwo form, głównie powierzchniowych, mających wpływ na charakter gleb arktycznych. Można by je podzielić na trzy główne grupy: wieńce kamieniste różnych kształtów i wielkości, wieloboki ograniczone szczelinami mrozowymi oraz formy powstałe w wyniku soliflukcji.

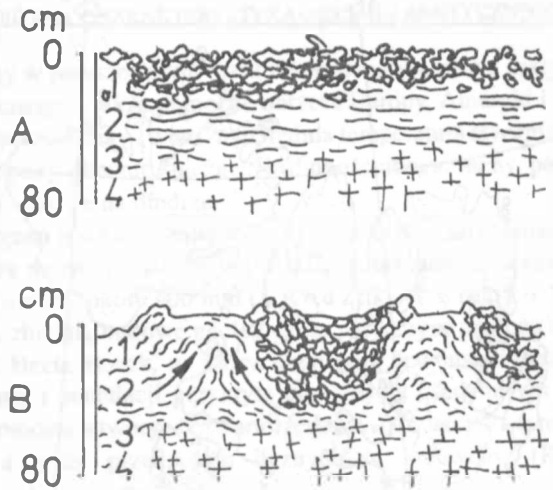
Charakterystyce i genezie gruntów oraz gleb strukturalnych poświęcono wiele uwagi (S. D ł u ż y Ń s k i 1963, Z. C z e p p e 1966, A. L. W a s h b u r n 1973, A. J a h n 1975). Istnieje wiele teorii próbujących wyjaśnić ich powstawanie. W warunkach klimatycznych



Ryc. 1. Położenie obszarów badań na terenie Spitsbergenu, a – własnych, b, c, d – innych autorów (głównie polskich)  
 Location of the studied areas in Spitsbergen; a – research by the present authors, b – research by others (mainly Polish scientists)

SW Spitsbergenu główną przyczynę tworzenia się gruntów strukturalnych upatruje się w segregacji mrozowej, ruchach kriostatycznych, a także pęcznieniu mrozowym, na co wskazywał, jak wyżej wspomniano, A. J a h n (1975). Według J. C e g ł y (1973) genezę omawianych form można by łączyć z „deformacją w układach niestatecznie warstwowanych gęstościowo” (ryc. 2). Autor ten badał grunty strukturalne w rejonie Homsundu. Według niego proces deformacji rozpoczyna się w przesyconej wodą warstwie ilasto-mułkowej współczynnika lepkości, co powoduje „zatapianie się” będącego na powierzchni gruzu.

Gleby wewnątrz i w najbliższym sąsiedztwie pierścieni kamienistych (określone tym samym jako zróżnicowanie na powierzchni) są z reguły gliniasto-pylaste z domieszką części szkieletowych. Często towarzyszy im oglejenie. Są to więc przeważnie gleby glejowe, słabo wykształcone czy (rzadziej) brunatne. Dodać należy, że takie same jednostki glebowe mogą nie wykazywać zróżnicowania powierzchniowego, tzn. występować bez wieńców kamienistych, szczelin mrozowych czy innych wyraźnych form powierzchniowych. Podział gleb arktycznych zastosowany został przez J. C. F. T e d r o w a (1977),



Ryc. 2. Przekrój pionowy przez układ niestacycznie warstwowy wg J. Cegła; A – przed zaburzeniem, B – układ zaburzony, 1 – warstwa gruzowa 2 – mułki i ropy, 3 – strop zmarzliny, 4 – zmarzlina  
 System with reversed density gradient, according to J. Cegła; Vertical cross-section. A – situation prior to deformation, B – pattern of deformation; 1 – debris layer, 2 – silt and clay, 3 – upper horizon of permafrost, 4 – permafrost

a później przez W. Plihtę (1977). Pokrycie roślinne w sąsiedztwie pierścieni jest skąpe. W miarę zwarta roślinność występuje najczęściej bezpośrednio na granicy z wieńcami kamiennymi.

Następna duża grupa form strukturalnych, powstała w wyniku oddziaływania procesów kriogenicznych, to wieloboki w obrębie szczelin mrozowych. Powstają one w przypadku spadku temperatury gruntu pomiędzy  $-20$  a  $-80^{\circ}\text{C}$  (A. Jahn 1975). Szczeliny dużych wieloboków o przeciętnej średnicy kilkunastu metrów w obszarze południowego obrzeża Bellsundu rozbiegają się radialnie według trzech osi, rozdzielonych pod kątem  $120^{\circ}\text{C}$ . Istnieje szereg tzw. generacji szczelin mrozowych – od głównych po krótsze i węższe pęknięcia gruntu. Szczeliny pierwszej generacji przybierają na ogół kierunek równoległy do linii morfologicznych terenu. Szczeliny trójosiowe na Spitsbergenie dają przeważnie formy mieszane od tetra- do heksagonalnych.

