

VÝVOJ GIRLANDOVÝCH PŮD V BELANSKÝCH TATRÁCH

1. DOSAVADNÍ VÝSLEDKY VÝZKUMŮ GIRLANDOVÝCH PŮD U NÁS

V posledních několika letech byla věnována značná pozornost tvarům t. zv. amorfní soliflukce, které podle T. Sørensen a (l. c. C. Troll) netvoří pravidelnou granulometrickou strukturu svrchní plochy zemského povrchu, jak je tomu u půd strukturních, ale zato určité povrchové tvary. K nim náleží i girlandové půdy. Výzkum girlandových půd se soustředil hlavně na území Belanských Tater, kde je popsal J. Sekyra (11, 12, 13), J. Pelíšek (8, 9) a J. Ksandr (3). Byly však zjištěny J. Sekyrou i ve Vysokých Tatrách a J. Ksandr (5) v Nízkých Tatrách. Tvar girlandových půd byl uvedenými autory na všech zjištěných výskytech přesně popsán. Podle nich je možno za girlandové půdy považovat terasovitě uspořádané stupně s více méně ukloněnými nebo vodorovnými plochami, které jsou pokryty drobnějším šterkem nebo kameny a jsou bez vegetace. Svislou část stupňů tvoří drnová obruba, tvořená zástupci vysokohorské vegetace alpských luk (holí).

C. Troll (15), který ve své obsáhlé práci věnoval girlandovým půdám poměrně malou pozornost, rozeznal v Alpách dva typy jejich forem. Předně girlandové půdy tvořené jemnými zeminami, které vznikly tokem půdy zvětralinové vrstvy téměř prosté příměsí ssutě. Pro tento typ, označený v německé literatuře termínem Rasenwälzer nebo Fließerdeterassen, doporučil používat názvu homogenní girlandové půdy (homogenne Girlandenboden). Ve Vápencových Alpách je vyvinut další typ girlandových půd. U nich užší drnové obruby obloukovitě nebo nepravidelně zprohýbané uzavírají pole tvořená ssutí nebo kameny, která jsou bez vegetace. C. Troll se domníval, že vznikly sklouzáváním drnu po vodou přesyčené ssutí a jeho shrnutím v jakýsi polštář, který pohybuje se ssutí zadržoval. Pro tento typ navrhl název půdní girlandy (Erdgirlanden). Konečně rozeznal ještě další typ girlandových půd, který je charakteristický tím, že poličko tvořené hlinitým materiálem je olemováno šterkem nebo kameny. Pro tento typ navrhl termín kamenité girlandy (Steingirlanden nebo Blockgirlanden).

V terminologii uvedených typů girlandových půd není však v literatuře jednotnosti a není také stejný názor na jejich vznik. Podobná nejednotnost v terminologii je i v naší literatuře. J. Pelíšek (8), který podal klasifikaci mrazových půd, aniž použil základního rozdělení mrazových půd na půdy strukturní a půdy vzniklé amorfní soliflukcí, rozeznal v Belanských Tatrách dva typy girlandových půd, a to:

1. terasovitě půdy polokruhovitě až oválné s terasami v šířce 0,30—0,50 m a délce podle tvaru 0,70—3,0 m,

2. terasovitě půdy pásové, u nichž šířka kamenných pruhů dosahuje 0,4—0,8 m a délka několika metrů, ba až 20 m.

V přechodu do prudších svahů přecházejí oba typy v půdy úzce pruhovité čili brázděné, které jsou podle něho dalším typem mrazových půd. Půdní povrch je

u nich tvořen užšími pruhy vápencové ssutě, které se střídají s hlinitým humusovým materiálem pokrytým drnem trav. Dřn s humusovou půdou je buď souvislý, nebo kopečkovitý. Pruhy jsou orientovány po spádnicí a hlinité pruhy s vegetací, 10—20 cm široké, jsou vyklenuty nad kamenitými pruhy.

Z Peliškovy klasifikace není dosti patrné, zda půdy úzce pruhovité považuje za další typ půd girlandových, nebo je pokládá za obdobné půdám brázděným, které popsal J. K u n s k ý a Q. Z á r u b a (4) v Krkonoších. C. T r o l l (15) rozlišil celkem dva typy brázděných půd. Prvním je typ polární s nepravidelným průběhem širokých kamenitých a hlinitých pruhů, kterému zcela odpovídají fosilní brázděné půdy v Krkonoších. Druhý typ se vyznačuje úzkými, sotva několik decimetrů širokými pruhy šterku a jemnozeme, které jsou v paralelním a téměř přímočarém seskupení. Vyskytují se ve vysokohorských polohách subtropů. Hlinité pruhy jsou zcela bez vegetace. Půdy vznikají denní soliflukcí, která je vyvolávána střídáním objemových změn jemnozeme při zamrzání a rozmrzání během noci a dne, a která způsobuje třídění materiálu v horizontálním směru.

V Belanských Tatrách jsou sice hlinité pruhy mezi šterkovými pásy rovněž vyklenuty nad jejich povrch, ale jsou v každém případě pokryty živou drnovou poduškou. A pod ní rozhodně nemůže probíhat diferenciální soliflukce, t. j. pohyb hrubších půdních částic nebo kamenitých úlomků, vyzdvižených půdním ledem, směrem k okrajům sousedních kamenitých pruhů. Domnívám se proto, že termín půdy úzce pruhovité, brázděné, který odpovídá německému *Steinstreifenboden* nebo *Erdstreifenboden*, není vhodný, neboť se ho již použilo pro strukturální půdy. Jak uvidíme dále, je možno půdy úzce pruhovité v Belanských Tatrách zařadit do půd girlandových, vznikajících na příkřejších svazích ne tak účinkem mrazu, jako spíše účinkem jiného klimatického prvku a jiných činitelů.

Peliškovo zařazení terasovitých půd do dvou druhů girlandových půd podle jejich tvarových vlastností je správné, neboť v Belanských Tatrách se s oběma typy skutečně setkáváme a jsou i velmi nápadné. Jeho klasifikace však nepřihlíží k dynamice jejich vývoje. Oba druhy mohou být totiž jen jedním z vývojového stadia girlandových půd a spojením jednotlivých šterkových políček mohou v dalším jejich vývoji vzniknout terasovité půdy pásové. V Belanských Tatrách lze spíše rozlišovat girlandové půdy, jejichž kamenitá pole probíhají ve směru vrstevnicového a pak tvoří převážně více méně vodorovné terásky, a druhé, jejichž kamenité pruhy jsou ukloněny ve směru sklonu svahu, ne však výhradně po spádnicí. Bližší-li se jejich průběh spádnicí, pak svah obvykle neterasují. Poněvadž první často přecházejí ve druhé, ba přímo přesně na sebe navazují, je již z toho zřejmé, že jde o jeden genetický typ, jehož tvarové odlišnosti jsou podmíněny sklonem povrchu, na němž se vyvíjel, a rozličným účinkem některých z činitelů, kteří mají podstatný vliv na jejich vývoj.

J. K s a n d r (3) vysvětlil různé tvary girlandových půd na Kopském sedle různým stupněm jejich vývoje. Přistoupil tím k jejich genetické klasifikaci, aniž uznával typy, a rozlišil v jejich vývoji celkem čtyři etapy, charakteristické typickými tvary.

1. *Počáteční stadium* vývoje je podle něho příznačně vznikem poněkud rozšířených trhlin v souvislé drnové pokrývce.

2. Ve stadiu *rozvoje* se trhliny rozšiřují směrem po svahu a drnové obruby se začínají stáčet a vzpříkřovat. Povrch teras, které již vznikají, je pokryt šterky a kameny.

3. Stadium *zralosti* je příznačně dokonalým vytvořením a zarovnáním teras. Z drnů zbývají více či méně příkré drnové obruby.

4. *Zánikové stadium* — *kryoplanace* — je typické tím, že z původního souvislého vegetačního krytu, který se ve stadiu zralosti ztenčil na pouhé drnové obruby, zbyly jen drnové ostrůvky se všech stran obnažené. Na povrchu země naprosto převládá ssuť.

Z předchozích uvedených možných forem girlandových půd je vidět, že definice, jakou jsme si uvedli na počátku této kapitoly, naprosto nedostačuje k tomu, aby vystihla všechny jejich možné tvarové vlastnosti. Není také snadné definici stručně a výstižně podat. K tomu, abychom určité půdní tvary označili jako girlandové půdy, nebudou jistě dostačující jen kritéria tvarová, ale též kritéria genetická. Je však jistě příznačným rysem všech girlandových půd to, že polička lemovaná drnem, ať již jsou jakkoliv ukloněná, jsou buď vůbec vegetace prostá, nebo jen řídké porostlá druhy rostlin naprosto odlišných od těch, které najdeme na drnových obrubách. Druhým příznačným rysem jsou již zmíněné drnové obruby, podobné různě zprohybanému květinovému závěsu — girlandě.

2. NÁZORY O PŘÍČINÁCH VZNIKU A VÝVOJE GIRLANDOVÝCH PŮD

Již C. Troll (15) se zmínil o tom, že vznik girlandových půd nebyl dopud uspokojivě a jasně vysvětlen (t. j. do roku 1944). Někteří autoři se domnívali, že vznikly tokem půdy na horských svazích, jiní je považovali za tvary, jejichž vznik je podmíněn mrazem. C. Troll (15) a podobně i J. Sekyra a J. Ksandr je zařadili do tvarů amorfní soliflukce. Podle C. Trolle není působení mrazu na vznik těchto tvarů tak významné a převládající jako u forem diferenciální soliflukce. Při jejich vzniku se mohou uplatnit i jiní činitelé, jako erose sněhové vody a ledu, nerovnoměrné rozložení sněhové pokrývky, různý vzrůst a humusové produkty vegetace, větrná erose a pod. Tvary amorfní soliflukce vznikají v pásmu subniválního klimatu na humusových nebo rašelinných půdách, případně i na půdách minerálních, ale vždy pokrytých hustou vrstvou bylinné vegetace. Dominujícím činitelem ve vývoji girlandových půd v Alpách je soliflukce a účinky mrazu na obnažený povrch, které vyvolávají další jevy. Je však třeba si uvědomit, že význam pojmu soliflukce v Alpách není možno ztotožňovat s původním jejím významem, jak jej chápal a do literatury uvedl J. G. Anderson. Ten si představoval pod pojmem soliflukce pomalý nepřetržitý pohyb polárních půd po stále zmrzlém podloží, který se podobá toku husté kašovité hmoty. Soliflukci v Alpách se rozumí denní soliflukce, jak ji chápal C. Troll (15).

Z našich autorů se genese girlandových půd zabýval J. Sekyra (10, 12) a zvláště J. Ksandr (3). Srovnáme-li výsledky jejich závěrů, vidíme, že základem jejich výkladů je domněnka o působení jehlovitého ledu jako dominujícího činitele v celkovém vývoji girlandových půd, při čemž vítr jen podporuje jeho účinky, nebo se uplatňuje až v poslední fázi vývoje při odstraňování zbytků vegetační pokrývky. Druhého důležitého činitele spatřují v soliflukci drnu a rozbreklé vrstvy obnažené zeminy.

