

CEZARY KABAŁA, JAROSŁAW WAROSZEWSKI, KATARZYNA SZOPKA,
ADAM BOGACZ

GENEZA, WŁAŚCIWOŚCI I ROZPRZESTRZENIENIE STAGNOBIELIC W SUDETACH

ORIGIN, PROPERTIES AND EXTENT OF STAGNIC PODZOLS IN THE SUDETY MOUNTAINS

Instytut Nauk o Glebie i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy
we Wrocławiu

Abstract: Specific soils with the morphology of Podzols, e.g. containing a white eluvial horizon and dark brown illuvial horizon, both having redoximorphic features, are widely distributed in the upper altitude zones of the Sudety Mountains. Redoximorphic features occur in upper and middle parts of the soil profile, while they are absent in the deeper soil layers. This means that reducing conditions in the soil have resulted from the prolonged stagnation of rainwater rather than from a high groundwater table. Surface water is not efficiently drained downward due to the presence of a dense and impermeable layer of stony loam at the depth of 20–40 cm. Accumulation of organic matter on the soil surface leads to the thickening of ectohumus, often with a peaty subhorizon. A new typological unit is proposed to the existing classification of soils in Poland – Stagnobielice (WRB: Stagnic Podzols). Three variants of Stagnobielice were distinguished: proper, mucky, and peaty, differing in wetness of the soil profile and thickness, as well as decomposition rate of the organic layer on the soil surface.

Słowa kluczowe: gleby górskie, *spodic*, *stagnic*, *fragic*, *histic*.

Key words: mountain soils, *spodic*, *stagnic*, *fragic*, *histic*.

WSTĘP

W wyższych partiach Sudetów, od Gór Izerskich na zachodzie po Masyw Śnieżnika na wschodzie, występują gleby mające morfologię biellic, z jasnym poziomem eluwialnym i ciemnobrunatnym poziomem iluwialnym, ale z cechami redoksymorficznymi (oglejeniem) w górnej i środkowej części profilu. Całkowity brak oglejenia w dolnej części profilu wskazuje, że warunki redukcyjne są spowodowane długotrwałym stagnowaniem wód opadowych albo krążeniem wód śródpokrywowych, a nie przez podwyższone zwierciadło wód gruntowych. Okresowy lub stały nadmiar wody w glebach górskich jest zjawiskiem często obserwowanym, warunkowanym przez specyficzne warunki klimatyczne (wysoka roczna suma opadów, której towarzyszy słabsze parowanie wskutek utrzymywania się niższych temperatur), a także czynniki morfologiczne [Kabała 2005]. Rozliczne przejawy nadmiernego uwilgotnienia, w postaci oglejenia masy glebowej lub akumulacji mięzszych

warstw organicznych są opisywane jako charakterystyczne cechy gleb Karkonoszy [Adamczyk i in. 1985; Borkowski i in. 2005; Skiba, Drewnik 1993]. Niestety niektóre typy górskich gleb z cechami reduktomorficznymi nie mają odpowiedniej reprezentacji w obowiązujących klasyfikacjach gleb [Systematyka... 1989; Klasyfikacja... 2000], co bywa powodem rozbieżności w ich opisie, nazywaniu i kartowaniu [Kabała i in. 2002]. Szczególne kontrowersje wzbudzają odgórnie oglejone gleby bielicowe. Według m.in. Borkowskiego i in. [2005], Kabały i Marca [2009], Kuźnickiego i in. [1973], a także Peliška [1974] w najwyższych partiach Sudetów Zachodnich dominują oglejone gleby bielicowe i rankery bielicowane. Tymczasem zdaniem Brogowskiego i in. [1997] gleby opadowo-glejowe Gór Izerskich są mylnie zaliczane do gleb bielicowych na skutek podobieństwa morfologicznego.

Celem niniejszej publikacji jest analiza genezy, pozycji systematycznej oraz roli środowiskowej oglejonych górskich bielic na podstawie zgromadzonych dotychczas danych na temat ich morfologii, uziarnienia i właściwości fizykochemicznych.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

W opracowaniu wykorzystano wyniki badań realizowanych w ramach różnych projektów badawczych w latach 1995–2010 w Sudetach Zachodnich (Góry Izerskie, Karkonosze, Rudawy Janowickie), Środkowych (Góry Sowie, Stołowe i Bystrzyckie) oraz Wschodnich (Masyw Śnieżnika). Uwzględniono ponad 40 profili gleb wytworzonych ze zwietrzelin granitów, granitognejsów, gnejsów, łupków łuszczkowych i piaskowców górnokredowych. W niniejszej pracy zamieszczono jedynie 5 arbitralnie wybranych profili gleb wytworzonych ze zwietrzelin różnych skał macierzystych, położonych w zakresie od Góry Stołowe – 710 m do Równia pod Śnieżką – 1200 m n.p.m. i przejawiających różne warianty właściwości opisywanej grupy gleb. Pasma górskie, w których występują omawiane gleby, charakteryzują się średnią roczną temperaturą powietrza w zakresie od 3 do 6°C oraz średnią roczną sumą opadów w przedziale od 800 do 1200 mm.

Profil 1. Góry Izerskie, Stóg Izerski, wys. 1100 m n.p.m., niemal płaski wierzchołek kopulastego wzniesienia; wystawa NNE, nachylenie 2°; brak wychodni skalnych i głazów na powierzchni; podłoże geologiczne: granitognejs; bór świerkowy silnie zdegradowany, 80-letni, brak podszytu, runo: śmiałek darniowy i borówka czarna; ektopróchnica: mor wilgotny (butwinowo-murszowy).

Profil 2. Karkonosze zachodnie, Mumławski Wierch, wys. 1190 m n.p.m., górna część wypukłego stoku poniżej spłaszczenia wierzchowinowego, wystawa N, nachylenie 5°, kępkowy mikrorelief powierzchni (stare drzewa na kępach o wys. 40–50 cm), brak wychodni i głazów na powierzchni, miejscami zastoiska wody; podłoże geologiczne: granit średnioziarnisty; zdegradowany bór świerkowy (pojedyncze drzewa) >120 lat; odnowienia świerka <5%, runo: na wypłaszczeniach – trawiaste, na mikrowzniesieniach – borówkowe, w zagłębieniach kępy wełnianeczki alpejskiej i mchów *Sphagnum*; ektopróchnica: mor mokry (torfowy).

Profil 3. Karkonosze środkowe, stok poniżej Hali Złotówka, wys. 1200 m n.p.m., górna część wypukłego stoku, wystawa NNW, nachylenie 10°; pokrycie powierzchni głazami 20–25%; podłoże geologiczne: granit równoziarnisty; drzewostan świerkowy (mono-kultura), 80–100 lat, liczne wiatrowały; podrostu i podszytu brak; runo mozaikowe: płaty borówki czarnej, trzcinnika owłosionego oraz śmiałka pogiętego, a także podbiałek alpejski, siódmaczek, przytulia nierównolistna, płaszczeciec, płonnik, kosmatka gajowa, paprocie; ektopróchnica: mor wilgotny (murszowy).

Profil 4. Góry Stołowe, rejon Dziczego Grzbietu, wys. 710 m n.p.m., płaskie podnóże stoku, wystawa NE, nachylenie 3°, brak głazów na powierzchni, okresowo na powierzchni terenu stagnuje woda; podłoże geologiczne: piaskowiec kredowy; bór świerkowy, ok. 60 lat, z minimalną domieszką buka i modrzewia; podszytu brak; runo: borówka czarna, trzcinnik owłosiony, widłoząb, płonnik; ektopróchnica: mor wilgotny (butwinowo-murszowy).

Profil 5. Masyw Śnieżnika, Młyńsko, oddz. 266, wys. 740 m n.p.m., dolna część stoku; wystawa W, nachylenie 27°; brak wychodni i głazów na powierzchni; podłoże geologiczne: gnejs; bór świerkowy, 70 lat, z domieszką buka, brzozy, jarzębu, jawora; podszytu brak; runo mozaikowe: trzcinnik owłosiony, widłoząb, szczawik, paprocie, maliny, siewki jawora i buka; ektopróchnica: mor wilgotny (murszowo-butwinowy).