Gleby w obrębie dużych wieloboków są lżejsze niż wewnątrz i najbliższym sąsiedztwie wieńców kamiennych, przeważnie o składzie piaszczysto-gliniastym, bardziej przesuszone, typu gleb brunatnych lub słabo wykształconych. Posiadają również gęstsze pokrycie roślinne, dochodzące niekiedy do 80-90%. Poziom organiczno-mineralny (próchniczny) jest wyraźnie głębszy w sąsiedztwie szczelin i najlepiej rozwinięty na ich zwieńczeniu. Tam też, co jest zrozumiałe, gęste jest pokrycie roślinne.

Najbardziej powszechnym procesem peryglacjalnym w obszarze arktycznym jest soliflukcja. Występuje ona na każdej powierzchni pokrytej materiałem zwietrzelinowym, której nachylenie przekracza  $2^{\circ}\text{C}$  (około 4%). W strefie peryglacjalnej dominują dwa typy procesów spływowego gruntu: pierwszy nazywany przez A. Jahn (1975) spontaniczno-grawitacyjnym i drugi – bardziej zależny od działalności mrozu.

Gleby na jeziorach soliflukcyjnych są z reguły słabo wykształcone, ubogie w związki organiczne i o rzadkim pokryciu roślinnym (szczególnie na formach śnieżnych). Określa się je jako pasowe lub smugowe.

#### PROCESY GLEBOTWÓRCZE

Do procesów glebotwórczych w obszarze arktycznym zalicza się głównie: proces początkowego stadium rozwoju, proces glejowy, brunatnienia, torfotwórczy, aluwialny i deluwialny, przy czym dwa ostatnie mogą być uważane również za procesy geologiczne. Procesy kriogeniczne nakładają się zazwyczaj na glebotwórcze. Ma to swoje konsekwencje w niewyraźnym wykształceniu poziomów genetycznych, a także w innym, specyficznym dla obszaru polarnego, rozmieszczeniu składników pokarmowych oraz substancji organicznej. Węgla organicznego jest wprawdzie najwięcej w warstwie powierzchniowej, jednak jego występowanie, i to w stosunkowo znacznych ilościach, stwierdza się również w poziomach głębszych.

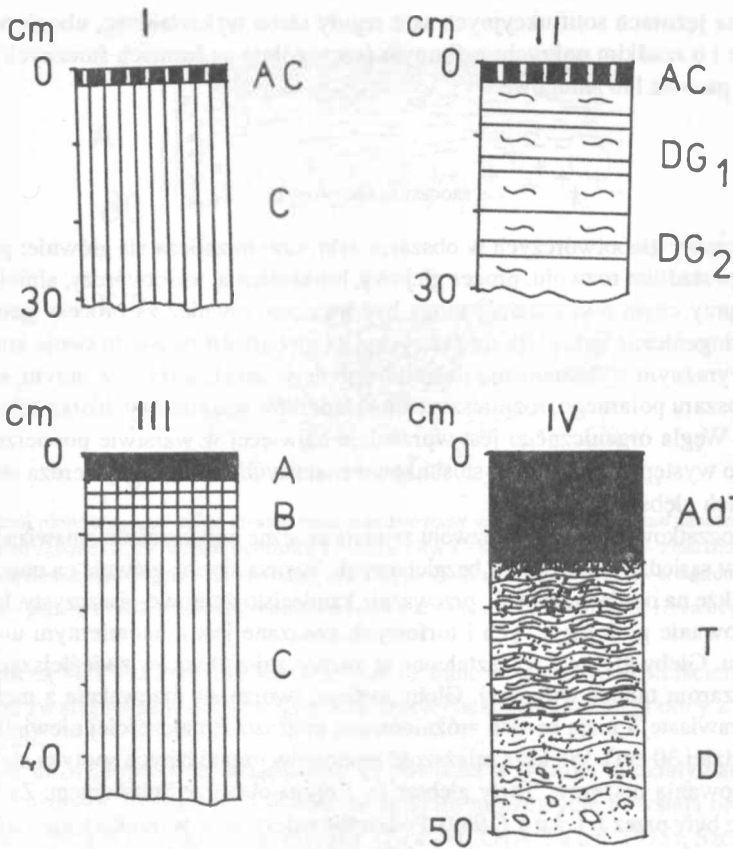
Gleby początkowego stadium rozwoju zajmują znaczne powierzchnie omawianego regionu, często w sąsiedztwie obszarów bezglebowych. Tworzą się one głównie na utworach skalistych, a także na osadach luźnych, przeważnie kamienisto-żwirowo-piaszczystych.