Je nesporné, že J. Ksandr přispěl k teorii o vývoji girlandových půd v Belanských Tatrách novými cennými poznatky. Pohlížel na ně jako na vyvíjející se a recentní tvary, při čemž použil známé W. M. Davisonovy metody dělení vývoje tvarů zemského povrchu do tří stadií. Další velmi cenný poznatek přinesl postřehnutím skutečnosti, že k nejrychlejšímu vývoji i destrukci girlandových půd

dochází na místech, kde sněhová pokrývka izoluje půdní horizont od vlivů jehlovitého ledu nejkratší dobu. A to je tam, kde je sníh nejvíce odfoukáván zimními a jarními větry. O možných účincích větru na sněhu zbavenou plochu obnaženou zeminy v období časného horského jara nebo na podzim však již neuvažoval.

Poněvadž vznik půdního ledu a jeho možné účinky nejsou v podání J. Ksandra ani J. Sekyry dost jasné a jsou v rozporu se zkušenostmi nabytými v mechanice zemin, považují za vhodné zmínit se poněkud obšírněji o jevech, které vznikají mrznutím zeminy.

V první řadě je nutno si uvědomit, že na lokalitách girlandových půd v Belanských Tatrách působí mráz ve vrstvě humusové rendziny, dosahující mocnosti až 0,3 m, a světlé rendziny bez humusu, která je vyvinuta pod ní a kterou můžeme označit jako hlinitou ssut, neboť obsahuje značné množství drobných i větších úlomků vápenců. Podle P e l í š k e m (8) provedeného zrnitostního rozboru vzorků odebraných ze zemitých okrajů girland na Bujačím vrchu je vidět, že tu jde o zeminy hlinitého a jílovitého rázu s vlastnostmi soudržnosti, plastičnosti a bobtnavosti.

Pronikání nízkých teplot do takových vlhkých zemin je provázáno vznikem a růstem krystalů ledu. Růst je způsoben přesunem vody a jejím nassáváním z hlubší vrstvy půdy, jejíž teplota je nad 0°C . Tento pohyb vody v mrznoucí zemině si můžeme vysvětlit takto:

Je-li při teplotách pod 0°C v zeminách volná voda, mrzne při teplotě blízké 0°C . Ledové krystalky, které takto vzniknou, jsou odděleny od povrchu zemních částic blankami sorpční vody, tedy vody vázané molekulárními silami. Molekuly vázané vody tvoří hydratační obaly kolem iontů difusní vrstvy čili iontové atmosféry, která obklopuje pevné jádro koloidní částice — micelu — a jsou k ní jistým způsobem poutány. Následkem toho nabývá voda v obalech vyšší hustoty a vazkosti, a protože v ní panuje vyšší tlak, může přejít do pevného skupenství až při značně nižších teplotách. Snižuje-li se teplota zeminy dále pod 0°C , dojde k přitahování vody z okolí vodních blanek k ledovým krystalům. Tyto molekuly vody se vtěsňají do krystalové mřížky, která roste ve směru ubývajícího tepla. Přitom se zvyšuje koncentrace iontů v blankách vázané vody (záporné ionty difusních blanek) a vzniká rozdíl osmotických tlaků mezi blankami promrzající oblasti a blankami té části zeminy, která není ještě promrzlá. Vlivem těchto rozdílů v osmotických tlacích se vázaná voda pohybuje směrem do oblasti promrzání. Zvýšený pohyb molekul vody pokračuje do té doby, pokud není přerušena spojitost vodních blanek s namrzající oblastí.

Narůstáním ledových krystalů v zamrzající vrstvě se tvoří v soudržných hlinitých a jílovitých zeminách čocky a vrstvičky ledu, které dosahují tloušťky od několika mm až do 30 mm. Tloušťka a počet těchto ledových vrstviček závisí na mechanických a chemických vlastnostech půdy, na její vlhkosti v době zamrzání, na teplotách půdy v průběhu zamrzání a pod. Lze však říci, že čím níže klesají teploty zamrzající vrstvy a čím je půda vlhčí, tím silnější a ve větším množství čocky vznikají. Vznikem ledových vrstviček a čocěk nastává zvětšení objemové váhy zeminy, které se projevuje zvednutím jejího povrchu. O promrzání zemin viz (1, 2, 6).

K teorii o vymrzání kamenů účinkem jehlovitého ledu, jak ji podal podle cizí literatury J. S e k y r a (12), lze tedy dodat, že ledové čocky nebo vrstvičky vznikají ne tak pod kameny hlinité ssuti, jako spíše přímo v hlinách a dále ne v ob-

dobí rozmrzání zeminy, ale v době jejího promrzání, t. j. v době snižujících se teplot. Názor o vertikálním pohybu kamenů v hlinité ssuti při jejím střídavém mrznutí a rozmrzání je patrně odvozen ze zkušeností nabytých při stavbách na trvale zmrzlé půdě. Tam skutečně dochází k nadzvedávání zaražených kúlů nebo základů lehčích staveb, které má trvalý ráz. Domnívám se však, že tento poznatek lze těžko aplikovat na kameny v hlinité ssuti, na něž v hloubce několika centimetrů pod povrchem působí tlak nadložní hlíny nebo ssuti, který jistě vyvolává jejich opětné sesednutí. Nelze sice zcela vyloučit možnost vertikálního pohybu kamenů, ale není možné jej připustit v tak velké míře, a to zvláště při vzniku kamenitých polí girlandových půd.

Z uvedených poznatků o procesech probíhajících v zamrzající zemině je třeba podtrhnout dvě skutečnosti. Za první, že čím dosáhne teplota půdy nižších hodnot, tím více se nahromadí v zamrzlé vrstvě ledových čoček a vrstviček. A za druhé, čím větší množství ledu je v půdě, tím se půda stává v době rozmrzání seshora rozbrědlejší. Tento poznatek můžeme aplikovat v Belanských Tatrách na místa, kde sněhová pokrývka dosáhne nejmenší mocnosti.

3. VLIV VĚTRŮ NA VÝVOJ GIRLANDOVÝCH PŮD V BELANSKÝCH TATRÁCH

Na místech, kde se vyskytují girlandové půdy, najdeme některé tvary, jejichž vznik si rozhodně nemůžeme vysvětlit jen účinkem půdního nebo jehlovitého ledu. Situace takových tvarů je většinou na přechodu typicky vyvinutých girlandových půd do území pokrytého souvislou drnovou pokrývkou. Tak na př. v sedle mezi Bujačím vrchem a Košiary na lokalitě popsané J. Sekyrou (11) najdeme na svahu vystupujícím ke Košiarům četné menší nebo větší oválné i protáhlé brázdy, vyhloubené v drnu i ve vrstvě půdy. Některé z nich jsou otevřené směrem na sever, jiné jsou však zcela uzavřené. Jsou bez vegetace a hluboké až přes 0,2 m. Jejich šířka odpovídá šířce typických kamenitých políček girland. Ploché dno tvoří tmavá až černá humusová rendzina, u hlubších i podložní světlá rendzina. Štěrkovitý materiál buď zcela chybí, nebo se vyskytuje na dně brázdy jen v malém množství. Drnová obruba brázd je na straně proti svahu a na straně jižní jakoby podkopávána a někdy nahoru přehrnuta. V některých brázdách najdeme drn na okraji pole převislý až po její dno, takže je za ním dutý prostor. Všechny brázdy jsou protažené ve směru S-J, t. j. paralelně s kamenitými terasami girland (obr. 1, 2). Některé dvě brázdy v tomto směru sousedící jsou již téměř spojeny, nebo jejich spojení zabraňuje jen úzký pruh podkopaného drnu. Často je i vidět, a to nejen na této, ale i na ostatních lokalitách, že brázdy jsou v pokračování pruhů dobře vyvinutých a ssutí pokrytých teras typických girlandových půd.

Jak si můžeme vysvětlit vznik těchto brázd zcela uzavřených vysokou obrubou drnu vysokohorských druhů trav? Je na první pohled jasné, že tu jde o počáteční vývojové formy girlandových půd. Podle dosavadní teorie o jejich vývoji (J. Ksandr a J. Sekyra) postrádáme na dně brázd ssutové úlomky, které sem měly být jehlovitým ledem vynešeny z podloží, kde v hlinité ssuti jsou velmi četné. To znamená, že jehlovitý led sa na jejich vývoji oním účinkem, jak bylo dosud našimi autory předpokládáno, vůbec neuplatnil. Který tedy z činitelů uplatňujících se v jejich vývoji způsobil odstranění jemnozemě vrstvy černé humusové rendziny? Myslím, že odpověď na tuto otázku je jasná. Mohl to být pouze vítr, který vyvál půdu z místa, které bylo v drnové pokrývce obnaženo. Vyvátí půdy mohlo nastat



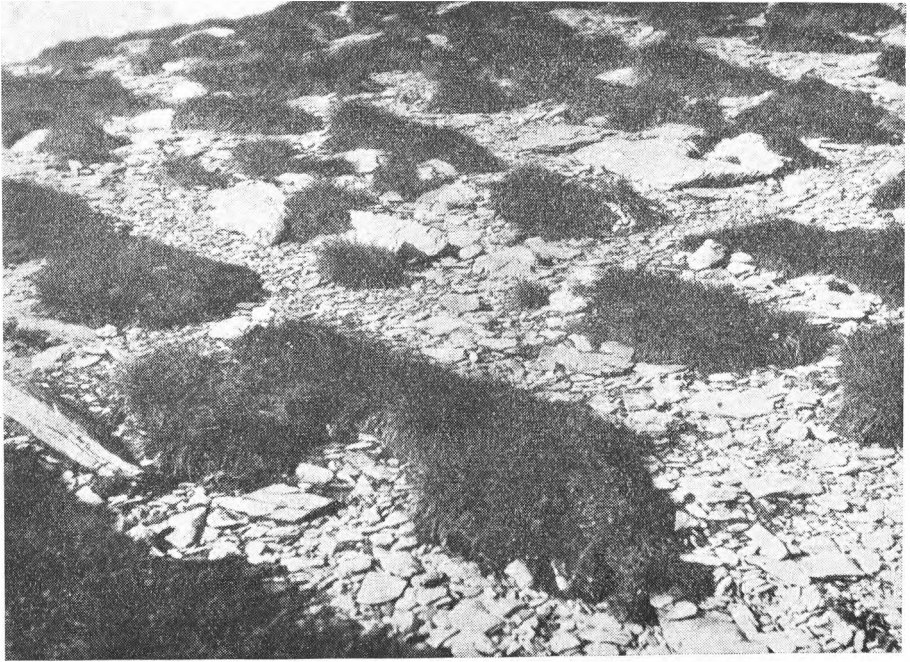
Obr. 1. Vývoj brázd a teras girlandových půd. V popředí stadium mládí, v pozadí přechod ke stadiu zralosti. Sedlo mezi Bujačím vrchem a Kosiary.

v době, kdy povrch půdy byl mrazem nakypřen a vysušen. Ze zkušenosti víme, že nakypření všech druhů půd mrazem a vysušení jejich povrchu, vyvolané jak vymrznáním vody, tak i jejím vypařováním, nastává ponejvíce na jaře po tání sněhu. Na povrchu suchá půda je pak nesoudržná a rozpadavá, a proto může být větrem snadno odváta.

