

TADEUSZ GERLACH

METÓDY A TERAJŠÍ STAV VÝSKUMU MORFOGENETICKÝCH PROCESOV V POLSKÝCH KARPATOCH*

The present paper characterizes the methods of researches and localisation of measurings as well as the role of contemporary morphogenetic processes from the point of view of their importance in remodelling of the relief of the Polish Flysh Carpathians. At the first place is mentioned the down-cutting erosion of rocks and rivers, then landslides of the slopes, further the soil erosion on cultivated slopes, mass-movements in the talus cones, dislocation caused by needle-ice, creeping of mantle-covers, rock dissolution, outwash of slopes covered with grass, mechanical weathering of bare sandstone walls.

Dôležitým problémom v geomorfológii je otázka typu a rýchlosti pretvárania reliéfu. Jedna z ciest, ktorá vedie k objasneniu tohto problému, je výskum intenzity súčasných morfofenetických procesov. V tomto článku uvádzam metódy výskumu, opierajúc sa hlavne o poľskú literatúru, týkajúcu sa Karpát; zároveň podávam niektoré výsledky, ktoré boli získané pri použití týchto metód.

METÓDY VÝSKUMU SÚČASNÝCH MORFOGENETICKÝCH PROCESOV

Bádania týkajúce sa intenzity súčasných morfofenetických procesov vykonávajú pomocou rôznych metód rôzni odborníci: pedológovia, agronómi-meliorátori, hydroológovia, geografi a iní (1, 5, 8, 11, 14, 17, 18, 20, 22, 25, 28, 30, 32, 35, 38, 43, 45).

Medzi terajšími metódami možno všeobecne rozlíšiť dve hlavné skupiny: skupinu priamych metód a skupinu nepriamych metód.

Priame metódy sa zakladajú na skúmaní a terénnych meraniach súčasných procesov, ktoré modelujú povrchové tvary. Umožňujú kvantitatívne určenie povahy a veľkosti zmien v reliéfe, ktoré spôsobili tieto procesy za krátku dobu: mesiac, sezónu, rok alebo niekoľko rokov. Naproti tomu nepriame metódy určujú súhrnné zmeny, ktoré sa diali pod vplyvom degradačných a agradačných procesov za dlhšiu dobu. Tieto metódy dovoľujú usudzovať o povahe a veľkosti zmien v reliéfe za dlhšiu dobu ich vývinu.

Do skupiny priamych metód treba zahrnúť: 1. metódu určenia objemu materiálu odpadnutého zo skalnej steny, 2. metódu zistenia kubatúry erozívnych brázd, 3. metódu merania odtoku a zmyvu na výskumných svahových ploškach, 4. metódu používajúcu korýtkovité zberné nádoby na zistenie odtoku vôd zo svahov a stupňa ich znečistenia,

* Referát predniesol na Medzinárodnom sympóziu o geomorfológii Karpát v Bratislave mgr. T. Gerlach. Zaklad Geomorfologii i Hydrografii Gór i Wyzyn IG PAN, Krakov.

5. metódu určenia prietoku v riekach a stupňa ich mútnosti, 6. metódu kontrolných meraní na založených repéroch.

Do skupiny nepriamych metód patrí: 1. metóda určenia rozdielov v stavbe pôdnych profilov na rôznych úsekoch svahu, 2. metódy určenia kvalitatívnych a kvantitatívnych odlišností vo fyzikálnych a chemických vlastnostiach pôdy, 3. metóda vypočítavania kubatúry materiálov usadených povyššie vyčnievajúcich prekážok (prihrad), 4 metóda podrobného geomorfologického mapovania.

PRIAME METÓDY

1. *Metóda určenia množstva materiálu odpadnutého zo skalnej steny.* Pod skalnou stenou, ktorú sme vybrali pre výskum, sa umiesti husté plátno o ploche niekoľko štvor. metrov a tesne sa upevní do podkladu. Na jar a neskorú jeseň sa zoberie materiál usadený na plátne, zistí sa jeho objem alebo váha a na základe toho sa posúdi rýchlosť mechanického zvetrávania a tiež vzdialenosť a rýchlosť ústupu skalnej steny (20, 23, 31).