Występowanie gleb glejowych i torfowych związane jest z nadmiernym uwilgotnieniem terenu. Gleby glejowe wykształcone są zazwyczaj z utworów zwięźlejszych i towarzyszą obszarom tundry wilgotnej. Gleby torfowe tworzą się przeważnie z mchów i roślinności trawiastej i mają bardzo zróżnicowaną miąższość, najczęściej niewielką (około 20 cm, rzadziej 30 cm). Większą miąższość poziomów organicznych spotyka się w obszarze występowania mszarów. Torfy głębsze (> 1 m) na obszarze Spitsbergenu Zachodniego stwierdzone były przez J. L. Åg a (1980). Podkreślić należy, że w warunkach niewielkich opadów istotny wpływ na zatrzymywanie w glebie wilgoci, a zatem i tworzenie się omawianych gleb, ma, poza reliefem, wieczna zmarzlizna, na której stagnuje woda. W przypadku torfów nierzadko spotyka się ją u podnóży zboczy. Są to tzw. mszary zboczowe lub podstokowe o znacznej miąższości, wykorzystujące wodę spływającą po pochyłości terenu.

Warunkami sprzyjającymi tworzeniu się gleb brunatnych na Spitsbergenie i być może w całym obszarze arktycznym są zazwyczaj litologia i uwilgotnienie. W przypadku Spitsbergenu Zachodniego są to często utwory lżejsze, głównie piaski gliniaste, czasem gliny lekko spiaszczone. Towarzyszy im z reguły tundra sucha. Znaczne powierzchnie omawianych gleb występują na terasach nadmorskich. Geneza poziomów brunatnienia nie jest do końca wyjaśniona. Niektórzy autorzy wiążą powstanie owych poziomów z cieplejszymi okresami klimatycznymi, a ostatnio przeważa pogląd o ich wietrzeniowym charakterze.

Grupa gleb aluwialnych i deluwialnych nie zajmuje większych powierzchni na badanym obszarze. Gleby aluwialne tworzą się z наносów rzek i ich występowanie ograniczone jest do dolin o wolniejszym nurcie rzek. Gleby deluwialne tworzą się z reguły u podnóży stoków.

W obszarze arktycznym istnieje wyraźna zależność między pokrywą glebową a litologią, rzeźbą terenu oraz uwilgotnieniem i roślinnością. Litologia wywiera wpływ na wielkość gleb, uziarnienie i właściwości chemiczne, takie jak zawartość  $\text{CaCO}_3$ , odczyn,



Ryc. 3. Ważniejsze jednostki glebowe na obszarze Spitsbergenu; I – gleba inicjalna (wg FAO – Gelic Regosol – initial), II – gleba glejowa (wg FAO – Gelic Gleysol), III – gleba brunatna (wg FAO – Gelic Cambisol), IV – gleba torfowa (wg FAO – Gelic Histosol)

More important soil units in Spitsbergen region; I – initial soil (acc. to FAO – Gelic Regosol), II – gley soil (acc. to FAO – Gelic Gleysol), III – brown soil (acc. to FAO – Gelic Cambisol), IV – peat soil (acc. to FAO – Gelic Histosol)

skład kationów zasadowych. Pośrednio litologia oddziałuje też na typologię gleb – gleby inicjalne, brunatne, glejowe, w tym strukturalne. Z rzeźbą terenu związane są procesy erozyjne, soliflukcyjne, gleby deluwialne i smugowe, częściowo stosunki wodne i pokrywa roślinna, gleby torfowe i gleby glejowe.

Uwilgotnienie kształtuje pokrywę roślinną oraz gleby glejowe i organogeniczne. Roślinność wywiera zasadniczy wpływ na zawartość substancji organicznej. Należy jednak wyraźnie podkreślić, że tworzenie się pokrywy roślinnej oraz jej rozkład są odmienne (znacznie powolniejsze) niż np. w polskich warunkach klimatycznych. Według J. L. Åg a (1986) gromadzenie i dekompozycja substancji organicznej to bardzo istotne procesy w tworzeniu się gleb strefy arktycznej.

Dodać należy, że w niektórych fragmentach tundry związanej z terenami nadmorskimi, w miejscach bardziej uwilgotnionych (czasem na zwieńczeniu szczelin mrozowych),

dość typową formą morfologiczną są spłaszczone i o niewielkiej powierzchni – pagórki. Często pokryte są one płytkim torfem bądź utworem organiczno-mineralnym o znacznej zawartości rozpuszczalnych form fosforu. Wzbogacenie w fosfor należałoby wiązać z naturalnym nawożeniem organicznym w postaci licznych tu odchodów ptasich i reniferowych.