O větru jako o rozhodujícím činiteli ve vývoji girlandových půd nás přesvědčuje i směr podélné osy brázd mezi drnem i vyvinutých a kameny pokrytých teras nebo pásů a nakonec i zeměpisné rozšíření girlandových půd v Belanských Tatrách.

Nejdříve bych se však chtěl zmínit alespoň stručně o větrných poměrech Belanských Tater. Pro naše účely bude zcela postačovat uvést směry větrů vanoucích v jarních (III.—V.) a podzimních (IX.—XI.) měsících, t. j. v obdobích, kdy se mohou ve vývoji girlandových půd nejvíce uplatňovat. Poněvadž z našeho území nemáme k dispozici pozorovací klimatický materiál, musíme se spokojit s údaji z blízkého Lomnického štítu (2634 m), které jistě budou postačovat pro informaci. Není vyloučeno, že větrné poměry hřebenové polohy Belanských Tater se od poměrů na vrcholu Lomnického štítu poněkud liší. Dá se však předpokládat, že rozdíl nebude tak velký, zvláště pak u větrů vanoucích od západu až severu. Četnost výskytu směru větrů v jarním a podzimním období mě ochotně zapůjčil J. O t r u b a (7), který se speciálně zabýval větrnými poměry Slovenska.

V tab. 1 a 2 je uvedeno rozložení četnosti směru větrů na Lomnickém štítě podle klimatických pozorování (7, 14, 21 hod.) za desetileté období 1941—1944, 1947—



Obr. 2. Stadium zralosti a počátečního stáří ve vývoji girlandových půd.
Sedlo mezi Bujačím vrchem a Košiary.

Tabulka 1
Jaro (III.—V. měsíc)

	S	SV	V	JV	J	JZ	Z	SZ	C	Součet
	374,0	95,0	103,5	108,0	238,5	369,0	574,0	687,0	211,0	2760
%	13,6	3,4	3,8	3,9	8,6	13,4	20,8	24,9	7,6	100

$S+SZ+Z+JZ = 72,4\%$ a pouze z výskytu větrů 78,6%

Podzim (IX.—XI. měsíc)

	S	SV	V	JV	J	JZ	Z	SZ	C	Součet
	310,0	97,0	97,5	120,5	264,0	383,0	610,0	634,0	214,0	2730
%	10,9	3,6	3,6	4,4	9,7	14,0	22,3	23,2	7,8	100

$S+SZ+Z+JZ = 70,7\%$ a pouze z výskytu větrů 76,9%

T a b u l k a 2

Jaro (III.—V. měsíc). Rychlost větru ≥ 6 Beauf. st.

	S	SV	V	JV	J	JZ	Z	SZ	Součet
	93,5	9,0	—	0,5	6,5	17,5	112,5	206,5	446
%	21,0	2,0	—	0,1	1,4	3,9	25,2	46,3	100
S + SZ + Z + JZ = 96,4%									
Podzim (IX.—XI. měsíc). Rychlost větru ≥ 6 Beauf. st.									
	S	SV	V	JV	J	JZ	Z	SZ	Součet
	55,0	13,5	1,5	4,5	12,0	32,0	123,0	186,5	428
%	12,8	3,2	0,4	1,1	2,8	7,5	28,7	43,6	100
S + SZ + Z + JZ = 92,6%									

1952, a to pro jarní a podzimní období. V tab. 2 je uvedena četnost výskytu větrů o síle ≥ 6 Beauf. st. za totéž období.

Z tab. 1 je vidět, že v uvažovaných ročních obdobích převládají větry se západní složkou, při čemž nejčastěji vanou větry severozápadní. Naprostá převaha západní složky je u větrů silných, které se v procesu vývoje girlandových půd jistě uplatňují nejvíce.

Podle sdělení J. Otruby převládá i na obou stranách hřebene Belanských Tater v polohách nad 1700 m výskyt větrů se západní složkou, převážně severozápadních. U silných větrů (o síle ≥ 6 Beauf. st.) převládají rovněž větry se západní složkou a z těch opět nejvíce větry severozápadní.

Vraťme se však opět k poměrům na lokalitách girlandových půd. Není možné, abych se zmiňoval podrobně o všech. Uvedu proto jen poměry na největších z nich, které jsou různě exponované. Všimněme si nejdříve východního a severovýchodního hřebene Bujačího vrchu (1950 m), kde popsal girlandové půdy již J. Sekyra (2). Typické terasy girland se tu vyvinuly a vyvíjejí v pruhu sotva několik metrů širokém podél výrazné hřebenové čáry na severním a západním svahu hřebene. Dolů po svahu přecházejí v pásové girlandy, které svah již neterasují. I ty se však pomalu vytrácejí a mění se v holou ssuť, která v určité výšce ostře přechází v souvislý travnatý pokryv. Výškový rozdíl mezi hřebenovou čarou a dolní hranicí ssuť je sotva několik desítek metrů, při čemž se zvětšuje směrem k vrcholu Bujačího. Jak směr terások těsně pod hřebenem, tak i směr pásových girland na svahu je naprosto stejný a přechod jedné ve druhé se děje bez přerušení. Tento směr je v průběhu celého hřebene stále téměř severozápadní až severní. Na celém svahu je velmi nápadné, že pásové girlandy se neshodují směrem sklonu se spádnicí, ale tvoří s ní ostrý úhel. V nižší části hřebene směru SV je tento ostrý úhel na straně SV, a tedy na straně sklonu hřebene, kdežto ve

vyšší části hřebene směru ZV je ostrý úhel na straně západní, a tedy na straně zvyšujícího se hřebene. Menší rozdíl ve směru průběhu kamenitých pásů a drnových obrub lze vysvětlit tím, že při jejich vývoji se kromě severozápadních až severních větrů uplatňoval i směr sklonu svahu, který vyvolával při mikrosofilukci stěn brázd jejich pomalý postupný posun proti sklonu svahu. Odchytku směru pásů girlandových půd od spádnice bez představy o silném účinku převládajících větrů si nemohu zatím jinak vysvětlit.

U hřebenové čáry najdeme podobné počáteční formy girlandových půd jako v sedle pod Bujačím vrchem. Do drnem porostlé půdy se vřezávají podlouhlé brázdy s podkopanými drnovými okraji na straně hřebenu a na straně protisklonné. U některých nenajdeme dosud na povrchu jejich dna žádnou ssuť, u některých je menší počet úlomků dolomitických vápenců, které často leží na zbytku humusové rendziny. S popsányými tvary se ponejvíce setkáme v nižší části hřebene (obr. 4, 5). V jeho vyšší části jsou pásy girland tvořeny až těsně po hřebenovou čáru převážně jen hrubšími ssutovými úlomky a kameny, které často spočívají přímo na skalním podloží.

Přisoudíme-li větru prvořadý účinek ve vzniku a vývoji girlandových půd, snadno si vysvětlíme, proč girlandové půdy končí na severním svahu vrcholové části Bujačeho vrchu poměrně ostrou hranicí, aniž pokrývají svah až po samý vrchol. S vrcholu Bujačeho spadá totiž k severu málo výrazný hřeben, který v nižších polohách tvoří rozvodní hřbet povodí potoků Babilovského a Babiny. Je na západní straně skalnatý a vyšší, neboť svah se na této straně pod ním více prolamuje, na straně východní je povlovný a zatravněný. Na jeho vrcholu, pokud není tvořen ostrou hranou skalisk, najdeme ojedinelé girlandové ssutové pásy nebo terásky. Je pochopitelné, že za touto vyvýšeninou na svahu je na její východní straně závětrí, v němž se tvoří sněhová návěj, a kde nemůže vítr ani po sejítí sněhu působit rušivě na soliflukci potrhany drnový povrch půd. Sotva však zajdeme po vrcholu Bujačeho od koty 1950 m na západ, opět se setkáme na severním svahu za uvedeným severním hřbítkem s pásovými girlandami. Spadají tam od samého vrcholu směrem po spádnici.

Zcela analogické jsou poměry na hřebenu, který spadá od vrcholu Bujačeho vrchu na jih a který tvoří rozvodí doliny Sedmi pramenů (Čierna voda) a Bílého potoka. I tam najdeme horní část hřebenového svahu, obráceného na západ, pokrytou ssutí nebo skalnatou a na straně opačné těsně za vrcholem hřebene souvislý travnatý kryt. V malém plochém sedle ve výšce asi 1800 m jsou vyvinuty girlandové půdy s terasami orientovanými směrem od západu na východ. Na západním mírném sklonu sedla vyčnívá v jeho středu vyšší skalisko. Střední část vrcholu sedla je v jeho závětrí. A právě v této části sedla girlandové půdy nejsou vyvinuty. Od západu k východu probíhající pásy terásek girland najdeme i na poněkud níže ležícím plošším vrcholu hřebene.

Uvedené lokality girlandových půd jsou na jižní straně kulminačního pásma Belanských Tater (Bujačeho vrchu), t. j. v závětrí severozápadních až severních větrů. Jsou však vystaveny západním a jihozápadním větrům, které, jak již víme, se rovněž velmi častěji vyskytují. Jak jsem pozoroval, mění se v těchto polohách v západní proudění i větry vanoucí na severní straně hřebene jako větry severozápadní až severní.

O poměrech v sedle mezi Bujačím vrchem a Kosiary jsem se již zmínil. Kamenité pásy, terasy a hlinité brázdy girlandových půd jsou uspořádány ve směru SJ. To všechno nasvědčuje působení severních větrů. Na této lokalitě se dá před-

pokládat, že v severní směr se mění i severozápadní a severovýchodní větry, které mohou sedlem pronikat na jižní stranu hřebene. Orografické poměry jsou této změně velmi příznivé.