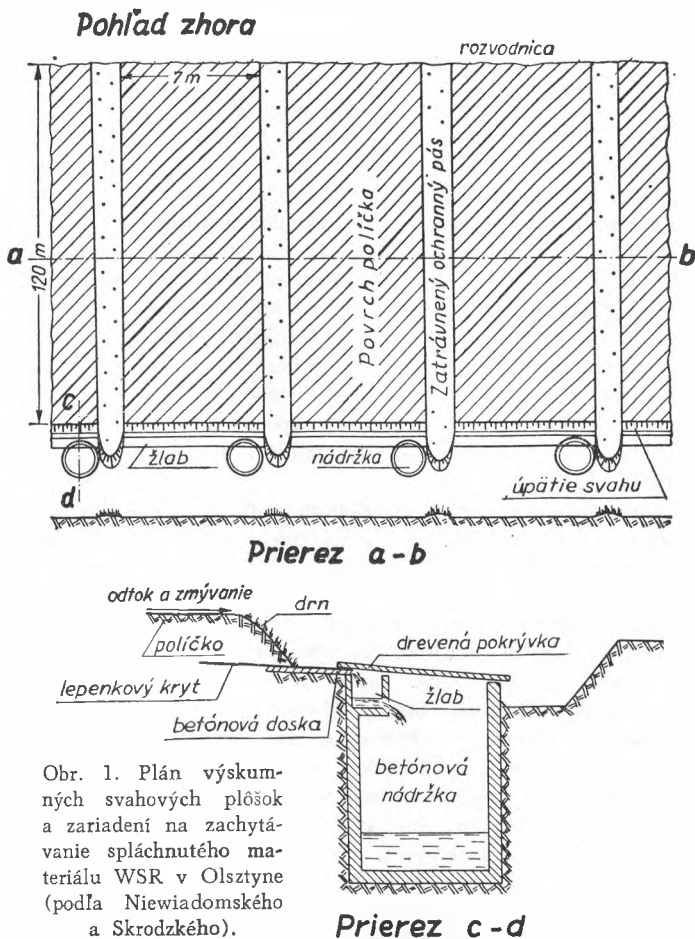
2. *Metóda merania objemu erózných brázd.* Na skúmanom svahu sa vyznačí pruh o šírke 10—20 m, ktorý prebieha od sľemena kolmo k osi doliny. Na tomto pruhu sa v závislosti od dĺžky a tvaru svahu vyhraničí niekoľko reprezentatívnych plôšok pre vykonanie merania všetkých erózných brázd. Konkrétne plôšky o šírke 1 m, vytýčené kolmo k vyznačenému pruhu na svahu, sa vyhraničia v takých miestach, aby dobre charakterizovali horný, stredný a dolný úsek svahu. Na každej kontrolnej plôške sa zmerajú všetky erózívne brázdny a potom sa vypočíta ich obsah. Týmto spôsobom sa získa kvantitatívna charakteristika rozsahu zmyvu na jednotlivých úsekoch svahu (7, 13, 22, 27, 37, 43).

Získané výsledky, vyznačené na vykreslenom profile skúmaného svahu, dajú kvantitatívnu predstavu o priestorovej rozdielnosti intenzity brázdovej erózie v celej dĺžke svahu. Dlhšia séria takýchto meraní, vykonaných na svahoch iného tvaru, dĺžky a pôdnej pokrývky dovoľujú zistenie nielen intenzity, tempa a smeru súčasných zmien svahových foriem, ale tiež objasnenie vzťahov medzi dĺžkou a sklonom svahu, druhom pôdy a priebehom eróziívnych procesov. Pri výskume intenzity súčasného splachu pôdy je vhodnosť tejto metódy obmedzená. Možno ju použiť len na silno poškodených svahoch, na ktorých vznikli erózne brázdny. Naproti tomu na svahoch, na ktorých procesy splachu nevytvárajú výrazné mikroformy, táto metóda sa nemôže uplatniť.