Przy opisie odkrywek, uwzględniającym zalecenia FAO i ISSS [Guidelines... 2006] szczegółowo charakteryzowano szkieletowość, stopień zwietrzenia i ułożenie odłamków skalnych, strukturę, barwę gleb w systemie Munsella oraz właściwości powierzchniowych poziomów organicznych (ektopróchnic). Wobec problemów z identyfikacją niektórych cech reduktomorficznych w piaszczystym albo w silnie zabarwionym materiale glebowym, stosowano 0,2% α, α -dipirydył do testowania obecności jonów Fe^{2+} (w warunkach redukcyjnych). Rejestrowano ponadto opory penetracji masy glebowej (jako miernik układu, czyli zbitości gleby) w poszczególnych poziomach genetycznych, z użyciem ręcznego penetrometru o zakresie pomiarowym 0–4,5 kG · cm⁻².

W pobranych próbkach gleb (w częściach ziemistych <2 mm) oznaczono m.in.: uziarnienie – metodą sitowo-areometryczną (nazewnictwo grup granulometrycznych według klasyfikacji PTG [2009]), zawartość węgla organicznego – metodą spalania na sucho (Ströhlein CS-mat 5500), pH w wodzie destylowanej i 1M KCl – metodą potencjometryczną, zawartość azotu ogółem – metodą Kjeldahla; kwasowość wymienną – metodą Sokołowa (z miareczkowaniem potencjometrycznym), wymienne kationy zasadowe (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} i Na^{+}) – po ekstrakcji octanem amonu o pH 7,0, żelazo „wolne” (Fe_d) – metodą DCB według Jacksona, „aktywne” (tzw. amorficzne) żelazo (Fe_o) i glin (Al_o) – metodą Tamma w modyfikacji Schwertmanna. Zawartość pierwiastków metalicznych w ekstraktach oznaczano techniką ICP (glin) lub AAS (pozostałe pierwiastki).

WYNIKI BADAŃ

W związku ze znanymi mankamentami niektórych kryteriów identyfikacji biellic w obowiązującej Systematyce gleb Polski [1989], dobór analiz laboratoryjnych i omówienie właściwości gleb oparto na kryteriach morfologicznych i fizykochemicznych międzynarodowej klasyfikacji FAO-WRB [IUSS 2006].

Omawiane gleby cechują się silnie kwaśnym odczynem w całym profilu (tab. 3). Wartości $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ najniższe (w granicach 3,5–3,9) w powierzchniowych poziomach mineralnych (AE lub E) rosną w głąb profilu do 4,3–4,7 na głębokości 50–60 cm. Odczyn podpoziomów ektohumusowych jest na ogół nieco mniej kwaśny niż poziomów AE i Ees (pH wyższe o 0,2–0,3 jednostki), z wyjątkiem płytkich torfów, których odczyn jest silniej kwaśny niż zalegających pod nimi poziomów mineralnych. Kwasowość wymienna układu się w profilach analizowanych gleb w wyraźnej zależności od materii organicznej (tab. 4). Kwasowość generalnie maleje w głąb profilu, ale w poziomach Ees jest zdecydowanie niższa (od 1 do 6 cmol(+) · kg⁻¹) niż w poziomach Bh (od 6 do 14 cmol(+) · kg⁻¹), w których osiąga maksimum. Na głębokości 50–60 cm kwasowość wymienna ma na ogół wartości zbliżone do rejestrowanych w powierzchniowych poziomach eluwalnych. Cechą

TABELA 1. Charakterystyka profili glebowych – TABEL 1. Soil profile characteristic

Poziom Horizon	Głęb. Depth [cm]	Barwa Munsell color	α DP ¹⁾	Uziarnienie Texture ²⁾	Struktura Structure ³⁾	OP PR ⁴⁾ [kPa]	Korzenie Roots ⁵⁾	Przejście ⁶⁾ Boundary
Profil 1 – Góry Izerskie, Profile 1 – the Izerskie Mountains								
Of	16-4	n.o.	n.o.	n.o.	hw	n.o.	n.o.	w
Oh (M)	4-0	10YR 2/1	n.o.	n.o.	ma	n.o.	l	w
Eesg	0-5	10YR 7/1	+	gpż1	d1an	<1	nl	w
Bhsg	5-12	7,5YR 4/4	+	gpż1	s2an	1-2	bl	s
2Bsbrg	12-21	10YR 5/8	+	pygż1	g3an/dp	2	nl	s
2BCx	21-51	10YR 5/6	+	pygż	g3an/dp	>4,5	bn	w
2Cx	51+	10YR 5/6	–	ukpy	g2an	4	br	n.o.
Profil 2 – Karkonosze, Profile 2 – the Karkonosze Mountains								
Otw1	23-18	10YR 5/6	n.o.	n.o.	hg	n.o.	n.o.	w
Otp2	18-0	7,5YR 2/1	n.o.	n.o.	hw-ma	n.o.	l	o, f
Eesg	0-4	7,5YR 6/1	++	gpż2	d1su	<1	nl	w, f
EBg	4-8	7,5YR 4/2	++	gpż2	d2su/an	<1	l	w, f
2Bhoxg	8-12	7,5YR 2/2	+	gpż3	g3dp	2,5	bl	w, f
2Bhsg	12-22	7,5YR 3/4	+	gpż3	bg3dp/an	>4,5	bnl	w
2Bs(t)x	22-47	7,5YR 5/8	–	gpżk3	bg3dp/an	4	br	s
2BCx	47+	10YR 6/5	–	użkg	g2an	n.o.	br	n.o.
Profil 3 – Karkonosze, Profile 3 – the Karkonosze Mountains								
O1	16-14	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	s
Of	14-10	n.o.	n.o.	n.o.	hg	n.o.	l	w
Oh (M)	10-0	7,5YR 2/1	n.o.	n.o.	ma	n.o.	bl	s
AEesg	0-8	7,5YR 4/1	+	pgż1	s1su	<1	bl	w
Eesg	8-16	7,5YR 5/1	++	pgż1	r	<1	nl	w
Bhsg	16-24	5YR 3/1	+	pgż2	s2su	1-2	bl	w
2Bsoxg	24-35	5YR 4/4	+	pgż3	s2an/dp	2-3	l	s
2Bsx	35-55	5YR 5/6	–	pgż3	g3an/dp	3-4	br	s
2BCx	55+	10YR 6/8	–	użkp	g2an	>4,5	br	n.o.
Profil 4 – Góry Stołowe, Profile 4 – the Stołowe Mountains								
O1	10-9	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	s
Of	9-4	n.o.	n.o.	n.o.	hg	n.o.	l	w
Oh	4-0	10YR 2/1	n.o.	n.o.	ma	n.o.	bl	w
AEes	0-4	10YR 3/1	+	pg	d1su	<1	bl	s
Eesg	4-24	10YR 5/2	++	pg	d1su	<1	nl	w
2Bhsxg	24-40	7,5YR 3/2	+	pgżk2	g3dp	>4,5	l	w
3Bsxg	40-68	7,5YR 5/4	+	gpk1	g3an/dp	>4,5	br	s
3BCx	68+	2,5YR 6/3	–	gpk1	g3an/dp	>4,5	br	n.o.
Profil 5 – Masyw Śnieżnika, Profile 5 – the Śnieżnik Massif								
O1	10-9	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	s
Of	9-6	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	w
Oh (M)	6-0	10YR 2/2	n.o.	n.o.	ma	n.o.	l	w
Eesg	0-10	10YR 5/2	++	gpk3	d1su	<1	nl	w
2Bhsg	10-18	7,5YR 3/2	+	pgż2	s3an	1-2	bl	s
2Bsxg	18-56	7,5YR 5/4	+	pgż2	g3an/dp	>4,5	nl	s
2Cx	56+	10YR 5/6	–	gpk3	g3an	3-4	br	n.o.