Všimněme si nyní směru kamenitých teras nebo pásů girlandových půd ve střední části Belanských Tater. V sedle na jihozápad od vrcholu Hlúpého (2062 m), při rozcestí turistické stezky, mají girlandové půdy směr ZSZ-VJV. Mnohem rozsáhlejší pole girlandových půd je však na jih od Kopského sedla (1750 m), kde je popsal J. K s a n d r (3). I když ve své práci neuvedl plochu lokality, je zřejmé, že jde o mírně prohnutý a ploše zaoblený hřbet, rozkládající se mezi kotou 1773 m a východní částí plochého a poněkud vyššího hřbetu koty 1847 m. Ostrohranným šterkem a kameny pokryté terasy girland směřují kolmo k průběhu hřbetní čáry, t. j. táhnou se od ZSZ k VJV. Jejich vznik je vázán na vrcholovou část mírného sedla, obrácenou k západu, tedy na místa vystavená působení silných západních a severozápadních větrů, které sem pronikají širokou dolinou Zadních Meďodolů, otevřenou směrem na ZSZ do nižšího podhůří Tater v Polsku a lemovanou na severu vysokými hřebeny Žďárské Vidly (2148 m), Havrana (2134 m) a Nového vrchu (1999 m) s Muráněm (1827 m) a na jihu rozsochami Jahňacího štítu (2281 m).

Ostrou hranicí mezi girlandovými půdami a travnatým, celkem nerozrušeným povrchem u koty 1832 m, prostírajícím se směrem k Jahňacímu štítu, vysvětloval J. Ksandr odlišnými geologickými poměry (konec karbonátové horniny, na níž jsou girlandové půdy vázány). Dá se však podle mého mínění vysvětlit opět ostrou hranicí mezi plochou vystavenou působení silného větru a povrchem v závětrí. Štítý Tater a Belanských Tater jsou uspořádány tak, že svírají navzájem ostrý úhel, blízcí se téměř pravému úhlu. O takovém uspořádání horských hřebenů je známo, že působí dýznovým účinkem a vyvolávají zesilování větru. Ve středu talkto vytvořené mohutné nálevky leží Kopské sedlo. Větry se západní složkou, přicházející z doliny Zadních Meďodolů, mohou proto Kopským sedlem vanout pouze jako větry západoseverozápadní. Závětrí vzniká za celkem málo výraznou vyvýšeninou, která spadá od koty 1847 m do uzáveru doliny Zadních Meďodolů. Není rovněž vyloučeno, že se zde uplatňuje přehradním efektem i vzdálenější hřbet, táhnoucí se od koty 1830 m ke kotě 1782 m.

Zbývá ještě zmínit se o dosti rozsáhlých polích girlandových půd na jižním svahu Bujačího vrchu, které se rozprostírají ve výšce od 1850 m až téměř po jeho vrchol (1950 m). Sklon jižního svahu Bujačího vrchu se pohybuje okolo 30°. Svah je poněkud rozčleněn dvěma rozevřenými rýhami, vzájemně oddělenými výraznými hřebeny. Girlandové půdy jsou vyvinuty na svazích rýh obrácených na západ. Jsou zde poněkud odlišného vzhledu, než s jakým jsme se setkali na již popsaných lokalitách, a shodují se tvarově s P e l i š k o v ý m i (8) oválnými až polokruhovitými terasovými půdami, které popsal z blízkého sedla mezi Bujačím vrchem a Skalními vraty. Terásky girlandových půd mají vrstevnicový průběh a drnové obruby dosahují výšky až přes 0,5 m. Často se jedna terasa spojuje se sousední druhou výše či níže položenou (obr. 6). Převážná část teras je na svém povrchu pokryta ostrohranným šterkem i hrubšími úlomky. Na západních okrajích polí se však opět setkáváme s četnými případy, kdy rovná dna teras, často ještě kolem dokola lemovaných vyšší drnovou obrubou, jsou tvořena pouze černou humusovou rendzinou. Zvrstvení zvětralínové pokrývky je obdobné jako na všech ostatních lokalitách. Svrchní černá humusová rendzina dosahuje tu mocnosti až 0,3 m. Pod ní je vrstva světlé rendziny s četnými většími i menšími úlomky

vápence, ostře proti ní ohraničená. Její mocnost podmiňuje hloubka skalního podloží, které místy sahá až do svrchní humusové vrstvy.

Drnové obruby, které lemují terasy, jsou velmi často převislé, a poněvadž jsou dosti vysoké, je za nimi i větší dutý prostor. Na západních hranicích svahů rýh a zvláště u rýhy nejzápadněji ležící, kde jsou girlandové půdy typicky vyvinuty, jsou terasy řídké rozložené, takže jsou mezi nimi často prostornější plochy neporušeného travnatého povrchu. Tam je i nejlépe vidět, že takové terasy vznikají sklouznutím části drnové pokrývky (obr. 6) a vyrovnáváním skloněného povrchu obnažené humusové rendziny do vodorovné plochy.

Směrem k východu a k vrcholu hřebene, který rýhy vzájemně odděluje, se zvětšuje počet teras pokrytých ssutí, drnové obruby se stávají nižšími, až úplně zanikají, a svah pokrývá ssutí s ojedinělými trsy trav. Na místech, kde jsou terasy zachovány, velmi často vidíme, že jejich drnové obruby jsou přetrženy a průrvami se ronem a gravitací ssutí posouvá na terasu nižší a nižší. Ze ssutě vystupuje již často i skalní podloží. Nejdříve jsem se domníval, že ssutí pochází ze skalisk tyčících se pod východním hřebenem Bujačího vrchu jako příkré stěny (na čele vrstev dolomitických vápenců — asi pleistocenní mrazové sruby). Po dokonalejší prohlídce míst pod skalními sruby jsem nabyl přesvědčení, že pocházejí i ze zcela rozrušených girlandových půd (stadium kryoplanace). V tomto konečném stadiu jejich vývoje se však již silně uplatnila gravitace spolu s ronem, které podmínily proudový pohyb ssutí po svahu dolů. Ve výšce asi 1850 m přecházejí ssutě i terasy girlandových půd v souvislý travnatý povrch.

Typickým znakem girlandových půd na jižním svahu Bujačího vrchu je častý vrstevnicový průběh teras, a to až po samou hranu východního hřebene Bujačího vrchu. Těsně za hranou mají pásové girlandy směr SZ až S a jsou orientovány po sklonu, ne však po spádnicí (viz výše). Dále je velmi nápadné, že vodorovně probíhající terasy netvoří delší pásy, nýbrž že jsou spíše krátké a nepravidelně po svahu roztroušené. Vznik teras s drnovými obrubami je vždy spojen se skluzným pohybem drnu po černé humusové rendzině. Zmínil jsem se již o tom, že girlandové půdy jsou vyvinuty pouze na svahu rýhy obráceném na západ. To je zcela shodné s poznanou skutečností, že všechny západní svahy rozsoch hlavního hřebene Belanských Tater jsou skalnaté nebo ve vrcholové části značně zassutěné, kdežto východní svahy jsou travnaté. Proto můžeme směle hovořit o zákonitosti rozšíření těchto forem zvětralinového pláště ve vrcholové části Belanských Tater. Je zřejmé, že na jižním svahu Bujačího vrchu působí na vývoj girlandových půd západní a jihozápadní větry. Dolní hranice mezi girlandovými půdami nebo ssutí a travnatým povrchem leží již pod úrovní vrcholu jižní rozsochy. Je tedy již v závětrří těchto převládajících větrů, a proto není divu, že uvedené půdní formy pod touto hranicí již nevznikají. Obdobné, ne-li příkladnější rozšíření a tvary girlandových půd najdeme i na jižním a západním svahu vrcholové části Kopy (1838 m).

Shrneme-li výsledky pozorování z vybraných lokalit, vidíme, že směry teras nebo pásů girlandových půd nejsou sice všude zcela shodné, ale vždy v rozsahu od západu po sever. Od těchto směrů probíhá vždy na strany opačné i celkový vývoj girlandových půd. A tyto směry jsou naprosto shodné se směry převládajících jarních a podzimních větrů a obzvláště větrů o síle rovné nebo větší než 6 Beauf. st. Dále ze všeho vyplývá, že na severních až západních svazích vrcholové části Belanských Tater se ve vývoji girlandových půd uplatňují větry západní, severozápadní a severní. V době jejich působení jsou jižní svahy v závětrří. Na nich se

však uplatňují větry západní až jihozápadní, které rovněž patří mezi větry nejčetněji se vyskytující.

J. K s a n d r (3) uvádí, že jedním z důležitých činitelů, uplatňujících se při vzniku girlandových půd, jsou geologické poměry. Tato domněnka se mi zdá dost nepravděpodobná, neboť zeměpisné rozšíření girlandových půd ukazuje, že se nacházejí na žulách (10, 5), na dolomitických vápencích, na neokomových slínech a vápencích, na werfenských břidlicích (Kopské sedlo), ba i na křemencích (severní svah koty 1930 m). Žula a různé druhy vápenců a slinitých břidlic a křemence se vzájemně od sebe liší nejen odolností vůči větrání, nýbrž i způsobem rozpadu. Stejně tak se odlišují fyzikálními a chemickými vlastnostmi i zvětraliny a hlíny, které na nich vznikají.

Podle svých poznatků, které jsem získal při studiu lokalit girlandových půd v Belanských Tatrách, se domnívám, že nejdůležitější podmínky vzniku a vývoje girlandových půd takových tvarů, s nimiž se tam setkáváme, jsou:

1. nadmořská výška, která ovlivňuje i důležitý klimatický prvek, jímž je teplota a zvláště četnost výskytu teplot kolísajících okolo 0 °C. Má vliv i na vlastnosti půdy, vegetačního krytu a podmiňuje i soliflukci;

2. existence i slabé vrstvy hlíny a zvláště hlinité ssuti, v níž úlomky pevných hornin nedosahují převážně větších rozměrů (menších nebo větších balvanů), a která je pokryta vrstvou hlíny s travnatým vegetačním krytem, po případě pouze drnem travnatého krytu;

3. poloha s podmínkami uvedenými sub 1 a 2, vystavená působení silných převládajících větrů jarního a podzimního období, které mají přístup k obnaženému povrchu půdy.

4. VÝVOJ GIRLANDOVÝCH PŮD V BELANSKÝCH TATRÁCH

Z tvarů, které najdeme v přechodu z nerozrušené vegetační pokrývky přes okraj pole girlandových půd až po místa pokrytá ssutí s ojedinelými trsy trav, můžeme si učinit náležitou představu o tom, jak se girlandové půdy vyvíjejí.

První stadium vývoje girlandových půd v té podobě, jak ji uvedl J. K s a n d r (3), je třeba zcela vypustit. Porušení souvislého drnu vysokohorských druhů bylinné formace soliflukci probíhá v Belanských Tatrách na všech místech nad horní hranicí lesa. Podotýkám však, že ne všude stejně intenzivně. Pod pojmem soliflukce si zde však musíme představovat pomalý nesouvislý pohyb trsů trav s drnem po podložní humusové černé rendzině, rozbředlé roztáhlým půdním ledem. Hlinitá ssut v jejím podloží zůstává zmrzlá. Jsou tu tedy navozeny v malém měřítku podobné poměry, jako je tomu v polárních oblastech v letním období, kdy rozbředlé půdy spočívají na věčné mrzlotě. Další pohyb je patrně podporován i změnami objemu zeminy drnových políček a obrubujících je pásů holé zeminy účinkem různých teplot na jaře a na podzim při jejich promrzání a rozmrzání.