3. *Metóda merania odtoku a zmyvu pôdy na výskumných svahových objektoch.* Pre určenie množstva vody, otekajúcej po svahu, ako aj množstva vodou unášaného materiálu sa na svahu zakladajú špeciálne výskumné objekty (obr. 1). Výskumný objekt sa skladá z troch hlavných elementov: 1. ohraničenej plôšky svahu, 2. zberného žlabu, 3. nádržiek na zrážkovú vodu a spláchnuté zeminy (24). Kontrolná svahová plôška, z dvoch strán ohraničená betónovým múrikom alebo nízkym zemitým valom, má formu obdĺžnika položeného dlhšími stranami dolu svahom. Úlohou múrikov alebo valov je dôkladne ohraničiť zvolenú svahovú plôšku a zamedziť prítok zrážkovej vody zvonka. V dolnej časti plôšky je po celej šírke umiestnený betónový zberný žlab. Do tohto žlabu vteká voda aj s unášaným materiálom, ktorá žlabom odteká do nádržky o obsahu niekoľko kub. metrov. Voda, otekajúca z povrchu plôšky, sa hromadí v nádržke. Po každom daždi, resp. topení snehu sa zmerá množstvo vody v nádržke, ako aj váha akumulovaného zemitého materiálu. Váha uloženého materiálu sa určí precedením vody, vysušením filtrov a tiež ich zvážením. Získaná hodnota v gramoch alebo kilogramoch sa prepočíta najprv na jednotku povrchu plôšky a potom na 1 ha alebo 1 km². Takto sa získa kvantitatívna charakteristika, ktorá je vyjadrená množstvom ton zemitého ma-

teriálu, odneseného z 1 ha alebo 1 km². Poznajúc objemovú (špecifickú) váhu zmyvanej pôdy môžeme ju prepočítať na kubatúru a v ďalšom postupe určiť úbytok pôdy na svahu vyjadrený v milimetroch alebo centimetroch (17, 24, 29, 37).

Uvedená metóda sa nazýva stacionárna alebo nepretržitá metóda. Popri už uvedených kritériách má úplne zariadený objekt — meteorologickú stanicu s ombrografom, termografom, hydrografom, súborom pôdnych teplomerov a prístrojom pre pozorovanie pôdnej vlhkosti.

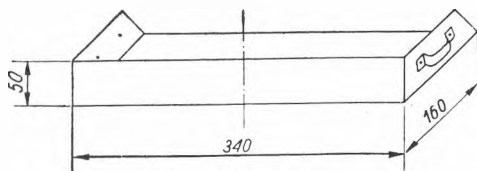


Obr. 1. Plán výskumných svahových plôšok a zariadení na zachytávanie spláchnutého materiálu WSR v Olsztyne (podľa Niewiadomského a Skrodzkeho).