Wyjaśnienia tab. 1: ¹⁾ α DP – reakcja barwna z α , α -dipirydylem: ++ silna, + widoczna, – brak;
²⁾ uziarnienie: pg – piasek gliniasty, gp – glina piaszczysta, pyg – pył gliniasty, ukpy – utwór kamienisto-pyłowy, użkp – utwór żwirowo-kamienisto-piaszczysty, użkg – utwór żwirowo-kamienisto-gliniasty, ż – żwirowy, k – kamienisty, l – słabo szkieletowy, 2 – średnio szkieletowy, 3 – silnie szkieletowy;
³⁾ struktura: hw – włóknista, ma – mazista, gr – gruzelkowa, su – subangularna, an – angularna, dp – płytkowa, r – rozdzielnoziarnista, d – drobna, s – średnia, g – gruba, bg – bardzo gruba, l – nietrwała, 2 – średnio trwała, 3 – trwała i bardzo trwała; ⁴⁾ OP/PR – opór penetracji; ⁵⁾ korzenie: nl – nieliczne,

charakterystyczną analizowanej grupy gleb jest ubogi kompleks sorpcyjny. Suma wymiennych kationów zasadowych w poziomach mineralnych gleb wytworzonych ze zwietrzelin granitów i piaskowców z reguły nie przekracza wartości $1 \text{ cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$. Tylko w glebach wytworzonych ze zwietrzelin gnejsów i łupków łuszczkowych osiąga $2\text{--}3 \text{ cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$. Skutkiem małej ilości kationów zasadowych jest niskie wysycenie kompleksu sorpcyjnego zasadami, wyjątkowo rzadko przewyższające 30%. Uśredniając uzyskane wyniki można uogólnić, że wysycenie zasadami rośnie w głąb profilu od około 10% przy powierzchni do 25–30% na głębokości 50–60 cm. Jednak najmniejsze wysycenie nie występuje w poziomach E, ale w Bh (z reguły poniżej 10%), co spowodowane jest większą kwasowością wymienną tych poziomów przy relatywnie zbliżonej ilości kationów zasadowych (w porównaniu z poziomami E). Głównym kationem kształtującym pojemność wymiany kationów omawianych bieliec jest glin [Kabała 2005].

Rozmieszczenie materii organicznej w profilu jest typowe dla gleb bielcowych. Podpoziomy ektopróchnicy zawierają od 15 do 40% (i więcej) węgla organicznego, w zależności od rodzaju biomasy, stopnia jej rozkładu oraz obecności namywanego lub nawiewanego materiału mineralnego. Bardzo często (jak w profilach 4 i 5, tab. 3) zawartość węgla organicznego jest w podpoziomie Oh o połowę mniejsza niż w podpoziomie Ol. Zawartość węgla organicznego w poziomach eluwalnych gleb wytworzonych z piaskowców mieści się w zakresie od 0,1 do 0,5%, natomiast w glebach wytworzonych ze zwietrzelin granitów, gnejsów i łupków z reguły jest wyższa niż 1% (nawet do 1,5%), co może być uwarunkowane klimatycznie (bielice wytworzone z piaskowców występują na mniejszych wysokościach n.p.m. niż bielice wytworzone z granitów i gnejsów). Zawartość węgla organicznego w poziomach Bh jest 2–6-krotnie wyższa niż w poziomach E i waha od 1,3% (gleby z piaskowców) do 4–7% (gleby z granitów), a nawet do 10% [Kabała i in. 2008]. Nagromadzenie amorficznej materii organicznej w poziomach Bh niekiedy jest tak duże, że w stanie wilgotnym masa glebowa jest mazista i przypomina mursz lub silnie rozłożony torf [Drozd i in. 1998; Licznar, Mastalska-Cetera 2008]. W poziomach Bhs, Bs i BC zawartość węgla organicznego stopniowo maleje, do 0,4–0,9% na głębokości 50–60 cm.

W profilach badanych gleb występuje bardzo wyraźne zróżnicowanie zawartości „aktywnego” żelaza i glinu (analizowanych w wyciągu szczawianowym), kluczowe dla identyfikacji procesu bielcowania. W poziomach eluwalnych występuje mniej niż 0,1% Fe_0 i 0,1% Al_0 , natomiast w poziomach iluwalnych ich ilość rośnie nawet do 2% Fe_0 i 1,5% Al_0 (tab. 3). Maksimum koncentracji żelaza i glinu aktywnego na ogół nie wypada w tym samym poziomie. O ile bowiem najwyższe stężenia Fe_0 częściej stwierdza się w poziomie Bh, to najwyższe stężenia Al_0 prawie zawsze występują głębiej, w poziomie Bhs lub Bs (tab. 3). W efekcie, wartość wskaźnika iluwacji ($\text{Al}_0 + 1/2\text{Fe}_0$) jest w poziomach Bh od 8–10 razy (w glebach z granitów i gnejsów) do 30 razy (w glebach z piaskowców) większa niż w poziomach Ees i przekracza graniczną wartość 0,5% (w przypadku

Wyjaśnienia tab. 1cd: l – liczne, bl – bardzo liczne, br – brak; ⁶⁾ przejście poziomu: w – wyraźne, s – stopniowe, f – faliste; n.o. – nie obserwowano. Explanation: ¹⁾ α DP – color reaction with α, α -dipiridile: ++ strong, + visible, – no reaction; ²⁾ texture: pg – loamy sand, gp – sandy loam, pyg – silt loam, ukpy – extremely stony silt loam, užkp – extremely gravelly-stony sand, užkg – extremely gravelly-stony loam, z – gravelly, k – stony, l – between 5 and 15% of stones or gravel, 2 – 15–35% of stones or gravel, 3 – 35–60% of stones or gravel; ³⁾ structure: hw – fibrous, a – mucky, gr – granular, su – blocky subangular, an – blocky angular, dp – platy, r – loose, d – fine, s – medium, g – coarse, bg – very coarse, 1 – weak, 2 – moderate, 3 – strong; ⁴⁾ OP/PR – penetration resistance; ⁵⁾ roots: nl – few, l – common, bl – abundant, br – absent; ⁶⁾ horizon boundary: w – clear, s – gradual, f – wavy; n.o. – not observed.

TABELA 2. Skład granulometryczny gleb (według klasyfikacji PTG 2008)

TABLE 2. Particle-size distribution (according to classification PTG 2008)

Poziom Horizon	Głęb. Depth [cm]	Udział frakcji (%) – Particle-size distribution (%) [mm]										Suma – Sum (%)		
		>2,0	2,0 1,0	1,0- 0,5	0,5- 0,25	0,25- 0,1	0,1- 0,05	0,05- 0,02	0,02- 0,05	0,05- 0,02	<0,002	2,0- 0,05	0,05- 0,002	<0,002
Profil 1 – Góry Izerskie, Profile 1– the Izerskie Mountains														
Eesg	0-5	6	1	17	10	15	11	23	14	6	3	54	43	3
Bhsg	5-12	11	1	11	12	15	15	22	15	4	5	54	41	5
2Bsbrg	12-21	10	1	6	9	14	10	25	23	3	9	40	51	9
2BCx	21-51	20	1	3	6	13	9	22	36	6	5	31	64	5
Profil 2 – Karkonosze, Profile 2 – the Karkonosze Mountains														
Eesg	0-4	30	6	18	19	15	6	12	12	6	6	64	30	6
EBg	4-8	35	5	16	19	18	10	12	12	4	4	68	28	4
2Bhoxg	8-12	42	5	15	20	16	14	12	14	2	2	70	28	2
2Bhsg	12-22	48	6	17	18	19	9	11	13	4	3	69	28	3
2Bs(t)x	22-47	37	5	18	15	10	8	12	22	7	3	56	41	3
2BCx	47+	41	7	15	14	10	9	17	18	7	7	55	42	3
Profil 3 – Karkonosze, Profile – the Karkonosze Mountains														
AEesg	0-8	15	14	15	15	16	13	12	8	5	2	73	25	2
Eesg	8-16	10	16	18	18	17	12	7	5	5	2	81	17	2
Bhsg	16-24	20	17	19	21	15	9	5	5	6	3	81	16	3
2Bsoxg	24-35	40	12	14	20	17	13	9	6	6	3	76	21	3
2Bsx	35-55	50	15	12	21	20	11	8	6	4	3	79	18	3
2BCx	55+	70	13	16	18	18	13	9	8	3	2	78	20	2
Profil 4 – Góry Stołowe, Profile 4 – the Stołowe Mountain														
AEes	0-4	2	3	7	16	37	12	9	9	5	3	74	23	3
Eesg	4-24	3	6	9	16	37	10	6	7	5	3	79	18	3
2Bhsxg	24-40	26	22	8	11	26	11	8	6	3	5	77	17	5
3Bsxg	40-68	15	7	7	13	31	7	12	11	7	5	65	30	5
3BCx	68+	10	3	6	12	30	11	16	12	4	6	62	32	6
Profil 5 – Masyw Śnieżnika, Profile 5 – the Śnieżnik Massif														
Eesg	0-10	40	5	18	14	19	14	11	9	7	3	70	27	3
2Bhsg	10-18	30	2	17	15	13	25	13	8	3	3	73	24	3
2Bsxg	18-56	35	3	19	15	20	16	15	7	3	2	73	25	2
2Cx	56+	40	5	24	14	19	12	15	5	5	1	74	25	1