Na svazích, jejichž sklon přesahuje i 30°, můžeme pozorovat sesouvání drnů trav i v pásmu při horní hranici lesa a hlinitých ssutí ještě i ve výškách 1350 m. Dostatečným důkazem toho je hákovité prohnutí přízemních částí kmenů stromů, jaké najdeme na př. v amfiteatrálním uzávěru doliny Sedmi pramenů téměř na každém kroku na zvětralínách všech druhů hornin. Stejně tak můžeme pozorovat i častý pomalý posun větších balvanů, spočívajících na vrstvách hlín. Ve výškách pod 1300 m jsem na méně příkrých svazích (okolo 20°) nenašel ani pohyb půdy ani rozrušování drnu soliflukci.

Nad 1600 m i v nejvyšších polohách Belanských Tater; kde pohyb drnového pokryvu probíhá nejintenzivněji (ovšem v uvedeném měřítku), je vidět, že obnažené trsy trav opět zarůstají určitými rostlinnými druhy, odlišnými však od těch, které tvoří trsy. Girlandové půdy zde však všude nevznikají, i když na mnohých z těchto míst roztaje sněhová pokrývka poměrně brzy (na př. jižní svah Hlúpého bez sněhových závějí). To opět podporuje náš poznatek, že k jejich vzniku je zapotřebí účinku silného větru.

Počátek vzniku a vývoje girlandových půd si můžeme podle mého názoru vysvětlit takto: Na místech, z nichž je sníh neustále odvíván, klesají v zimě teploty půdy značně pod bod mrazu a následkem toho nastává v půdě hromadění velkého množství půdního ledu, které v době tání způsobuje jejich značnou rozbrídavost. Podmínky pro soliflukci jsou tu tedy nejpriznivější. S příchodem jarních slunečních dnů sníh na takových polohách roztává nejdříve. Soliflukci obnažená černá humusová rendzina silně pohlcuje sluneční paprsky, a proto nejen snadno roztává, ale i rychle se na povrchu vysušuje. Účinkem půdního ledu, mrazu a vysoušení se stávají původně soudržné půdní částice nesoudržnými, a proto i snadnou kořistí větrů, které je odnášejí. Obnažené místo se opakovaným vyvíváním půdních částic prohlubuje a rozšiřuje a mezi drnem vzniká brázda, která se prodlužuje ve směru působení převládajících větrů. Vegetace se na ní nemůže na jaře uchytit, neboť semena bývají odvívána spolu s půdou a kořeny případně uchycených druhů jsou obnažovány a ničeny. Při rozšiřování vznikající brázdy se uplatňuje i mikrosoliflukce. Při tání stéká rozbrědlá půda od okraje brázdy do jejího nižšího středu, a tak nastává postupné podkopávání drnového okraje. Mikrosoliflukce půdních částic nastává však i po hladké ploše vznikající vrstvičky nebo čocky jehlovitého ledu při opětném mrznutí půdního povrchu.

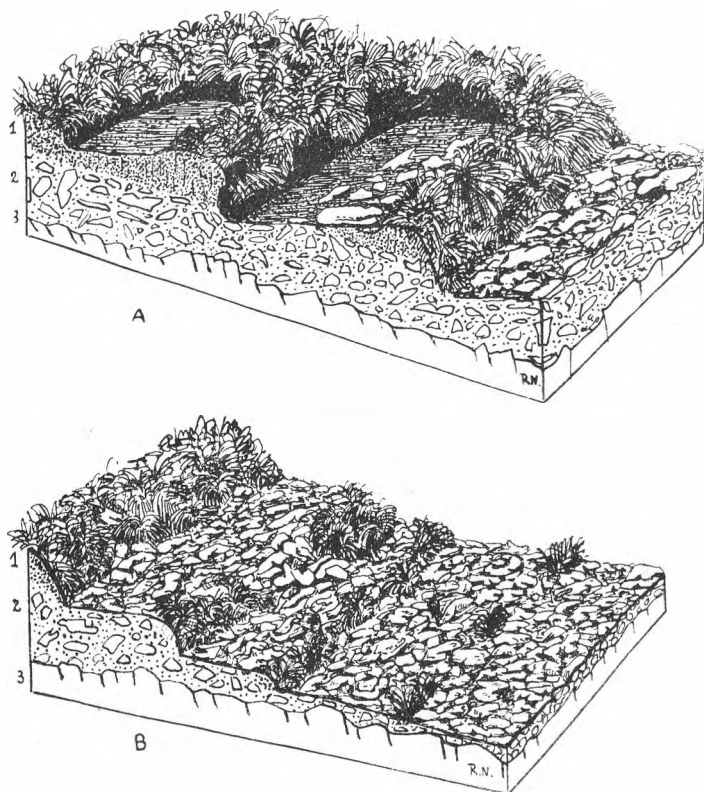
Je pochopitelné, že uvedené procesy, které se střídají na jaře i na podzim velmi často, neprobíhají jen po dobu jednoho roku, ale po dlouhou řadu let. Každým rokem však nemusí být intenzita vývoje brázd stejná. To závisí na chodu teplot ovzduší, půdní vrstvy, srážek i větrů, které ovlivňují i tloušťku sněhové pokrývky a jiné jevy s tím spojené. Podle všech známek se však zdá, že prohlubování a rozšiřování brázd probíhá poměrně rychle a za velmi příznivých podmínek může širší brázda vzniknout i během jednoho roku. V letním období je její vývoj minimální, neboť povrch obnažené půdy se stává soudržným a přebytek půdní vláhy je odčerpáván rychlým zasakováním do propustného podloží i výparem.

Podkopávaná pevná drnová obruba se po silně rozbrědlé humusové rendzině vlastní váhou pomalu prohýbá a sesouvá se svým okrajem ke dnu brázdy. Její pohyb směrem po svahu způsobuje, že nad ní vzniká nové obnažené místo, které se rozšiřuje, čímž je dána podmínka vzniku další vyšší brázdy. Pohyb drnu trvá tak dlouho, až se pevně přitlačí na dno vyvinuté brázdy.

Prohlubováním a rozšiřováním brázdy se obnaží podložní vrstva hlinité ssuti. Dochází k tomu patrně nejdříve na okraji brázdy na straně proti sklonu svahu, a to ještě dříve, než se drnová obruba sesouvá až ke dnu sníženiny. Z tohoto obnaženého místa se mikrosoliflukcí vysouvají štěrky a kameny. Na dolní drnové obrubě je jejich pohyb obyčejně zastaven. Tam se hromadí často i na zbylou vrstvu humusové rendziny (obr. 1, 3A, 4).

Odvívání a posun jemnozeme po povrchu brázdy pokračuje tak dlouho, pokud není její celý povrch pokryt souvislou vrstvou obnažených ssutových úlomků. Jejich množství se zvětšuje s přibývajícím odstraňováním jemných půdních částic. Je pochopitelné, že tam, kde je vrstva humusové rendziny jen velmi slabá, je pod-

ložní hlinitá ssuť obnažena již při počátečním vývoji brázdy a povrch terasy se velmi brzy pokrývá po celé ploše ssuťovými úlomky. Období tohoto počátečního vývoje girlandových půd se tak velmi zkracuje.



Obr. 3. Nákres vývoje girlandových půd s horizontálně probíhajícími terasami a obrubami.

A. stadium mládí a zralosti, B. stadium zralosti a stáří.

1. černá humusová rendzina, 2. hlinitá ssuť, 3. skalní podklad.

Stav vývoje, kdy se drnová obruba posune až do blízkosti dna vyvinuté brázdy a objevením kamenité ssuti se brázda mění v terásku, považují za tak příznačný, že ho lze použít za hranici mezi obdobím mládí a zralosti v celkovém vývoji girlandových půd. Jevy, které doprovázejí vývoj až po tuto hranici, jsou: soliflukce drnové pokrývky, mikrosoliflukce obnažených štěrků a kamenů a uvolněných půdních částic a odvívání půdních částic větrem.

V pokračujícím vývoji probíhá další odnos mrazem uvolněných půdních částic větrem a mikrosoliflukcí na povrchu ležících štěrků a kamenů i půdy. Štěrků a kamenů tak na povrchu stále přibývá. Jakmile se povrch teras pokryje souvislou vrstvou ssuti, přestává se v jejich dalším vývoji podstatněji uplatňovat činnost



Obr. 4. Počáteční stadium vývoje girlandových půd po svahu.
Vrcholová část severovýchodního hřebene Bujačího vrchu.

větru a celkový vývoj teras se značně zpomaluje. Poněvadž na místech s dokonale vyvinutými kamenitými terasovými stupni velmi často vidíme, že se ssuť dostává přes rozrušenou drnovou obrubu na terasu níže ležící nebo na ni prostě z horního okraje vyšší terasy přepadá, můžeme z toho usuzovat, že hlavní příčinou těchto jevů je další soliflukční pohyb ssutí i drnových obrub nebo dokonce i celých částí teras.

Stav vývoje, kdy typicky vyvinuté terasy girlandových půd jsou zcela pokryty vrstvou ssutí různé velikosti a kdy příkré drnové obruby, spojené pevně s povrchem teras, jsou jen zřídka roztrženy proudem ssutí, pokládám za období zralosti (obr. 2, 3, 5).

Vznik dokonalých terasových stupňů na svahu však ještě neznamená, že tento svah je zcela stabilisován. Je však pravda, že jeho vývoj nadále probíhá velmi pomalu. Avšak pokud zůstává pod povrchem kamenitých teras hlinitá ssuť, potud může probíhat v době promrzání hromadění půdního ledu a v době rozmrzání její značné rozbředání, čímž jsou umožněny pokračující soliflukční pohyby. Rozbředlá drnová obruba se zadržanou hlinou a ssutí se může tlakem vyvolaným váhou zemin snadno protrhnout. Prorvaným místem vytéká z hořejší terasy hlína i ssuť na terasu níže ležící.