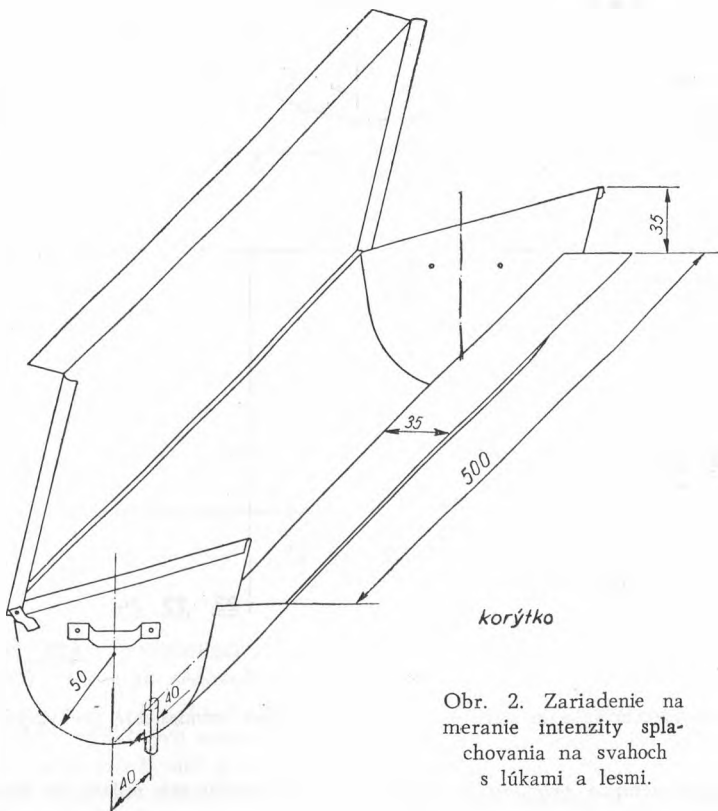
Disponujúc väčším množstvom kontrolných plôšok o rôznych dĺžkach, inom uhle sklonu, rôznom spôsobe kultivácie (vrstevnicová, po spáde) a tiež inom spôsobe využitia (lúka, ďatelina, pšenica, okopaniny) možno touto metódou zistiť vplyv týchto elementov na veľkosť splachu pôdy. Jednako však malé rozmery plôšok, umele izolovaných z celého svahu vytvárajú neprirodzené pomery pre rozvoj procesov splachu pôdy. Preto sa výsledky, získané na týchto plôškach, nemôžu vzťahovať na dlhé svahy.

4. Metóda používajúca korýtkovité zberné nádoby na meranie odtoku vôd zo svahu a stupňa ich znečistenia. Pre zistenie intenzity splachu pôdy na svahoch s lúkami,

pasienkami a lesmi sa používajú záchytné nádoby a žliabky (13, 15, 36). Záchytná nádoba podľa Schmida (obr. 2) je obdĺžniková plechová škatuľka o rozmeroch $34 \times 16 \times 5$ cm a z troch strán ohraničená stenami. Dve bočné steny majú záchytky. Vzhľadom na tieto záchytky a geodetické ihlice zostáva škatuľka silno pripevnená na povrchu svahu. Záchytná nádoba podľa Schmida vzhľadom na malý objem a s tým súvisiace časté



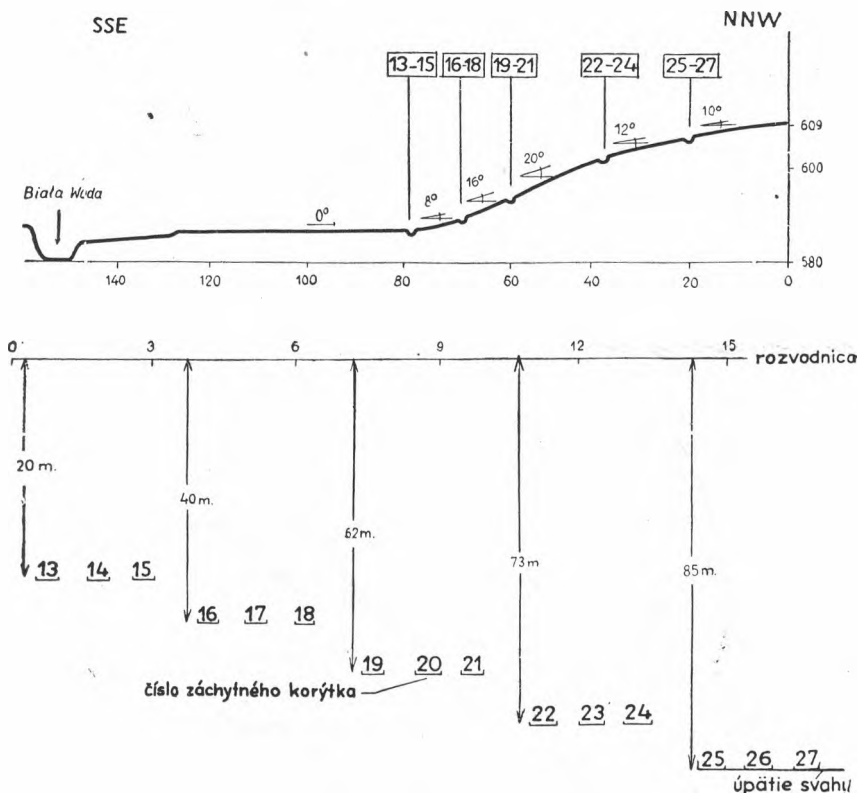
Záchytná nádoba (podľa SCHMIDA)