prezentowanych profili: 0,6–1,55%). Wartość wskaźnika iluwacji w poziomach BhS/Bs mieści się w zakresie od 0,7 do 1,7%, co oznacza jeszcze większe nagromadzenie aktywnych form żelaza oraz, przede wszystkim, glinu. Zawartość Fe_o i Al_o w poziomach BC i C jest zdecydowanie niższa niż w poziomach iluwialnych, ale nie aż tak niska jak w eluwialnych.

Przynależność analizowanych gleb do bielic/gleb bielicowych nie zawsze jest jednoznaczna według Systematyki gleb Polski [1989], jednak wszystkie profile spełniają kryteria morfologiczne oraz chemiczne podzoli według klasyfikacji WRB [IUSS 2006]. Kluczowe znaczenie ma identyfikacja poziomów diagnostycznych *spodic* i *albic*. W bielicach wytworzonych ze zwietrzelin piaszczystych Gór Stołowych poziomy eluwialne mają miąższość 8–12 cm [Kabała i in. 2002], niekiedy nawet do 20 cm (jak w profilu 4,

TABELA 3. Odczyn i podstawowe właściwości chemiczne
TABLE 3. Soil reaction and basic chemical properties

Poziom Horizon	Głębokość Depth [cm]	Corg. OC [%]	C:N	pH _{H2O}	pH _{KCl}	Fe _o %	Al _o	Al _o + 1/2Fe _o	Fe _o /Fe _d
Profil 1 – Góry Izerskie, Profile 1 – the Izerskie Mountains									
Of	16-4	30,5	n.o.	3,7	3,1	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
Oh (M)	4-0	29,5	18	3,5	3,1	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
Eesg	0-5	1,52	10	3,4	3,0	0,015	0,062	0,07	0,28
Bhsg	5-12	3,90	11	3,6	3,2	1,25	0,41	1,04	0,69
2Bsbrg	12-21	2,52	12	3,8	3,4	1,95	0,46	1,43	0,89
2BCx	21-51	0,70	n.o.	4,1	3,8	0,39	0,58	0,78	0,59
2Cx	51+	0,35	n.o.	4,3	3,9	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
Profil 2 – Karkonosze, Profile 2 – the Karkonosze Mountains									
Otw1	23-18	44,1	n.o.	3,4	3,0	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
Otp2	18-0	36,2	28	3,6	3,1	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
Eesg	0-4	1,17	24	3,9	3,6	0,012	0,041	0,05	0,87
EBg	4-8	2,38	20	3,9	3,5	0,014	0,19	0,20	0,39
2Bhoxg	8-12	7,17	n.o.	3,9	3,6	1,09	0,35	0,89	0,75
2Bhsg	12-22	1,53	n.o.	4,2	3,8	2,03	0,45	1,46	0,98
2Bs(t)x	22-47	0,41	n.o.	4,3	4,0	0,41	0,24	0,45	0,66
2BCx	47+	0,33	n.o.	4,4	4,1	0,17	0,20	0,28	0,40
Profil 3 – Karkonosze, Profile 3 – the Karkonosze Mountains									
O1	16-14	35,9	n.o.	3,7	3,1	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
Of	14-10	42,1	n.o.	3,9	3,2	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
Oh (M)	10-0	27,0	16	3,7	3,1	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
AEesg	0-8	2,97	26	4,1	3,4	0,26	0,16	0,29	0,77
Eesg	8-16	0,92	n.o.	4,1	3,4	0,13	0,08	0,15	0,83
Bhsg	16-24	3,87	n.o.	3,5	3,2	1,26	0,41	1,04	0,89
2Bsoxg	24-35	2,45	n.o.	4,3	3,7	0,89	0,45	0,90	0,84
2Bsx	35-55	1,03	n.o.	4,4	3,9	0,30	0,38	0,53	0,60
2BCx	55+	0,73	n.o.	4,5	3,9	0,19	0,33	0,43	0,44
Profil 4 – Góry Stołowe, Profile 4 – the Stołowe Mountains									
O1	10-9	41,5	n.o.	3,4	2,7	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
Of	9-4	33,8	n.o.	3,2	2,5	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
Oh	4-0	28,4	n.o.	3,4	2,6	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
AEes	0-4	0,89	28	3,6	2,9	0,044	0,052	0,07	1,35
Eesg	4-24	0,10	10	3,8	3,2	0,021	0,012	0,02	0,68
2Bhsxg	24-40	1,26	21	3,7	3,3	0,73	0,24	0,60	0,81
3Bsxg	40-68	1,02	n.o.	4,2	3,8	0,58	0,42	0,71	0,64
3BCx	68+	0,38	n.o.	4,5	3,8	0,33	0,25	0,41	0,56
Profil 5 – Masyw Śnieżnika, Profile 5 – the Śnieżnik Massif									
O1	10-9	36,4	n.o.	3,5	2,9	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
Of	9-6	25,7	n.o.	3,4	2,7	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
Oh	6-0	15,5	29	3,3	2,4	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
Eesg	0-10	1,28	18	3,6	2,7	0,07	0,12	0,15	0,16
2Bhsg	10-18	4,4	12	3,8	3,1	1,75	0,67	1,55	0,79
2Bsxg	18-56	8,2	34	4,4	3,9	0,97	1,25	1,74	0,99
2Cx	56+	10,85	n.o.	4,7	4,3	0,31	0,56	0,71	0,44

Objaśnienia: Fe_o, Al_o – żelazo i glin oznaczane w ekstrakcie, Fe_d – żelazo "wolne" w ekstrakcie dwutleninowo-cytrynianowym. Explanation: Fe_o, Al_o – iron and aluminium in an oxalate extract, Fe_d – "free" iron in a citrate-dithionite buffer

TABELA 4. Kwasowość wymienna gleb i pojemność wymiany kationów
TABLE 4. Soil acidity and cation exchange capacity