Celkový vývoj vstupuje do stadia pomalé, ale jisté destrukce typických tvarů teras. Souvislé drnové obruby se stále častěji a častěji protrhávají a pohybem ssutí se relativní výškové rozdíly mezi jednotlivými nad sebou ležícími terasami zmenšují. Zmenšuje se zároveň i mocnost pláště zvětralin a mění se jeho zrní-

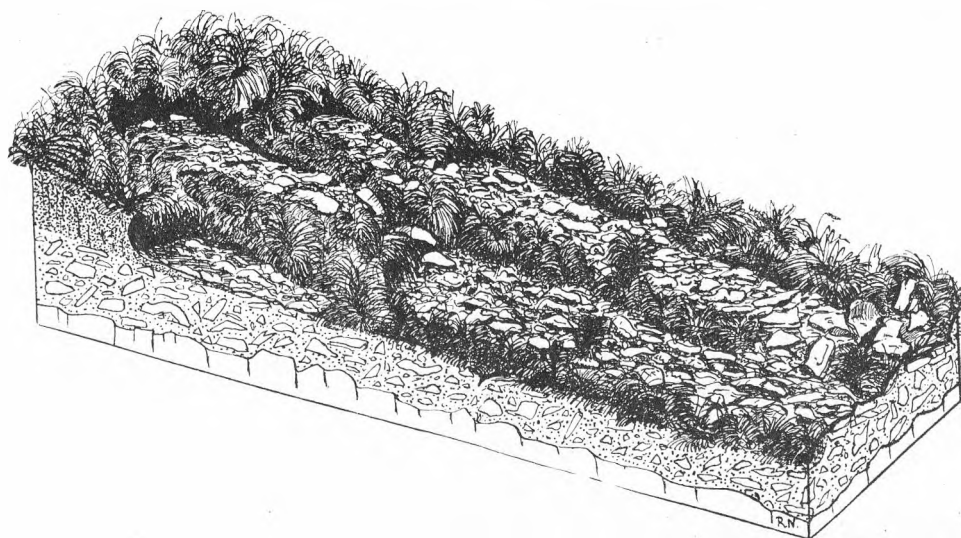
toční složení. Převahy nabývají hrubé kamenité frakce, neboť jemný materiál byl vždy, jakmile se objevil na povrchu, větrem odváť, případně i vodou vyplaven. Destrukci zterasovaného svahu se odkrývá nejspodnější vrstva ssutových hlin, ba místy se objevuje i skalní podklad.

Bývalé drnové obruby se mění jen v ojedinelé trsy trav, uspořádané v řadě. Ssut' nabývá na povrchu svahu naprosto převahy. Vývoj vstupuje do stadia kryoplanace, které znamená zarovnání nerovností povrchu (teras) a jeho celkové snížení. Opětne zarovnaný povrch je sice tvarově podobný povrchu původnímu, ale svými vlastnostmi se naprosto liší. V celkovém sledu vývoje girlandových půd představuje stadium stáří — senility (obr. 3B).

Popsaný všeobecný vývoj girlandových půd se vztahuje na girlandové půdy vrstevnicového průběhu. Podobný vývoj prodělávají však i girlandové půdy, jejichž pásy ssuti a drnových obrub probíhají směrem po spádu svahu. K názorné představě o tomto vývoji uvádím blokdiagram (obr. 5).

Gravitací a splachem a nejvíce snad sesouváním při jarním tání, kdy ssut' je plná rozbředlého sněhu i ledu, se šterky a kamení pohybují směrem po svahu a přesouvají se přes okraj níže ležícího travnatého povrchu. To znamená, že jejich pohybem se sice pomalu, ale neúprosně zmenšují plochy vysokohorských holí a zvětšují se plochy holých ssutí, hospodářsky naprosto nevyužitelných.

Z našeho výkladu o vývoji girlandových půd v Belanských Tatrách je zřejmé, v čem je odlišný od názorů, jaké podali J. Sekyra a J. Ksandr. Kdežto oba autoři připisovali ve vývoji girlandových půd největší účinek jehlovitému ledu, považují za dominantního činitele vítr, který se uplatňuje zvláště účinně v období mládí vývoje a má velký vliv na procesy v zamrzající zemině a následkem toho nepřímo i na vlhkostní poměry v době rozmrzání. V období zralosti, kdy je povrch teras pokryt ssutí a je ukončen i vývoj svislé drnové obruby, ustupuje odnášení půdních



Obr. 5. Schema vývoje girlandových půd po svahu. Stadium mládí a zralosti.



Obr. 6. Počátek vývoje girlandových půd na jižním svahu Bujačího vrchu. Vpravo je patrné mikrosoliflukční vylézání ssutových úlomků z obnažené vrstvy hlinité ssuti, vlevo proudový pohyb ssuti.

částic větrem do pozadí a ve vývoji girlandových půd se uplatňuje hlavně soli-
flukce, jejíž zesílený účinek je vyvolán nepřímo opět větrem.

J. K s a n d r (3) správně uvedl, že stadiu zralosti, s jehož pojetím se shodují,
odpovídá v Belanských Tatrách většina girlandových půd. Kdybychom uvažovali
pouze o účinku jehlovitého ledu ve smyslu teorie dosud u nás známé, těžko
bychom si vysvětlili, proč jsou právě nejvíce zachovány tvary z období zralosti.
Vždyť podle této teorie působí jehlovitý led se zvětšováním vegetace pustých
ploch teras nebo pásů stále účinněji a účinněji. To znamená, že od počátečního
stadia mládí by se vývoj i destrukce vznikajících tvarů zrychlovaly. Z našich
poznatků však vyplynulo, že vývoj v období mládí probíhá dosti rychle, ale silně
se zpomaluje od doby, kdy se povrch teras nebo pásů pokryje ssutí, posouvající
se drnová obruba nabude zdánlivé stability a pevně uzavře obnažený okraj
terasy na straně proti svahu. Tento poznatek by mohl přesvědčivě ukazovat, proč
se girlandové půdy nejčastěji vyskytují ve stadiu zralosti.

5. NÁVRH NA OCHRANU PROTI VÝVOJI GIRLANDOVÝCH PŮD V BELANSKÝCH TATRÁCH

Je zřejmé, že vývoj a další rozvoj girlandových půd v Belanských Tatrách zna-
mená rozrušování až úplné zničení vegetačního krytu a zvětralinového pláště
s vyvinutým humusovým půdním horizontem a vznik ssutí s vlastnostmi s hlediska

hospodářského a hydrologického krajně nepříznivými. Je pravda, že tato destrukce probíhá a je vázána na poměrně malé plochy. Přesto nás to nesmí svádět k přesvědčení o tom, že to není žádné vážné nebezpečí.

Nemohl jsem se zabývat otázkou prvopočátečních příčin vzniku girlandových půd v Belanských Tatrách. Řešení takového problému by znamenalo vyslovování četných pracovních hypotéz, pro které by bylo nutno hledat odůvodněné podklady a důkazy. Jsem si vědom toho, že v mnohých případech by se dostatečné množství materiálu vůbec nemohlo sehnat, a tak by se staly různé teorie na první pohled přijatelné jen skutečně neodůvodněnými a nijak neopodstatněnými hypotézami. S praktického hlediska je však záhodno si uvědomit, že rozvoj girlandových půd je jev škodlivý, proti němuž je nutno bojovat, i když jde o velmi zajímavé a u nás vzácné půdní formy. Jakým však způsobem?

V první řadě je třeba zabránit vzniku těch jevů a procesů, které vyvolávají nebo podporují na exponovaných místech silné převládající větry. Je nám již známo, že je to odvívání sněhu a odnos mrazem nakypřené a nesoudržné půdy.

Odvívání sněhu znamená odstranění isolační vrstvy, která má jinak velmi příznivý vliv na teplotný režim půdy. Bude proto hlavním a současně jediným úkolem vyvolat zadržetí a rovnoměrné uložení sněhu v dostatečně silné vrstvě po celou zimu. Že to bude mít zároveň i příznivé účinky pro rozvoj vegetace, je zcela zřejmé. Způsoby, jak toho dosáhnout, jsou v praxi známé. Opatření by měla být rázu biologického, t. j. *osázení ohrožených ploch kleči*.

Takovéto opatření však pro naše pokusné účely nemůžeme použít, neboť všechny lokality girlandových půd leží nad nynější horní hranicí kleče a vzrůst kleče by byl velmi pomalý. Jako pokusná by vyhovovala opatření technická, sloužící k získání důkazů oprávněnosti navržených biologických zásahů. Připadaly by v úvahu zásněžky typu tyčkovitých štítů nebo tyčkových plotů 0,5—1,0 m vysokých. Jejich doprava do tak vysokých poloh by však byla jednak velmi obtížná a jednak velmi nákladná. Dřevo by také velmi rychle podléhalo zkáze. Bude proto nejvýhodnější použít ke zřízení zásněžek materiálu, který je k dispozici na místě a který je trvanlivý. Tímto materiálem jsou kameny a hrubý štěrk, z nichž je možno vystavět volným ukládáním 0,5—0,75 m vysoké hrázky, které by mohly velmi dobře plnit funkci zásněžek. Hrázky by bylo nutno usměrnit podélnou osou kolmo k průběhu teras nebo ssutových pásů girlandových půd. Dá se předpokládat, že na návětrné i závětrné straně hrázek by se ukládal sníh do závějí, jejichž tloušťka a rozsah by závisely na výšce zásněžek a sklonitosti terénu.

Podle získaných zkušeností o účinku zásněžek se dá předvídat, že ukládání sněhu v trvalých závějích by mělo na povrch pokrytý dnes girlandovými půdami nebo ohrožený jejich rozvojem tento vliv:

1. Silnější sněhová pokrývka by isolovala zemský povrch před hlubším promrzáním. Teploty půdy v zimě by se podstatně zvětšily. Ve vztahu s tím by se zmenšilo množství půdního ledu v zamrzající půdě. To by mělo velmi příznivý vliv na vlhkost půdy při jejím rozmrzání, a to v tom směru, že by půda nebyla tak rozbředlá, a proto by tolik nepodléhala soliflukci.

2. Silnější sněhová pokrývka by zcela zakryla trsy trav, které za dosavadního stavu vyčnívají ze sněhu a způsobují rychlejší tání sněhu v jejich těsném okolí. Nejdůležitější však by bylo, že obnažení tmavého povrchu země, který silně pohlcuje sluneční paprsky, a proto i snadno roztává, by se značně časově oddálilo. Tím by se podstatně snížila četnost výskytu teplot půdy kolísajících okolo 0 °C,

kteře vyvolávají střídavé roztávání a promrzání svrchní vrstvy půdy a s nimi spojenou mikrosoliflukci půdních částic i kamenů a nesoudržnost nejsvrchnější vrstvy půdy.

3. Nastane-li obnažení zemského povrchu úplným roztáním sněhové pokrývky, bude holá půda chráněna hrázkami před odnosem mrazem uvolněných půdních částic, neboť jak před nimi, tak i za nimi nastane zeslabení rychlosti větru a tím i jeho unášecí schopnosti, podobně jak je tomu před větrolamy (rostlinnými kulisami) a za nimi.

Doporučuji proto, aby bylo zřízeno pokusné území, kde by bylo možno snadno sledovat a studovat účinky navrhovaných opatření. Domnívám se, že nejvýhodnějším místem pro takové účely by bylo Kopské sedlo, které je poměrně snadno přístupné a v blízkosti turistických chat. Mohly by zde být navrženy pokusné kamenné hrázky na okraji pole girlandových půd, které by chránily pruh široký 10—20 m do přibližně stejné hloubky. Přesným vytyčením okraje girlandových půd a odfotografováním jejich určitých ploch by bylo možno zároveň sledovat i rychlost jejich vývoje za různých podmínek, jakož i všechny ostatní změny, které by nastaly takovým umělým zásahem do jejich vývoje. Myslím tím na př. změny ve vývoji vegetace, její hustoty, po případě i sukcesi určitých druhů na obnažených plochách a pod.