#### CHARAKTERYSTYKA PODSTAWOWYCH WŁAŚCIWOŚCI GLEB ARKTYCZNYCH

##### MORFOLOGIA WAŻNIEJSZYCH JEDNOSTEK GLEBOWYCH

Do gleb najczęściej występujących w obszarze arktycznym, co wynika z dominacji określonych procesów glebotwórczych, modyfikowanych procesami „mrozowymi”, należałoby zaliczyć gleby inicjalne, gleby glejowe, brunatne i zajmujące znacznie mniejsze powierzchnie – gleby organiczne. Schematyczną budowę tych gleb przedstawia ryc. 3. Oto ich krótka charakterystyka.

Profil I – gleba inicjalna (według FAO – Gelic Regosol – initial) o prostej budowie profilu AC-C, występująca często w sąsiedztwie obszarów bezglebowych. Pokrycie roślinne wynosi tu zaledwie kilka do kilkunastu procent. Stanowią je zwykle *Saxifraga oppositifolia*, *Salix polaris*, *Silene acaulis*, *Cetraria hiascens*, *Dryas octopetala*. Poziom próchniczny ma z reguły charakter przejściowy (AC) i barwę szarą z odcieniem żółtawym bądź brązowym (2.5 Y 6/3, 10 YR 5/3\*). Skład granulometryczny może być różny – najczęściej piaszczysty i gliniasty. Barwa poziomu C niewiele się zmienia w porównaniu z poziomem wyżej występującym.

Profil II – gleba glejowa nieodróżnicowana bądź odróżnicowana na powierzchni (według FAO – Gelic Gleysol) o budowie profilu AC-DG<sub>1</sub>-DG<sub>2</sub>. Pokrycie roślinne zwykle skąpe w przypadku występowania omawianych gleb w obrębie pierścieni kamienistych i wieloboków o małych rozmiarach, a bardziej zagęszczone w sąsiedztwie tzw. jezierek (*Saxifraga oppositifolia*, mech, *Salix polaris*, trawa, *Silene acaulis*, *Cetraria hiascens*). Poziom próchniczny o charakterze przejściowym (AC) jest zwykle szarawy (5 Y 5/2). Poziomy niższe (glejowe) o barwie „zimnoszarej” przechodzącej w szarozielonkawą (odpowiednio: 5 Y 6/2 i 7,5 Y 7/2). Skład granulometryczny gleb glejowych jest przeważnie gliniasto-pyłasty, przy czym z reguły lżejszy w poziomach akumulacyjnych. Czasem w omawianych glebach może być znaczna zawartość koloidów hydrograficznych, co przejawia się w silnym ich pęcznieniu.

Profil III – gleba brunatna odróżnicowana bądź nieodróżnicowana na powierzchni (według FAO – Gelic Cambisol) o profilu A-B-C. Gleby brunatne często występują na terenach nadmorskich w obrębie dużych wieloboków bądź poza nimi na tzw. tundrze suchej. Wykazują przeważnie skład piaszczysto-gliniasty ze znaczną zawartością cząstek pyłowych, a także niewielką wilgotność. Poziom C traci z reguły cechę pylastości na rzecz

\* Według Standard Soil Colour Charts (by M. Oyama, H. Takehara 1967).

zwiększonej zawartości frakcji piaszczystej i szkieletowej. W profilu gleby brunatnej szarobrazowa (10 YR 4/3) barwa poziomu akumulacyjnego przechodzi w brązową (10 YR 5/4) w poziomie brunatnienia i żółtabrazową (10 YR 6/3) w poziomie C. Pokrycie roślinne, przeciętnie około 50%, może jednak dochodzić, np. w sąsiedztwie szczelin nrowych, do 100% (*Cetraria hiascens*, *Stereocaulon species*, *Salix polaris*, *Saxifraga oppositifolia*, *Silene acaulis*).