Poziom Horizon	Głębokość Depth [cm]	Kw cmol ⁺ · kg ⁻¹	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	S -Sum	T - ECEC	V - BS %
Profil 1 – Góry Izerskie, Profile 1 – the Izerskie Mountains									
Oh (M)	4-0	10,2	0,56	0,51	0,16	0,14	1,37	11,5	13
Eesg	0-5	3,40	0,25	0,15	0,08	0,04	0,52	3,92	12
Bhsg	5-12	9,80	0,38	0,12	0,14	0,04	0,68	10,5	7
2Bsbrg	12-21	8,00	0,31	0,11	0,12	0,08	0,62	8,62	7
2BCx	21-51	2,88	0,19	0,07	0,11	0,04	0,41	3,29	13
Profil 2 – Karkonosze, Profile 2 – the Karkonosze Mountains									
Eesg	0-4	1,04	0,34	0,10	0,05	0,03	0,52	1,6	33
EBg	4-8	2,75	0,34	0,13	0,05	0,04	0,56	3,3	17
2Bhoxg	8-12	4,96	0,30	0,13	0,06	0,03	0,52	5,5	10
2Bhsg	12-22	3,40	0,24	0,12	0,05	0,04	0,44	3,8	12
2Bs(t)x	22-47	1,09	0,25	0,13	0,06	0,05	0,49	1,6	31
2BCx	47+	0,81	0,24	0,12	0,06	0,04	0,46	1,3	37
Profil 3 – Karkonosze, Profile 3 – the Karkonosze Mountains									
AEesg	0-8	4,48	0,80	0,25	0,04	0,07	1,16	5,64	21
Eesg	8-16	3,36	0,80	0,23	0,03	0,06	1,12	4,48	25
Bhsg	16-24	11,2	0,72	0,24	0,06	0,05	1,07	12,3	9
2Bsoxg	24-35	6,06	0,70	0,22	0,04	0,06	1,02	7,08	14
2Bsx	35-55	2,34	0,56	0,22	0,03	0,04	0,85	3,19	27
2BCx	55+	1,90	0,64	0,21	0,03	0,02	0,90	2,80	32
Profil 4 – Góry Stołowe, Profile 4 – the Stołowe Mountains									
AEes	0-4	7,80	0,40	0,10	0,07	0,05	0,62	8,42	7
Eesg	4-24	3,08	0,40	0,12	0,06	0,06	0,64	3,72	17
2Bhsxg	24-40	13,9	0,40	0,12	0,08	0,05	0,65	14,5	5
3Bsxg	40-68	8,85	0,30	0,11	0,10	0,05	0,56	9,41	6
3BCx	68+	6,00	0,40	0,18	0,10	0,06	0,74	6,74	11
Profil 5 – Masyw Śnieżnika, Profile 5 – the Śnieżnik Massif									
Eesg	0-10	6,12	1,44	0,35	0,25	0,14	2,18	8,30	26
2Bhsg	10-18	13,1	1,60	0,43	0,31	0,16	2,50	15,6	16
2Bsxg	18-56	5,72	1,60	0,41	0,29	0,13	2,43	8,15	30
2Cx	56+	3,54	1,40	0,28	0,24	0,11	2,03	5,57	36

Objaśnienia: Kw – kwasowość wymienna, S – suma wymiennych kationów zasadowych, T – efektywna pojemność wymiany kationów, V – wysycenie kationami zasadowymi. Explanation: Kw – exchangeable acidity, Sum – sum of exchangeable base cations, ECEC – effective cation exchange capacity, BS – base saturation

tab. 1). W bielicach wytworzonych ze zwietrzelin granitów i gnejsów, poziomy Ees są mniejszej grubości, od 4 do 10 cm. W glebach zalesionych stoków w reglu górnym Karkonoszy poziom eluwialny ma zmienną miąższość, a miejscami prawie zupełnie zanika, czego prawdopodobną przyczyną są liczne wiatrowały, których uniesione systemy korzeniowe rozrywają ciągłość powierzchniowych warstw gleby. Poziomy eluwialne są wyraźnie jasno zabarwione, co w systemie Munsella przekłada się na jasność 5–7 i nasycenie 1–2 (w odcieniach 7,5YR lub 10YR). Nawet w warstwach nieciągłych, wyraźne są kilkucentymetrowe soczewki lub pasma o podanej wyżej barwie, co odpowiada kryteriom poziomu diagnostycznego *albic* [IUSS 2006]. Poziomy eluwialne mają na ogół bardzo nietrwałą i drobną strukturę blokową subangularną lub angularną, rzadziej rozdzielnioziarnistą. Układ gleby jest pulchny lub nawet luźny, co przejawia się minimalnymi oporami penetracji, zawsze <1 kG · cm⁻² (tab. 1).

W badanych glebach występują różne warianty poziomów B, różniące się miąższością, barwą, zawartością substancji organicznej, żelaza, glinu oraz strukturą i układem (zbitością). Odcień barwy poziomów B prawie zawsze jest nieco bardziej czerwony (7,5YR lub 5YR) niż poziomów A, E oraz C (gdzie dominuje 10YR). Odrębne poziomy Bh, jeśli występują, mają miąższość około 4 cm i barwę niemal czarną (jasność i nasycenie 2). Poziomy Bhs mają większą miąższość, od 7 do 12, a niekiedy nawet do 16 cm i barwę w odcieniu 7,5YR lub nawet 5YR, oraz o jasności 3 i nasyceniu od 1 do 4 (tab. 1). Struktura poziomów Bh i Bhs jest angularna lub płytkowa, przeważnie średnio- lub gruboagregatowa i trwała. W zależności od zawartości materii organicznej oraz typu struktury, opory penetracji wahają się od 1–2 do 4 (i więcej) $\text{kG} \cdot \text{cm}^{-2}$. Analizując łącznie kryteria odczynu, ilości węgla organicznego, barwy i miąższości, a dodatkowo również zawartości aktywnego żelaza i glinu w poziomach Bh i Bhs badanych gleb należy podkreślić, że wszystkie spełniają wymagania poziomu diagnostycznego *spodic*.

Cechą charakterystyczną dolnej części poziomów Bs oraz poziomów przejściowych BC jest gruboagregatowa i trwała struktura angularna lub płytkowo-angularna i zbity albo bardzo zbity układ, któremu towarzyszą bardzo duże opory penetracji, z reguły $>4,5 \text{ kG} \cdot \text{cm}^{-2}$. Poziom ten jest ekstremalnie trudny do przekopania i stanowi barierę dla korzeni roślin oraz wody. Z reguły korzenie świerka wyściełają jego strop (w obrębie poziomów Bh i Bhs) i nie wnikają głębiej lub tylko wzdłuż nielicznych nieciągłości (na przykład przy ścianach gładów i większych odłamków skalnych). Agregaty strukturalne wydobyte na powierzchnię nie są scementowane i dość łatwo ulegają rozpadowi po namoczeniu w wodzie. Zbitością, strukturą i nieprzepuszczalnością dla korzeni, a także brakiem scementowania, warstwa ta przypomina poziom *fragic* [IUSS 2006].

Najistotniejszą cechą odróżniającą badane gleby od typowych bielicy i gleb bielcowych jest obecność cech związanych z warunkami redukcyjnymi. Masa glebowa w poziomach eluwalnych ma w całej objętości charakterystyczny stalowy odcień (na mokro), a po przeschnięciu barwa zawsze staje się bardziej brunatna („kawowa”). W stanie świeżym wykazuje bardzo wyraźną reakcję z α, α -dipirydylem. Niekiedy, ale tylko w glebach o uziarnieniu pyłowo-gliniastym występują miękkie nagromadzenia (pieprze) manganowe lub żelazisto-manganowe. W poziomach Bh, a szczególnie Bhs występuje mozaika barw redukt- i oksymorficznych, która uzupełnia żelaziste lub żelazisto-próchniczne oskorupienia (otoczki) na powierzchniach zewnętrznych agregatów strukturalnych (płytek). Niekiedy w górnej lub środkowej części poziomu B występuje cienka (1–3 mm) warstewka żelazista (*thin iron pan, placic* [IUSS 2006]), całkowicie nieprzepuszczalna dla korzeni i wody. Cechy redoksymorficzne stopniowo zanikają w poziomie Bs, a jeśli występuje warstewka *placic*, na ogół występują tylko nad nią. W poziomach BC oraz C oglejenie już nie jest zauważalne, i nie występuje reakcja barwna z α, α -dipirydylem lub jest bardzo słaba. Wiosną w lata normalne oraz przez większą część roku w lata wilgotne (na przykład w roku 2010) utrzymuje się wyraźny kontrast wilgotności w profilu badanych gleb: poziomy Ees oraz Bh są wilgotne lub mokre, poziomy Bhs – wilgotne, natomiast wilgotność poziomów Bs, BC i C określana jest jako świeża. Nierzadko w trakcie kopania odkrywek obserwuje się wypływy wód śródpokrywowych – wyłącznie z poziomów Ees lub Bh. W skrajnych przypadkach, napływająca woda w ciągu kilku godzin wypełniała całą odkrywkę. Równocześnie w żadnej z odkrywek nie stwierdzono zwierciadła wód gruntowych zalegającego lub wahającego się w dolnej części profilu.