Uskutečnění uvedeného návrhu bude záviset především na tom, jak se pracovníci Tatranského národního parku ujmou vytčeného úkolu. Jsem přesvědčen, že zabývat se navrhovanými problémy není malichernou věcí, neboť rozvojem girlandových půd vzniká na místě hustého travnatého krytu na silné humusové vrstvě pustá ssuť.

6. ZÁVĚR

Studiem girlandových půd v Belanských Tatrách se zabývali J. Sekyra, J. Pelíšek a J. Ksandr. Lokality těchto zajímavých půdních forem, náležejících podle C. Trolla k tvarům amorfní soliflukce, jsou vázány na výšky nad 1750 m. Jejich dolní hranice výskytu je tedy mnohem níže než v Alpách (2300 m), odkud byly popsány již mnohem dříve.

Naši autoři vysvětlovali vznik a vývoj girlandových půd účinkem mrazu a jehlovitého ledu (pipkrake, Kammeis, leďanaja trava), který podle jejich názoru vynášel kameny a štěrky z hloubky hlinité ssuti nebo až do skalního podloží na povrch soliflukci obnažené půdy. Podle J. Ksandra se účinek jehlovitého ledu zvětšoval tou měrou, jakou přibývalo vývojem girlandových půd vegetace prostých ploch.

Tvarové zvláštnosti a zeměpisné rozšíření girlandových půd mě přivedly k přesvědčení, že dominujícím činitelem v jejich vývoji, zvláště v počátečním stadiu, jsou převládající silné větry se západní složkou. Správnost tohoto názoru podporuje i četnost výskytu těchto větrů na blízkém Lomnickém štítě, odvozená z meteorologických pozorování v období let 1941—1944 a 1947—1952. Větry sa uplatňují několikrátým účinkem. Na místech, z nichž je v zimě sníh neustále odvíván, teploty půdy značně poklesávají. Tím je vyvolán vznik značného množství ledu ve svrchní vrstvě půdy, který v době roztávání půdy způsobuje její silné rozbředání a usnadňuje tak účinnou soliflukci drnu i půdy. Na jaře při časném obnažení půdy probíhá účinkem střídání velmi četně se vyskytujících teplot půdy kolem bodu mrazu mikrosoliflukce půdních částic i ssuti a půda se stává nesoudržnou. Uvolněné půdní částice vítr odvívá a mění tak velmi podstatně zrnitostní složení zvětralí nového pláště.

Podle těchto nových poznatků mohl být podán popis vývoje girlandových půd od jejich prvotních forem přes tvary příznačné pro stadium zralosti až do stadia jejich stárí — kryoplanace. K jednotlivým vývojovým stadiím bylo možno uvést i výklad procesů doprovázejících jejich vznik i účast jednotlivých procesy vyvolávajících činitelů.

Ve vztahu s tím bylo předloženo řešení otázky, jak zabránit nebo čelit vývoji girlandových půd, neboť je to jev hospodářsky i hydrologicky škodlivý, i když není zatím rozšířen na větších plochách. Nejlepší přirozenou ochranou by byly souvislé porosty kleče (kosodřeviny), kterou by bylo nutno vysázet na ohrožená místa (nad nynější sníženou horní hranici kosodřeviny). Opodstatnění těchto biologických zásahů by bylo možno získat pokusnými technickými opatřeními. V úvahu připadá vybudování hrázek z volně uložených kamenů (materiálu teras a pásů girlandových půd), které by plnily funkci zásněžek. Jejich účinek by bylo možno sledovat na pokusném poli na Kopském sedle. Dá se předpokládat, že trvale vytvořené závěje před zásněžkami i za nimi by měly v zimě i na jaře příznivý vliv na teplotný režim půdy, který by se projevil snížením množství půdního ledu ve svrchní vrstvě zvětralín a vyvinutého půdního horizontu, a tím i omezením soliflukčních jevů s příchodem tání. Prodloužením doby trvání sněhové pokrývky se může značně snížit i četnost výskytu teplot kolísajících kolem bodu mrazu, s nimiž souvisí i mikrosoliflukční jevy. Konečně mohou hráčky chránit po roztání závějí obnaženou půdu před odvíváním mrazem a vysoušením uvolněných půdních částic. Z toho je vidět, že mohou být podstatně omezeny, ne-li přímo odstraněny, všechny podmínky příznivé rozvoji i dalšímu vývoji girlandových půd a navozeny poměry podobné poměrům v klečových porostech. Na pokusném poli by bylo možno sledovat i všechny biologické změny ve vegetačním krytu a na sousední nechráněné ploše i rychlost přirozeného vývoje girlandových půd.

Takto zaměřenými dalšími výzkumy by se mohly nejen doplnit a případně opravit dosavadní poznatky o vývoji těchto velmi zajímavých půdních forem, blízkých formám, s nimiž se v mnohem rozsáhlejší míře setkáváme v oblastech vysokých zeměpisných šířek, ale najít i vhodná opatření k ochraně půd ve vysokých horských polohách, podobnými účinky rozrušovaných.

*Zeměpisný ústav Masarykovy university
v Brně*

LITERATURA

1. Babkov V. F., Bykovskij N. J., Gerburt - Gejbovič A. V., Tulajev A. J., *Nauka o zemínách a mechanika zemin*, Praha 1954. — 2. Keil K., *Ingenieurgeologie und Geotechnik*, Halle 1951. — 3. Ksandr J., *Mrazové půdní formy v Tatrách*. Ochrana přírody, Praha 1954. — 4. Kuský J., Záruba Q., *Periglaciální strukturní půdy v Krkonoších*. — Sborník Československé společnosti zeměpisné, Praha 1950. — 5. Kuský J., *Ke geomorfologii žulového pásma nízkotatranského*. Rozpravy ČSAV, tř. MPV, Praha 1954. — 6. Mencil V., *Mechanika zemin*, Praha 1955. — 7. Otruba J., *Veterné pomery Slovenska*. Sborník dokumentů I. celostátní meteorologické konference v Bratislavě 1952, Praha 1953. — 8. Pelíšek J., *Poličkovité a terasovité půdy ve Vysokých a Belanských Tatrách*. Geografický časopis, Bratislava 1953. — 9. Pelíšek J., *Tundrové půdy v jižní krasové oblasti Bělských Tater*. Československý kras, Brno 1953. — 10. Sekyra J., *K otázce recentnosti strukturních půd*. Věstník ÚÚG, Praha 1954. — 11. Sekyra J., *Thufurové půdy v Československu*. Ochrana přírody, Praha 1952. — 12. Sekyra J., *Thufury a girlandové půdy v Bělských Tatrách*. Sborník Československé

společnosti zeměpisné, Praha 1950. — 13. Sekyra J., *Velehorský kras Bělských Tater*, Praha 1954. — 14. Troll C., *Der subnivale oder periglaciale Zyklus der Denudation*, Erdkunde, Bonn 1948. — 15. Troll C., *Strukturboden, Solifluktion und Frostklimat der Erde*. Geol. Rundschau, Bd. 34, Stuttgart 1944. — 16. Vitásek F., *Fysický zeměpis Tater*, Praha 1931. — 17. Vitásek F., *Stopy starých ledovců v Bělských Tatrách*. Spisy odboru Československé společnosti zeměpisné v Erně, Brno 1929.

Ростислав Н е т о п и л

РАЗВИТИЕ ПОЛИГОНАЛЬНЫХ ПОЧВ С КАМЕННЫМИ КОЛЬЦАМИ В БЕЛАНСКИХ ТАТРАХ

Изучением каменных колец, называемых „гирляндами“, в Беланских Татрах занимались И. Секыра, И. Пелишек и И. Ксандр. Эти интересные формы микрорельефа, вызванные, по мнению Тrolля, явлениями аморфной солифлюкции, наблюдаются на высоте 1700 м над ур. м. Их нижняя граница расположена, следовательно, гораздо ниже, чем в Альпах, откуда они были описаны значительно раньше.

Наши авторы объясняли возникновение и развитие каменных колец вымерзанием и действием игольчатого почвенного льда (pirkake, Kammeis, ледяная трава), который, по их мнению, выталкивал камни и обломки из глубины суглинистых осыпей или даже скального основания на поверхность грунта, обнаженного солифлюкцией. И. Ксандр предполагал, что действие игольчатого льда тем значительнее, чем больше площади, лишенные растительности вследствие развития каменных многоугольников.

Рассматривая своеобразные формы этих каменных колец и их географическое распространение в Беланских Татрах, я пришел к заключению, что главным фактором их развития, особенно в начальной стадии, являются сильные ветры, в которых преобладает западная слагающая. Мое мнение подтверждается тем, что на находящемся неподалеку Ломницком пике особенно часто дуют западные ветры, что установил И. Отруба на основании метеорологических наблюдений за периоды 1941—1944 и 1947—1952.

Действие ветров проявляется различным образом. В тех местах, откуда они постоянно сдувают снег, температура почвы сильно понижается, вследствие чего в ее верхнем слое образуется значительное количество льда; оттаивая, грунт разжижается, что вызывает сильную солифлюкцию, сносящую дерн и почву. Там, где снег лежит тонким слоем, грунт оказывается обнаженным, попеременно оттаивает и замерзает, что способствует смещению частиц почвы и обломков пород из осыпей (микросолифлюкция). Грунт становится все более несвязным, и ветер легко уносит свободные частицы. Изменение гранулометрического состава плаща выветривания является, следовательно, результатом деятельности ветра и горизонтальной микросолифлюкции.

Теоретические выводы, сделанные на основании исследования характерных полигональных грунтов с каменными кольцами, позволяют объяснить их развитие, начиная с самых ранних форм, переходя затем к формам, присущим стадии зрелости, и, наконец, стадии старости — морозному выравниванию. Это дает также возможность пролить свет на процессы, происходящие на различных стадиях, и участие, которое принимают в них отдельные факторы.