Tab. 1. Średnie i ekstremalne wartości składu granulometrycznego wybranych gleb Spitsbergenu  
Mean and extreme values of granulometric composition of selected soil of Spitsbergen

Grupy mechaniczne	Poziom	Szkielet $\phi > \text{mm}$	Zawartość frakcji (%)			
			1–0,1 mm	0,1–0,02 mm	< 0,02 mm	< 0,002 mm
Utwory piaszczyste	A1	$\frac{57}{}$	$\frac{58^*}{}$	$\frac{28}{}$	$\frac{14}{}$	$\frac{1}{}$
	A1/C	$\frac{20-91}{}$	$\frac{42-72^{**}}{}$	$\frac{15-39}{}$	$\frac{8-20}{}$	$\frac{0-4}{}$
	(B)					
	(B)/C	$\frac{41}{}$	$\frac{50}{}$	$\frac{30}{}$	$\frac{19}{}$	$\frac{2}{}$
	C	$\frac{10-78}{}$	$\frac{31-63}{}$	$\frac{24-42}{}$	$\frac{11-32}{}$	$\frac{1-5}{}$
CG						
Utwory gliniaste	A1	$\frac{27}{}$	$\frac{27}{}$	$\frac{32}{}$	$\frac{41}{}$	$\frac{7}{}$
		$\frac{5-55}{}$	$\frac{14-45}{}$	$\frac{22-37}{}$	$\frac{26-54}{}$	$\frac{0-13}{}$
	C	$\frac{32}{}$	$\frac{36}{}$	$\frac{23}{}$	$\frac{39}{}$	$\frac{9}{}$
CG	$\frac{9-70}{}$	$\frac{14-53}{}$	$\frac{12-30}{}$	$\frac{28-59}{}$	$\frac{1-21}{}$	
Utwory pyłowe	A1	$\frac{25}{}$	$\frac{20}{}$	$\frac{53}{}$	$\frac{27}{}$	$\frac{4}{}$
	A(B)	$\frac{0-41}{}$	$\frac{9-40}{}$	$\frac{42-71}{}$	$\frac{8-46}{}$	$\frac{1-8}{}$
	(B)					
	G	$\frac{27}{}$	$\frac{25}{}$	$\frac{42}{}$	$\frac{33}{}$	$\frac{5}{}$
	W	$\frac{0-84}{}$	$\frac{4-65}{}$	$\frac{22-60}{}$	$\frac{13-59}{}$	$\frac{2-12}{}$

\* wartości średnie; \*\* wartości ekstremalne (tab. 1–2); \* mean values; \*\* extreme values (Tab. 1–2)

Profil IV – gleba torfowa (według FAO – Gelic Histosol) o profilu AdT-T-D. Poziom darniowo-torfowy jest zwykle czarnobrazowy (10 YR 3/2) i posiada miąższość kilkunastu centymetrów. Jest on przeważnie średnio rozłożony. Poniżej występuje warstwa o zwiększonym stopniu rozłożenia. Jest ona zwykle nałożona na utwór mineralno-organiczny o zbliżonej, jak w poziomach wyżej położonych, barwie. Z reguły od głębokości 50 cm (na niższych terasach nadmorskich) zwiększa się udział frakcji żwirowej. W omawianych glebach, pod warstwą organiczno-mineralną, nierzadko występuje poziom wiecznej zmarzliny. Pokrycie roślinne kompletne (100%) z dominacją w kolejności występowania (np. w obszarze teras nadmorskich Calypsostrandy): mchy, *Salix polaris*, trawy, *Saxifraga hirculus*, *Saxifraga oppositifolia*, *Polygnum viviparum*, *Saxifraga caespitosa*.

#### WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNO-CHEMICZNE

Przedstawiono je skrótowo, analizując gleby wytworzone z trzech głównych grup utworów (piaszczystych, gliniastych i pyłowych), dominujących na badanym terenie i za-



pewne całym obszarze arktycznym. Zwrócono szczególną uwagę na cechy, które różnią te gleby od występujących współcześnie na terenie Polski.

Gleby Spitsbergenu charakteryzują się bardzo wysoką szkieletowością (tab. 1). Najwięcej frakcji szkieletowej jest w utworach piaszczystych, najmniej w pyłowych. Te ostatnie mogą być niekiedy bezszkieletowe. W przypadku piasków szkieletu jest wyraźnie więcej w poziomie akumulacyjnym niż w poziomach głębszych. Nie dotyczy to pozostałych utworów, gdzie tendencja zdaje się być odwrotna, tj. obserwuje się więcej grubszych frakcji w tzw. podglebiu. Cząstki piaszczyste, podobnie jak w większości gleb na terenie Polski, występują we wszystkich trzech grupach utworów, chociaż są najmniej liczne w utworach pyłowych.

Zarówno utwory piaszczyste, jak i gliny (w przypadku tych ostatnich z wyjątkiem „podglebia”) wykazują cechę pylastości. Jest to właściwość charakterystyczna dla gleb południowego obrzeża Bellsundu. Zwrócono na to uwagę już w jednej z pierwszych naszych publikacji, dotyczących gleb strefy arktycznej (Z. Klimowicz, S. Uziak 1988), stwierdzając pylastość nawet w utworach piaszczystych.