Efektorem dużej wilgotności mineralnych poziomów powierzchniowych jest obecność grubych ektopróchnicy typu mor z czarnym i mazistym na mokro, a na sucho przypominającym mursz podpoziomem epihumusowym Oh, o miąższości od 4 do

kilkunastu centymetrów. W części profili występuje warstwa organiczna murszowo-torfowa lub w całej miąższości torfowa z kępami mchów *Sphagnum* i wełnianką (lub wełnianeczką) na powierzchni. W trakcie charakterystyki terenowej wyróżniono trzy warianty ektopróchnic:

1) mor średnio wilgotny (butwinowy) z dominującym podpoziomem butwinowym Of i murszowym epihumusowym podpoziomem Oh o miąższości do 10 cm (na terenach niedawno odlesionych ektopróchnica może mieć przejściowo charakter moder-moru butwinowego),

2) mor wilgotny z murszowym podpoziomem Oh o miąższości ponad 10 cm,

3) mor mokry z podpoziomami murszu lub torfu silnie rozłożonego, przykrytymi torfem średnio lub słabo rozłożonym, o łącznej miąższości ponad 10 cm.

W wariantach 1 i 2 nie występuje roślinność torfotwórcza, która przynajmniej mozaikowo obecna jest w wariantach 3 – ektopróchnic torfowych. Jeśli warstwa organiczna ma łączną grubość ponad 10 cm, to ektopróchnicom w wariantach 1 można przypisać określenie *folic*, w wariantach 2 – *folic* lub *histic* (w zależności od stopnia przesuszenia warstwy murszowej i całej warstwy organicznej), a ektopróchnicom w wariantach 3 – określenie *histic* [IUSS 2006].

DYSKUSJA

Nie ulega wątpliwości, że w analizowanych glebach występują równocześnie dwa zjawiska: bielicowanie, potwierdzone profilowym rozmieszczeniem substancji organicznej i aktywnych form żelaza i glinu, oraz oglejenie (cechy redoksymorficzne), ujawniające się w warunkach redukcyjnych spowodowanych (okresowym) nadmiarem wody w profilu. Równoczesność bielicowania i oglejenia jest zdaniem Zajdelmana [2010] typową cechą borealnych podzołów, z którymi gleby wyższych położen górskich mogą być do pewnego stopnia korelowane. Omawiane gleby bielicowe bez wątpienia są oglejone, ale nie mieszczą się w polskich charakterystykach glejobielic [Klasyfikacja... 2000, Systematyka... 1989]. Najważniejszą różnicą jest lokalizacja strefy oglejonej w profilu glebowym. Definicje gleb glejobielicowych w krajowych klasyfikacjach przewidują płytkie występowanie poziomu glejoiluwalnego (Bhf_{eg}) ponad całkowicie oglejoną skałą macierzystą (znakowaną symbolem G). W cytowanych definicjach mowa jest o (oddolnym) oglejeniu gruntowym, powodowanym przez wody gruntowe, których zwierciadło stałe lub okresowo podnosi się względnie blisko powierzchni gleby (bezpośrednio jako zwierciadło swobodne lub przez silny podsiak kapilarny). Tymczasem w analizowanych glebach górskich nadmiar wody występuje wyłącznie w przypowierzchniowych warstwach gleby, jest to więc „powierzchniowa” woda opadowa lub roztopowa. Sezonowe stagnowanie wody albo jej śródpokrywowy przepływ w górnej części profilu spowodowane są obecnością trudno przepuszczalnej warstwy glebowej w środkowej części profilu. Jak wykazano, warstwa ta ma cechy poziomu *fragic* [IUSS 2006] lub *Fragipan* [USDA 2010]. Obydwie klasyfikacje międzynarodowe zakładają jednak pedogeniczną genezę warstwy nieprzepuszczalnej, podczas gdy jej wyraźnie płytkowa struktura sugeruje raczej powstawanie w warunkach peryglacjalnych, zgodnie z klasyczną argumentacją Fitzpatricka [1956], ugruntowaną w koncepcji serii peryglacjalnych pokryw stokowych [Altermann i in. 2008]. Podobnie masywnym i niescementowanym warstwom (*hardpan*) w bielicach wytworzonych z piaskowców w hrabstwie Devon, Loveland i Clayden [1987] również przypisują genezę peryglacjalną. Wątpliwości co do natury

omawianych warstw, a także możliwości nazywania ich *fragic* lub *fragipan* wynikają po części z faktu, że definicje tych poziomów oparte są na badaniach gleb wytworzonych z lessów i glin zwałowych, a nie górskich pokryw zwietrzelinowych. W badanych glebach Sudetów warstwy te mają bardzo zróżnicowane uziarnienie – od piasków gliniastych, przez gliny piaszczyste do pyłów gliniastych, lecz ich cechą wspólną jest niewielka zawartość ilu – na ogół nieprzekraczająca 5%. Rozstrzygnięcie wątpliwości wymaga przeprowadzenia dalszych badań, przede wszystkim z wykorzystaniem metod mikromorfologicznych. Tymczasowym rozwiązaniem może być używanie bardziej ogólnego określenia *densic* [IUSS 2006].

Nawiązanie w niniejszej dyskusji do koncepcji serii peryglacialnych pokryw stokowych nie jest przypadkowe, gdyż nie ulega wątpliwości, że badane gleby nie wytworzyły się z jednorodnego materiału zwietrzelinowego, ale raczej z dwu- lub trójczłonowych serii przeobrażonych utworów stokowych [Kabała i in. 2008; Kowalkowski, Degórski 2005]. Na podstawie kryteriów granulometrycznych (proporcje piaszkowych i pyłowych frakcji ziemistych), szkieletowości ogólnej, układu odłamków szkieletowych i stopnia ich zwietrzenia oraz obtoczenia można stwierdzić, że poziomy eluwialne (AE, E) i w większości przypadków również poziomy Bh wytworzyły się w płytkiej, piaszczystej i przepuszczalnej warstwie powierzchniowej, którą można utożsamiać z pokrywą górną *Oberlage* (*Oberdecke*, *Obersegment*) [Altermann i in. 2008]. Natomiast głębsze poziomy genetyczne zlokalizowane są w wietrzeniowej lub wietrzeniowo-soliflukcyjnej pokrywie stokowej, którą można utożsamiać z niemiecką *Basislage* (*Basisdecke*, *Basissegment*), w stropie której zidentyfikować można cechy pokrywy głównej *Hauptlage* (*Mitteldecke*) z poziomami Bhs i Bs (celowo pominięto stosowany tu zazwyczaj symbol Bv [Altermann i in. 2008; Kowalkowski, Degórski 2005]). Koncepcja serii pokryw stokowych, choć nie ma bezpośredniego zastosowania do gleb położonych w badanej części Sudetów, wskazuje pierwotną przyczynę stagnowania wód opadowych w górnej części profilu glebowego, którą jest geogeniczne, a więc zastane, a nie pedogeniczne zróżnicowanie cech litologicznych i przepuszczalności profilu glebowego [Lorz i in. 2010]. Należy przy tym zastrzec, że okresu występowania warunków peryglacialnych (szczególnie w Karkonoszach) i kształtowania pokryw stokowych nie ogranicza się wyłącznie do plejstocenu, gdyż jeszcze w niektórych fazach holocenu aktywność procesów morfogenetycznych mogła być duża [Jahn 1963; Pelisek 1974]. Po drugie, założone na wstępie pierwotne, litologiczne zróżnicowanie pokryw stokowych nie wyklucza następczych pedogenicznych przekształceń uziarnienia lub przepuszczalności wodnej profilu glebowego, czego przykładem jest powstanie warstewki żelazistej *placic*, hamującej ruch wody skuteczniej niż poziom *fragic*.

Niezależnie od genezy i nomenklatury warstwy nieprzepuszczalnej, której strop występuje już na głębokości 20–40 cm poniżej powierzchni gleby mineralnej, faktem pozostaje długotrwałe zawieszenie wód opadowych w powierzchniowych warstwach profili badanych biellic. Jednak charakter tych wód oraz powodowane przez nie skutki również nie poddają się prostej klasyfikacji. Długotrwałość zawieszenia wód w niektóre lata („przekropne”) powoduje pełne nasycenie masy glebowej ponad warstwą nieprzepuszczalną i rozwijanie się oglejenia typu strefowego, a nie mozaikowego. Ponadto słabe ukształtowanie agregatowej struktury w piaszczysto-szkieletowej glebie (przy szczególnie niskiej zawartości ilu) skutkuje brakiem typowego barwnego zróżnicowania między mikrostrefami redukto- i oksydormorficznymi, diagnostycznego dla tzw. stagnoglejowej mozaiki barw [IUSS 2006]. Wobec tego rozróżnianie określenia „stagnoglejowy” od „gruntowoglejowy” opiera się wyłącznie na identyfikacji czynnika sprawczego, czyli rodzaju

wód, a nie specyficznych cech identyfikowalnych w profilu glebowym. W takiej sytuacji bardziej poprawne byłoby nierozdzielanie typów oglejenia gruntowego i opadowego, a porzucenie na identyfikacji warunków redukcyjnych i oglejenia jako takiego, wzorem warunków *aquic* oraz podrzędu *Aquods*, jak ustalono w *Soil Taxonomy* [USDA 2010]. Jednak takie podejście powinno być konsekwentnie zastosowane w całej systematyce, w odniesieniu do wszystkich wyróżnionych typów gleb, a nie tylko do bielic.