Учитывая все имеющиеся у нас данные, можно приступить к решению вопроса как предупредить или задержать возникновение почв с каменными кольцами, которые в хозяйственном и гидрологическом отношении являются очень нежелательным явлением, хотя площадь их распространения пока невелика. Я считаю, что задержать естественным путем развитие таких почв лучше всего могут сплошные заросли сосны стланица, которые пришлось бы посадить; принимая во внимание, что верхняя граница распространения этой карликовой сосны, которая в настоящее время проходит ниже нижней границы развития почв с каменными кольцами, искусственно снижена, можно считать, что такое насаждение вполне возможно. Конечно, следует убедиться в том, что вмешательство человека, имеющее целью изменить биологические условия в Татранском заповеднике, является необходимым. В виде опыта можно провести технические мероприятия, благодаря которым создадутся условия, подобные — хотя бы в основном — тем, которые существуют в соответствующее время года на участках, поросших сосной стланицей. Можно устроить ограждения, используя свободно ле-

жащие камни из террас и каменных колец, которые будут играть роль снегозадержателей. Влияние таких заграждений можно было бы проследить на опытном участке на Копском седле, расположение которого особенно подходит для данной цели. Весьма вероятно, что образование постоянных сугробов перед и за снегозадержателями будет иметь большое влияние на температурный режим почвы зимой и весной, что проявится уменьшением количества почвенного льда в верхнем слое коры выветривания и остатков почвенного горизонта, а, следовательно, и ослаблением явлений солифлюкции при таянии снега. Большие сугробы могут продлить время существования снежного покрова и значительно сократить число колебаний температуры около точки замерзания, с которыми связаны явления микросолифлюкции. После того, что сугробы растают, заграждения могли бы препятствовать разрушительной деятельности ветра. Из сказанного выше ясно, что все нежелательные явления и процессы, которые происходят в настоящее время на участках, где развиты каменные кольца, можно если не совсем предотвратить, то во всяком случае значительно ослабить. На опытном участке можно будет проследить изменения, которые при этом настанут в растительном покрове, а на незащищенных участках — скорость естественного развития каменных колец. Такие наблюдения имели бы большое значение, так как явления, которыми мы здесь занимаемся, еще недостаточно изучены.

Дальнейшие исследования этих интереснейших форм микрорельефа, очень похожих на те, которые распространены в высоких широтах, помогут не только дополнить и исправить уже имеющиеся данные, но и принять соответствующие меры против разрушения почв высокогорных областей.

Перевод с чешского В. Андрусовой

Объяснение рисунков

- Рис. 1. Развитие борозд и площадок на полигональных почвах с каменными кольцами. На переднем плане ранняя стадия, на заднем плане переход к стадии зрелости. Седло между вершинами Буйачи и Кошиары.
- Рис. 2. Стадия зрелости и переход к стадии старости в развитии почв с каменными кольцами. Седло между вершинами Буйачи и Кошиары.
- Рис. 3. Схема развития каменных многоугольников с горизонтальными площадками и бордюрами, состоящими из обломков горных пород.
А. Стадия юности и зрелости, В. Стадия зрелости и старости.
- Рис. 4. Начальная стадия развития почв с каменными кольцами на склоне. Северовосточный гребень горного хребта Буйачи.
- Рис. 5. Схема развития полигональных почв с каменными кольцами на склоне. Стадия юности и зрелости.
- Рис. 6. Начало развития полигональных почв с каменными кольцами на южном склоне хребта Буйачи. Направо видны явления микросолифлюкции, при которых обломки горных пород выталкиваются из обнаженного участка суглинистой осыпи, налево — сползающие полосы осыпей.

DIE BILDUNG DER GIRLANDENBODEN IM GEBIRGE BELANSKÉ TATRY

Mit dem Studium der Girlandenboden im dem Gebirge Belanské Tatry beschäftigten sich J. Sekyra, J. Pelíšek und J. Ksandr. Die Lokalitäten dieser interessanten Bodenformen, welche nach C. Troll zu den Formen der amorphen Solifluktion gehören, sind an Höhen über 1700 m gebunden. Die untere Grenze ihres Vorkommens ist also viel niedriger als in den Alpen, wo diese Bodenformen schon viel früher beschrieben wurden.

Unsere Autoren erklärten die Entstehung und Entwicklung der Girlandenboden durch die Wirkung des Frostes und des Kammeises (jehlovitý led, pipkrake, lednaja trava), welches nach ihrer Ansicht Steine und Schotter aus der Tiefe des tonigen Schuttes oder bis aus dem anstehenden Gestein an die Oberfläche des durch Solifluktion entblösten Bodens hervorholten. Nach J. Ksandr wuchs die Wirkung des Kammeises mit zunehmender Zahl der infolge Girlandenbodenbildung vegetationsfreien Flächen.

Die an allen Lokalitäten vorkommende Eigenart der Formen und die geographische Verbreitung der Girlandenboden in den Belanské Tatry führten mich zur Überzeugung, dass der dominierende Faktor in ihrer Entwicklung, besonders im Anfangsstadium, die vorherrschenden starken Winde mit einer Westkomponente sind. Tatsächlich beobachtete J. Otruba in den Jahren 1941—1944 und 1947—1952 ein zahlreiches Vorkommen dieser Winde am nahen Lomnický štít.

Die Wirkung der Winde kann auf verschiedene Weise zur Geltung kommen. Im Winter sinken bedeutend die Bodentemperaturen an den Stellen, wo der Schnee ununterbrochen abefegt wird. In der oberen Bodenschicht kann darum eine bedeutende Menge Bodeneis entstehen, welche bei Tauwetter den Boden stark breiig macht und sowohl Boden wie Rasenfläche sind der verstärkten Wirkung der Solifluktion ausgesetzt. An solchen, nur mit einer dünnen Schneeschicht bedeckten Stellen wird die Bodenoberfläche im Frühjahr zuerst entblöst und ist der Einwirkung des öfteren Tauens und Wiedergefrierens ausgesetzt, wodurch die Mikrosolifluktion der Bodenteilchen und des Schuttes unterstützt wird. Ausserdem verliert der Boden sein zusammenhängendes Gefüge und die gelockerten Bodenteilchen werden vom Winde verweht. Die Veränderung in der Kornzusammensetzung der entblösten Verwitterungsschicht an der Oberfläche ist also das Ergebnis äolischer Tätigkeit und horizontaler Mikrosolifluktion.

Auf Grund dieser, aus Beobachtungen der charakteristischen Formen von Girlandenboden theoretisch abgeleiteten Schlussfolgerungen konnten diese Boden vom Anfangsstadium über die für ihr Reifestadium bezeichnenden Bildungen bis zum Alterstadium, der Kryoplanation, beschrieben werden. Bei der Beschreibung der einzelnen Entwicklungsstadien der behandelten Boden wurden auch die Begleitprozesse erklärt und angegeben, in welchem Masse sich die einzelnen, diese Prozesse hervorrufenden Faktoren beteiligen.

In Anbetracht der angeführten Erkenntnisse ist es möglich zur Lösung der Frage zu treten, wie man die Bildung der Girlandenboden verhüten, oder wenigstens einschränken könnte, da diese wirtschaftlich sowohl wie hydrologisch eine schädliche Erscheinung bedeutet, die freilich einstweilen nicht auf grössere Flächen verbreitet ist. Meiner Ansicht nach wäre der beste natürliche Schutz, wenn man an allen bedrohten Stellen Knieholz aussetzen würde, welches dann durch seine zusammenhängenden Bestände die weitere Entwicklung der Girlandenboden aufhalten würde. Das wäre möglich, denn die heutige obere Knieholzgrenze, welche unter der unteren Grenze des Vorkommens der Girlandenboden liegt, wurde künstlich bedeutend erniedrigt. Jedoch wäre es angebracht, diesen notwendigen Eingriff in die Naturreservation Tatranský národný park durch erwiesene Tatsachen zu begründen. Diesem Zwecke würden versuchsweise technische Vorrichtungen dienen, welche im Terrain ähnliche Verhältnisse, oder wenigstens ähnliche Erscheinungen hervorrufen würden, wie in der behandelten Jahreszeit im Knieholz herrschen. Hier kämen Schutzdämme aus frei aufeinander gelegten Steinen von den Terrassen und Säumen der Girlandenboden in Betracht, welche die Funktion von Schneedämmen erfüllen könnten. Ihre

Wirkung könnte man auf dem Versuchsfelde am Kopské Sedlo ausprobieren, dessen Situation dem gegebenen Zwecke am besten entsprechen würde. Man kann voraussetzen, dass die dauernd gebildeten Schneeverwehungen vor und hinter den Dämmen einen günstigen Einfluss auf das Temperaturregim im Winter ausüben würden, welcher sich durch Abnahme des Bodeneises in der oberen Verwitterungsschichte oder des restlichen Bodenhorizontes und daher auch durch Einschränkung der Solifluktionerscheinungen bei Eintritt des Tauwetters äussern würde. Durch Verlängerung der Dauer der Schneedecke kann das häufige Vorkommen der um den Nullpunkt schwankenden Temperaturen und so auch der Mikrosolifluktionerscheinungen, bedeutend eingeschränkt werden. Endlich können die Dämmchen nach dem Auftauen des angewehten Schnees einen Schutz gegen die Erosionswirkung der Winde bieten. Daraus ist ersichtlich, dass eine wesentliche Einschränkung, wenn nicht Beseitigung aller Erscheinungen und Prozesse, welchen wir unter den heutigen Verhältnissen auf den Lokalitäten der Girlandenboden begegnen, möglich ist. Auf dem Versuchsfelde könnte man auch alle biologischen Veränderungen in der Vegetationsdecke verfolgen, welche auf der ungeschützten Fläche auch weiterhin vorkommen könnten. Auch könnte man die Schnelligkeit der natürlichen Entwicklung der Girlandenboden beobachten, was eine wichtige Aufgabe wäre, da wir einstweilen keine genauen Angaben darüber haben.

Durch weitere, in diesem Sinne betriebene Forschung wäre es möglich nicht nur die bisherigen Erkenntnisse über die Entwicklung dieser sehr interessanten Bodenformen, welchen wir in viel grösserer Ausbreitung in den Regionen hoher geographischer Breiten begegnen, zu ergänzen, eventuell zu berichtigen, sondern auch geeignete Vorkehrungen zum Schutz der Boden in den hohen Gebirgslagen zu finden, welche durch ähnliche Wirkungen zerstört werden.

Aus dem Tschechischen übersetzt von V. Dlabáčová

Erklärung der Abbildungen

- Abb. 1. Entwicklung der Furchen und Terrassen der Girlandenboden. Im Vordergrund Jugendstadium, im Hintergrund Übergang zum Reifestadium. Gebirgssattel zwischen Bujačí vrch und Košiare.
- Abb. 2. Reifestadium und beginnendes Altersstadium in der Entwicklung der Girlandenboden, Gebirgssattel zwischen Bujačí vrch und Košiare.
- Abb. 3. Skizze der Entwicklung der Girlandenboden mit horizontal verlaufenden Terrassen und Säumen.
A. Jugend- und Reifestadium, B. Reife- und Altersstadium.
1. schwarze Humusrendsine, 2. toniger Schutt, 3. anstehender Fels.
- Abb. 4. Anfangsstadium in der Entwicklung der Girlandenboden längs des Hanges. Gipfelteil des nordöstlichen Kammes des Bujačí vrch.
- Abb. 5. Schema der Entwicklung der Girlandenboden am Hange. Jugend- und Reifestadium.
- Abb. 6. Beginnende Entwicklung der Girlandenboden am Südhange des Bujačí vrch. Rechts sieht man infolge Mikrosolifluktion aus der entblösten Schichte tonigen Schuttes hervordringende Schuttrümmer, links Strombewegung des Schuttes.