Tab. 2. Średnie i ekstremalne wartości wybranych właściwości chemicznych gleb mineralnych Spitsbergenu  
Mean and extreme values of selected chemical properties of mineral soils of Spitsbergen

Grupy mechaniczne	Poziom	pH KCl	CaCO <sub>3</sub> %	C %	N %	Przyswajalne mg/100 g	
						P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Utwory piaszczyste	A1	7,2*	10,7	1,87	0,22	1,6	3,5
	A1/C	6,2–7,6**	0–25,6	0,93–3,84	0,14–0,32	0,3–2,9	1,6–4,9
	(B)						
	(B)/C	7,4	10,3	1,04	0,11	1,1	1,5
	C	7,1–7,9	0–30,7	0,34–2,17	0,04–0,21	0,3–2,1	0,8–2,6
CG							
Utwory gliniaste	A1	7,1	8,1	1,21	0,12	1,1	3,0
		6,7–7,6	0–37,3	0,30–1,78	0,02–0,18	0,5–2,1	0,5–8,0
	C	7,3	14,2	0,62	0,07	1,6	2,4
CG	6,9–7,5	0–35,8	0,23–0,99	0,02–0,10	1,3–3,4	0,0–4,0	
Utwory pyłowe	A1	7,4	6,8	1,51	0,15	0,9	2,4
	A(B)	7,3–7,6	0–17,4	0,43–2,38	0,04–0,22	0,4–1,3	0,0–5,0
	(B)						
	CG	7,4	6,7	1,50	0,14	1,1	2,6
	W	7,1–7,7	0–16,0	0,48–3,80	0,05–0,28	0,3–2,1	0,5–6,0

Podwyższone wartości frakcji pyłu zaobserwowali ponadto w glebach Sørkapplandu S. Skiba i M. Kuczek (1993), a wcześniej w glebach górskich Tatr i Mongolii S. Skiba (1985), który upatruje przyczynę przedstawionego zjawiska w warunkach klimatycznych. S. Uziak (1992) wskazuje wprost na rezultat wietrzenia mrozowego. Według J. Wojtanowicza (1993) utwory pylaste lessopodobne całej współczesnej strefy peryglacialnej Arktyki powstały w efekcie kriolitogenezy i lokalnie wykazują cechy lessów. Cząstek o średnicy 0,1–0,02 mm w utworach pyłowych omawianego rejonu jest jed-

nak wyraźnie mniej (średnio o 10-20%) niż np. w lessach lubelskich. Dla utworów piaszczystych Spitsbergenu wydaje się też charakterystyczna znaczna zawartość frakcji spławialnych, a mała koloidalnych.

Średnio najwyższe pH (tab. 2) obserwuje się w utworach pyłowych, najniższe w piaskach. Jednak i w tych ostatnich najniższa wartość nie przekracza 6,2 (pH<sub>KCl</sub>). Nieco niższe wartości odczynu stwierdzili w rejonie Homsundu (na podstawie danych z kilku profili) S. Skiba i M. Kuczek (1993). W omawianych glebach stwierdza się znaczną zawartość węglanów wapniowo-magnezowych, chociaż związki te nie występują we wszystkich profilach.

Wyraźnie wyższą zawartość węgla organicznego wykazują gleby wytworzone z utworów piaszczystych i pyłowych (średnio około 1,5-2,0%) w porównaniu z gliniastymi. Ma to zapewne związek z większą (w określonych warunkach) dynamiką tych ostatnich (np. wylewy gliniaste), powodowaną działalnością procesów termicznych, charakterystycznych dla obszarów tundry arktycznej, a także ubóstwem pokrywy roślinnej. Na stosunkowo dużą zawartość węgla organicznego w glebach mineralnych południowo-zachodniego Spitsbergenu wskazywał już L. Szerzeń (1968, 1974).

W torfach ilości substancji organicznej wahają się zwykle w granicach 40-60%. Zbliżoną zawartość w rejonie Homsundu stwierdzili S. Skiba i M. Kuczek (1993). Zawartość azotu koreluje na ogół z zawartością węgla organicznego. Przystawalnych form fosforu i potasu jest w glebach mało. Wyjątek (w przypadku P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) stanowią miejsca dłuższej bytności fauny polarnej.