Biorąc pod uwagę dotychczasową tradycję różnicowania typów oglejenia oraz dyskutowane obecnie rozwiązania, opierające się na rodzaju wód „sprawczych” i lokalizacji stref oglejonych w obrębie profilu glebowego, proponuje się wprowadzenie nowej jednostki typologicznej do Systematyki gleb Polski – stagnobielic. Stagnobielic mają wszystkie cechy diagnostyczne bielic (wobec tymczasowego braku jednoznacznych kryteriów krajowych opieramy się na wymaganiach dla grupy *Podzols* według WRB [IUSS 2006]), to jest poziom diagnostyczny *spodic*, nad którym na ogół występuje poziom *albic*, a ponadto są oglejone w poziomach powierzchniowych z powodu stagnowania wód opadowych (roztopowych) ponad nieprzepuszczalną warstwę mającą cechy *fragic* (lub *fragipan*). Szczegółowe określenie wymaganej głębokości występowania oglejenia i ekspresji innych cech diagnostycznych powinno być ustalone w zgodności z ogólnymi kryteriami obowiązującej klasyfikacji gleb. Należy się spodziewać, że stagnobielic w proponowanym ujęciu będą glebami głównie obszarów górskich i wyżynnych, gdzie występują niezbędne warunki dla regularnego i długotrwałego stagnowania wód opadowych i roztopowych w górnej części profilu. Nie oznacza to, że stagnobielic nie mogą występować na niżu, jednak wybitnie ujemny klimatyczny bilans wodny na nizinym obszarze Polski przeciwdziała rozwijaniu się oglejenia odgórnego w glebach piaszczystych, nawet niecałkowitych (podścielonych utworami zwięźlejszymi). Stagnobielic mają łatwo identyfikowalne odpowiedniki w klasyfikacjach międzynarodowych: *Aquods* (*Fragiaquods*) w *Soil Taxonomy* [USDA 2010] oraz *Stagnic Podzols* (*Fragic*) w WRB [IUSS 2006]. Gleby bielicowe z odgórnym oglejeniem nie są specyficzne dla Europy i w ostatnich latach opisywane były na obszarach górskich różnych stref klimatycznych [Alvarez-Arteaga i in. 2008; Jien i in. 2010].

Możliwe jest dalsze wyodrębnienie trzech wariantów stagnobielic, różniących się wilgotnością profilu glebowego, decydującą o miąższości i charakterze powierzchniowej warstwy organicznej, a także o charakterze siedliska:

– *stagnobielic typowe*, mające wszystkie wymagane cechy diagnostyczne stagnobielic oraz ektopróchnicę typu moder-mor lub mor o dowolnej grubości, w której epihumusowy podpoziom Oh ma miąższość <10 cm,

– *stagnobielic murszowe*, mające wszystkie cechy diagnostyczne stagnobielic oraz ektopróchnicę typu mor (najczęściej wilgotny) z epihumusowym, murszowym podpoziomem Oh o miąższości >10 cm,

– *stagnobielic torfowe*, mające wszystkie cechy diagnostyczne stagnobielic oraz ektopróchnicę typu mor mokry, torfowy, o miąższości ponad 10 cm.

W charakterystykach badanych gleb nie przypadkowo pomijano poziom próchniczny A, któremu w obowiązujących krajowych klasyfikacjach [Klasyfikacja... 2000; Systematyka... 1989] przypisuje się istotne znaczenie diagnostyczne, nawet jeśli ma minimalną miąższość, co pozostaje w sprzeczności z klasyfikacjami międzynarodowymi [IUSS 2006; USDA 2010]. Z obserwacji autorów wynika, że miąższość poziomu A w naturalnych górskich glebach bielicowych wykazuje dużą zmienność przestrzenną, do

całkowitego zaniku włącznie, na obszarze mierzonym w metrach kwadratowych, i nie ma żadnego przełożenia na inne cechy morfologiczne, jak miąższość poziomu E lub głębokość występowania stropu poziomu Bh. Rozróżnianie zasięgów gleb bielcowych i bielci w trakcie robót glebowo-kartograficznych na obszarach górskich o urozmaiconym mikroreliefie jest w praktyce na ogół niemożliwe wobec wzajemnego przenikania się (mikro-)konturów tych gleb. Poziom A tworzy się często przez wymieszanie warstw powierzchniowych wokół naturalnych wykrotów lub wskutek sztucznego karczunku i w toku procesu bielcowania stopniowo ulega przeobrażeniu w szary poziom *albic*. Z logiki procesu bielcowania wynika, że poziom A jest warstwą przejściową lub zanikającą, a więc nie mającą znaczenia diagnostycznego. Dlatego, w celu uniknięcia sztucznego mnożenia liczby jednostek typologicznych, autorzy proponują wyróżnianie jednej jednostki – stagnobielic i pominięcie kryteriów diagnostycznych związanych z samym poziomem próchnicznym A, na rzecz powierzchniowych poziomów organicznych.

Prawdopodobnie najbardziej rozpowszechnionym wariantem wśród trzech wyróżnionych powyżej są stagnobielice typowe, natomiast warianty murszowe i torfowe reprezentują mozaikowo rozproszone siedliska o większej wilgotności lub stale nadmiernie wilgotne. Stagnobielice występują w Sudetach przede wszystkim w Karkonoszach, ale zwarte, rozległe ich zasięgi z całą pewnością można wyróżnić również w Górach Izerskich, Górach Stołowych i w Masywie Śnieżnika. Lokalnie, w sprzyjających warunkach topograficznych, spotykane są również w wierzchowinowych partiach Rudaw Janowickich, Gór Sowich i Bystrzyckich.

W strefie subalpejskiej Karkonoszy stagnobielice występują w obrębie „podtorfiałych” płatów kosówki (*Pinetum mughi sudeticum*), a także pod murawami bliźniczyskowymi (*Carici rigidae-Nardetum*) w strefie przejściowej do torfowisk wysokich. Granicę stagnobielic i gleb torfowych wyznacza osiągnięcie przez powierzchniową warstwę organiczną minimalnej grubości umożliwiającej zaliczenie gleb do torfowych – w Systematyce gleb Polski [1989] co najmniej 30 cm, w klasyfikacji WRB [IUSS 2006] – minimum 40 lub 60 cm (w zależności od gatunku torfu).

Jest wielce prawdopodobne, że stagnobielice są w Sudetach dominującym typem gleb w strefie regla górnego na ubogich krzemianowych skałach macierzystych. Porośnięte są w tej strefie uwarunkowaną klimatycznie górnoreglową świerczyną sudecką (*Calamagrostio villosae-Piceetum = Plagiothecio-Piceetum hercynicum*). Matuszkiewicz [2002] wyróżnia trzy odmiany tego zbiorowiska leśnego: typową, wilgotną i torfowcową, które prawdopodobnie korelują z proponowanymi odmianami stagnobielic, czego jednak dotychczas nie potwierdzono.

W wyższych partiach regla dolnego, przede wszystkim w Górach Izerskich, Stołowych i w Masywie Śnieżnika stagnobielice występują pod dolnoreglowym borem świerkowym lub świerkowo-jodłowym (*Abieti-Piceetum*), gdzie mogą być podłożem dla wilgotnych i mokrych odmian tego zbiorowiska leśnego [Matuszkiewicz 2002]. Wydaje się, że na niektórych obszarach – szczególnie w reglu dolnym Gór Stołowych na podłożu piaszczystym – stagnobielice występują też pod borami mieszanymi. Czynnikiem prawdopodobnie podnoszącym siedliskową wartość stagnobielic na tym obszarze jest płytkie występowanie poziomów B o zwięźlejszym uziarnieniu i większej zasobności niż powierzchniowe poziomy E. Jednoznaczne potwierdzenie tych spostrzeżeń jest jednak utrudnione przez fakt absolutnej dominacji sztucznych monokulturowych plantacji świerkowych na całym obszarze Gór Stołowych.

WNIOSKI

1. W wyższych partiach Sudetów dominują bielice oglejone wyłącznie w górnej części profilu glebowego.
2. Odgórne oglejenie górskich bielic spowodowane jest długotrwałym stagnowaniem wód opadowych i roztopowych ponad zbitą warstwą o cechach *fragipan*, której niekiedy towarzyszy nieprzepuszczalny poziom *placic*.
3. Omawiane gleby różnią się genezą, morfologią i właściwościami fizykochemicznymi od glejobielic, dlatego postuluje się wyodrębnienie nowej jednostki typologicznej w Systematyce gleb Polski – stagnobielice z trzema odmianami (typową, murszową i torfową).
4. Uwarunkowane klimatycznie i geomorfologicznie stagnobielice są prawdopodobnie dominującą jednostką glebową górnoeglowych siedlisk borowych na ubogim podłożu skał granitowych, gnejsowych i piaskowcowych w Sudetach.

LITERATURA

- ADAMCZYK B., BARAN S., BORKOWSKI J., KOMORNICKI T., KOWALIŃSKI S., SZERSZEŃ L., TOKAJ J. 1985: Gleby. W: Karkonosze polskie. Jahn A. (red.) Wyd. PAN Zakł. Narod. Ossolińskich, Wrocław: 77–86.
- ALTERMANN M., JÄGER K.D., KOPP D., KOWALKOWSKI A., KÜHN D., SCHWANECKE W. 2008: Zur Kennzeichnung und Gliederung von periglaziär bedingten Differenzierungen in der Pedosphäre. *Waldekologie Landschaftsforschung Naturschutz* 6: 5–42.
- ÁLVAREZ ARTEAGA G., GARCÍA CALDERÓN N. E., KRASILNIKOV P. V., SEDOV S. N., TARGULIAN V. O., VELÁZQUEZ ROSAS N. 2008: Soil altitudinal sequence on base-poor parent material in a montane cloud forest in Sierra Juárez, Southern Mexico. *Geoderma* 144: 593–612.
- BORKOWSKI J., SZERSZEŃ L., KOCOWICZ A. 2005: Gleby Karkonoszy. W: MIERZEJEWSKI M. P. (red.) Karkonosze. Przyroda nieożywiona i człowiek. Wyd. UW, Wrocław: 353–379.
- BROGOWSKI Z., BORZYSZKOWSKI J., GWOREK B., OSTROWSKA A., POREBSKA G., SIENKIEWICZ J. 1997: Charakterystyka gleb wylesionych obszarów Gór Izerskich. *Rocz. Glebozn.* 48, 1-2: 111–124.
- DROZD J., LICZAR M., WEBER J., LICZAR S. E., JAMROZ E., DRADRACH A., MASTALSKA-CETERA B., ZAWERBNY T. 1998: Degradacja gleb w niszczonej ekosystemach Karkonoszy i możliwości jej zapobiegania. PTSH, Wrocław: 1–125.
- FITZPATRICK E. A. 1956: An indurated soil horizon formed by permafrost. *J. Soil Sci.* 7, 2: 248–257.
- GUIDELINES FOR SOIL DESCRIPTION 2006: 4rd Edition. FAO. Rome: 97 ss.
- IUSS 2006: World Reference Base for Soil Resources 2006. 2nd edition, *World Soil Resources Reports* 103, FAO, Rome: 1–122.
- JAHN A. 1963: Gleby strukturalne Czarnego Grzbietu i problem utworów pylastych w Karkonoszach. *Acta Univ. Wratislav.* 9: 55–65.
- JIEN S. H., WU S. P., CHEN Z. S., CHEN T. H., CHIU C. Y. 2010: Characteristics and pedogenesis of podzolic forest soils along a toposequence near a subalpine lake in northern Taiwan. *Botanical Studies* 51: 223–236.
- KABAŁA C. 2005: Geneza, właściwości i występowanie gleb bielcowych w zróżnicowanych warunkach geologicznych Dolnego Śląska. *Zesz. Nauk. AR Wrocław* 519: 1–169.
- KABAŁA C., BOGACZ A., WAROSZEWSKI J., OCHYRA S. 2008: Wpływ pokryw stokowych na morfologię i właściwości bielci subalpejskiego piętra Karkonoszy. *Rocz. Glebozn.* 49, 1: 90–99.
- KABAŁA C., MARZEC M. 2009: Pudy Jizerskich hor. W: Jizerskie hory. KARPAS R. (red.). Nakladelstvi RK, Liberec, Republika Czeska: 250–257.
- KABAŁA C., SZERSZEŃ L., WICIK B. 2002: Geneza, właściwości i systematyka gleb Parku Narodowego Gór Stołowych. W: Gleby Parku Narodowego Gór Stołowych. Szerszeń L., Kabała C. (red.). Monografia, *Szczeliniec* 6: 21–94.
- KLASYFIKACJA GLEB LEŚNYCH POLSKI 2000: CILP, Warszawa: 1–123.
- KOWALKOWSKI A., DEGÓRSKI M. 2005: Biogeomorfologiczna odrębność górskich strukturalnych gleb rdzawych bielcowych. *Probl. Zagosp. Ziem Górskich* 52: 7–15.

- KUŹNICKI F., BIAŁOUSZ S., SKŁODOWSKI P., ŻAKOWSKA H. 1973: Typologia i charakterystyka gleb górskich obszaru Sudetów. *Rocz. Glebozn.* **24**, 2: 27–84.
- LICZNAR S. E., MASTALSKA-CETERA B. 2008: Organic matter characteristics of the Bh Podzol horizon formed under various subalpine plant communities in the Karkonosze Mountains. *Polish J. Soil Sci.* **41**: 13–21.
- LORZ C., FRUEHAUF M., MAILANENDER R., PHILIPS J. 2010: Lithologic discontinuities in cover beds influencing soil evolution and soil properties. *Geophysical Research Abstracts*, EGU General Assembly 2010, Vienna, **12**: 6368–6370.
- LOVELAND P. J., CLAYDEN B. 1987: A hardpan podzol at Yarnier Wood, Devon. *Europ. J. Soil Sci.* **38**, 2: 357–367.
- MATUSZKIEWICZ J. M. 2002: Zespoły leśne Polski. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa: 1–358.
- PELIŠEK J. 1974: Půdy Krkonosskeho Narodniho Parku. *Opera Corcontica* **11**: 7–35.
- POLSKIE TOWARZYSTWO GLEBOZNAWCZE 2009: Klasyfikacja uziarnienia gleb i utworów mineralnych – PTG 2008. *Rocz. Glebozn.* **60**, 2: 5–16.
- SKIBA S., DREWNIK M. 1993: Gleby zdegradowanych ekosystemów wybranych rejonów Karkonoszy. W: Karkonoskie Badania Ekologiczne, IE PAN, Dziekanów Leśny: 93–102.
- SYSTEMATYKA GLEB POLSKI 1989: *Rocz. Glebozn.* **40**, 3/4: 1–155.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA) 2010: Keys to Soil Taxonomy. By Soil Survey Staff. 11th edition. Washington, DC, Natural Resources Conservation Service, USDA: 1–332.
- ZAJDELMAN F. R. 2010: Forms of acid hydrolysis and gley formation and their role in the development of light-colored acid eluvial (Podzolic) horizons. *Eurasian Soil Sci.* **43**, 4: 357–367.

Dr hab. Cezary Kabala, prof. UP
Instytut Nauk o Glebie i Ochrony Środowiska,
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu,
50-357 Wrocław, ul. Grunwaldzka 53,
e-mail: cezary.kabala@up.wroc.pl