#### LITERATURA

- Andreiev V. N. 1980; Rastitel'nost i pochvy subarktycheskoi tundry. Izdielstvo „Nauka”, Novosibirsk.
- Bartoszewski S. 1987; Charakterystyka hydrograficzna strefy południowego obrzeża Bellsundu i fiordu Recherche (Spitsbergen Zachodni). XIV Sympozjum Polarne, Lublin, 147-150.
- Brown J. 1967; Tundra soils formed over ice wedges, Northern Alaska. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 31, 686-691.
- Cegła J. 1973; Próba wyjaśnienia genezy gruntów strukturalnych SW Spitsbergenu w świetle teorii układów niestacznego warstwowania gęstościowego. Czas. Geogr. 44, 2, 237-245.
- Czeppe Z. 1966; Przebieg głównych procesów morfogenetycznych w południowo-zachodnim Spitsbergenie. Zesz. Nauk. UJ, 127, Prace Geogr. 13, 5-129, Kraków.
- Dziadowiec H. 1983; Preliminary studies on carbon dioxide evolution from tundra soils of Spitsbergen (Kaffiöyra Oscar II Land, NW Spitsbergen). Acta Univ. Nicolai Copernici, Geografia 13, Nauki Mat.-Przyr. 56, 159-167.
- Dłużyński S. 1963; Polygonal structures in experiments and their bearing upon some periglacial phenomena. Bull. Acad. Pol. Sci. 11.
- Everett K. R., Vassilyevskaya V. D., Brown J., Walker B. D. 1981; Tundra and analogous soils. [In:] Tundra ecosystems, a comparative analysis. Univ. Press, Cambridge, 139-179.
- Jahn A. 1946; O niektórych formach gleb strukturalnych Grenlandii Zachodniej. Przegląd Geograficzny, 20, 73-89.
- Jahn A. 1975; Problems of periglacial zone. PWN, Warszawa.
- Klimowicz Z., Uziak S. 1988; Soil-forming processes and soil properties in Calypsostranda, Spitsbergen. Polish Polar Research 9/1, 61-71.
- Klimowicz Z., Melke J. 1991; The influence of lithology and terrain relief on the soil in Calypsostranda. [In:] Wyprawy Geograficzne na Spitsbergen, UMCS, Lublin, 135-143.
- Klimowicz Z., Melke J., Uziak S. 1993; The influence of relief and lithology on soil formation in West Spitsbergen. Proceedings of the VI International Conference on Permafrost (Beijing) 5-9 July 1993, 350-355.

- Låg 1980; Special peat formation in Svalbard. *Acta Agric. Scand.* 30, 205–210.
- Låg 1986; Jordbunnsgrunnlaget for plantevekst på Svalbard. Det Norske Videnskaps-Akademi, *Arbok* 1986.
- Linnell K. A., Tedrow J. C. F. 1981; Soil development at Kongsfjorden, Spitsbergen. *Polish Polar Research* 4, 1–16.
- Mann O. H., Sletten R. S., Ugolini F. C. 1986; Soil development at Kongsfjorden, Spitsbergen. *Polish Polar Research* 4, 1–16.
- Maruszczak H. 1954; Klasyfikacja i opis gleb szczytowego stadium zlodowacenia bałtyckiego w lessach Wyżyny Lubelskiej. *Annales UMCS, Lublin, sec. B, t. IX, nr 5*, 217–257.
- Melke J., Chodorowski J., Uziak S. 1990; Soil formation and soil properties in the areas of Lyellstranda, Dyrstad and Logne in the region of Bellsund (West Spitsbergen). *Polish J. Soil Sci.* XXIII (2), 213–222.
- Melke J., Uziak S. 1989; Dynamics of moisture, redox potential and oxygen diffusion rate of some soils from Calypsostranda, Spitsbergen. *Polish Polar Research* 10, 1, 91–104.
- Melke J., Uziak S. 1991; Preliminary studies on the dynamics of available components in some Spitsbergen soils. [In:] *Wyprawy Geograficzne na Spitsbergen, UMCS, Lublin*, 113–122.
- Pękala K. 1987; Rzeźba i utwory czwartorzędowe przedpola lodowców Scotta i Renarda (Spitsbergen). XIV Sympozjum Polarne, Lublin, 84–87.
- Plichta W. 1977; Systematics of soils of the Hornsund region. West Spitsbergen. *Acta Univ. N. Copernici, Geografia* 13, 175–180.
- Rieger S. 1983; The genesis and classification of cold soils. Academic Press. New York, London.
- Rodzik J., Stepko W. 1985; Climatic conditions in Hornsund 1978–1983. *Polish Polar Research* 6, 4, 561–575.
- Schunke E. 1981; Zur kryogenen Bodendynamik der Arktischen Tundern Nordamerikas und Nordeuropas. *Polarforschung* 51 (2), 161–174.
- Siwek K., Paczos S. 1990; Differentiation of Calypsostranda thermal and humidity conditions in the summer 1989 (Western Spitsbergen). *Wyprawy Geograficzne na Spitsbergen, UMCS, Lublin*, 123–136.
- Skiba S. 1985; Rola klimatu i roślinności w genezie gleb na przykładzie gleb górskich z Tatr polskich i z gór Mongolii. *Zesz. Nauk. AR Kraków. Rozpr.* 99.
- Skiba S., Kuczek M. 1993; Preliminary studies of the soil cover in North-West Sorkapp Land SW Spitsbergen. *Zesz. Nauk. UJ*, 598, *Prace Geogr.* 94, 93–103, Kraków.
- Stäblein G. 1977; Arktische Böden West-Grönlands: Pedovarianz in Abhängigkeit vom Geologischen Milieu. *Polarforschung* 47, 11–25.
- Szczęsny R., Dzierżek J., Harasimiuk M., Nitychoruk J., Pękala K., Repelewska-Pękalkowa J. 1989; Photogeological map of Renardbreen, Scottbreen and Blomlibreen forefield (Wedel Jarlsberg Land, Spitsberg) 1:10 000. *Wyd. Geol. Warszawa*.
- Szerszeń L. 1965; Studia nad glebami klimatu arktycznego na przykładzie południowo-zachodniego Spitsbergenu. *Zesz. Nauk. WSR Wrocław* 60, 39–79.
- Szerszeń L. 1968; Preliminary investigations of soil cover in the region of Hornsund. [In:] K. Birkenmajer (ed.), *Polish Spitsbergen Expeditions 1957–1960*. *Wyd. Geol. Warszawa*, 217–227.
- Szerszeń L. 1974; Wpływ czynników bioklimatycznych na procesy zachodzące w glebach Sudetów i Spitsbergenu. *Roczn. Glebozn.* 25, 53–95.
- Święś F. 1988; Zróżnicowanie geobotaniczne tundry na południowym wybrzeżu Bellsundu (Zachodni Spitsbergen). *Wyprawy Geograficzne na Spitsbergen, UMCS, Lublin*, 215–228.
- Tedrow J.C.F. 1977; Soils of the polar landscapes. *Rutger Univ. Press. Nev Brunswick*.
- Ugolini F. C., Sletten R.S. 1988; Genesis of arctic brown soils (Pergelic Cryochrept) in Svalbard. *Proc. V Int. Conf. on Permafrost. Trondheim, Norway*, 478–483.
- Uziak S. 1992; Polish pedological studies on Spitsbergen. *A. Review. Geographia Polonica* 60, 67–78.
- Washburn A. L. 1973; Periglacial processes and environments. E. Arnold Ltd., London.
- Wojtanowicz J. 1993; Dusty deposits (loesses) of the contemporary arctic zone. XX Polar Symposium. *Man impact on polar environment. Lublin, Poland – June, 3–5, 1993*, 463–469.

## SUMMARY

The aim of the research work carried out by the Institute of Soil Science, UMCS Lublin during summer seasons of the period 1986-1993, was to find out the conditions of soil formation and soil forming processes in the arctic region better, as well as to learn soil structural forms together with dynamics of their physical and chemical properties that result from the climatic and floral factors characteristic of the arctic islands.

In the arctic region, also in Spitsbergen, soils are formed by cryogenic processes, soil formation processes, and by lithology. As a result of the influence of cryogenic processes on the soil a vast variety of forms arise. These are mainly surface forms that influence the character of arctic soils. These forms can be divided into three main groups; i.e.: stone rings of different sizes and shapes, polygons delineated by frost fissures, and formations resulting from solifluction. The soil forming processes in the arctic region include mainly the following: the process of the initial stage of development, gleying process, browning, peat formation, alluvial and deluvial processes. This is reflected in the indistinct development of genetic horizons and in a different, specific for the polar region, distribution of nutrients and organic substances. In the arctic region there exists a clear relation between the soil cover and lithology, terrain relief, soil moisture contents and plant cover. It should be stressed that the formation and decomposition of organic substances is far slower there than, for example, in the climatic conditions of Poland.

The soils of Spitsbergen are characterized by a very high content of skeleton. They are also silty, especially if we consider sandy or loam formations. A high content of fine fractions as opposed to a low content of colloidal fractions has also been observed. Increased levels of silty fractions has also been the soil in the arctic region. The soils discussed above are very often of a nearly neutral reaction, or of an alkaline reaction. They contain considerable amounts of magnesium and calcium carbonates. It seems that also a relatively high contents of organic carbon and usually a lower amount of organic matter in peats than observed in the Polish conditions, is also characteristic of them. In the studied soils the content of the available forms of phosphorus and potassium is also low. Areas in which polar fauna stays for longer periods are exceptional in their contents of  $P_2O_5$ .