Obr. 2. Zariadenie na meranie intenzity splačovania na svahoch s lúkami a lesmi.

prelievanie sa vody nie je dosť presná. Presnejšie výsledky dáva plechové korýtko. Rozmery korýtka sú: dĺžka 50 cm, šírka 10 cm, hĺbka 8 cm. Na dne korýtka je otvor vo forme niekoľkokocentimetrovej rúrky. Na rúrku sa natiahne gumová hadica, ktorou odteká voda so spláchnutým materiálom do 5 alebo 10 l sklenice. Korýtko je opatrené pohyblivou pokrývkou kvôli zamedzeniu dopadu vody priamo z atmosférických zrážok. Na bočných stenách sú záchytky. Pomocou týchto záchytky a geodetických ihlíc sa plechový žliabok silno a priliehavo pripevní na povrchu svahu (obr. 3).

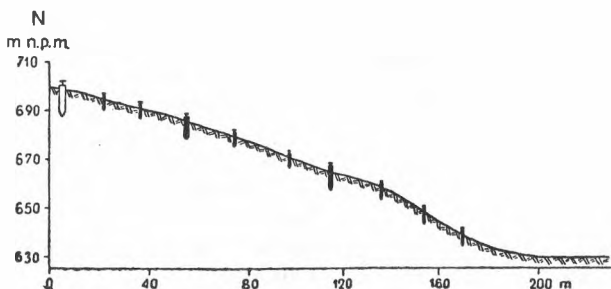
Takto konštruované a tesne do svahu pripevnené korýtka umožňujú zistiť množstvo vody, stekajúcej po svahu a množstvo materiálu unášaného zrážkovou vodou. Pre uniknutie prípadných hodnôt sa v každom meranom úseku umiestia 2 alebo 3 korýtka. Voda obsahujúca zemitý materiál sa precdí cez filter z filtračného papiera, ktorý sa potom vysuší a zváži. Na základe hodnôt, získaných z dvoch alebo troch korýtok v jednom mernom úseku, sa vypočíta rozsah splachu pôdy na svahu nad korýtkami. Rozmiestenie korýtok v rôznych vzdialenostiach od rozvodia umožňuje určenie intenzity splachu vody na jednotlivých úsekoch a v celej dĺžke študovaného svahu.



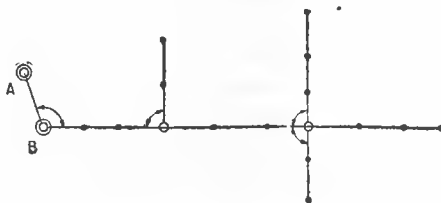
Obr. 3. Výskum splachu pôdy — profil svahu a plán rozmiestenia záchytných korýtok.

5. *Metóda merania prietoku vody v riekach a stupňa ich mútnosti.* Táto metóda sa používa na zistenie strednej intenzity denudačných procesov na celom povrchu príslušného povodia. Záleží na určení objemu odtoku vody z daného povodia, ako aj vypočítania materiálu, unášaného v pretekajúcej vode. Pre malé povodia sa pre tento cieľ používajú betónové priehradky s trojuholníkovým priepadom, vodomernou latou a limniografom. Naproti tomu sa pre povodia periodicky odvodňované používa špeciálne vratké korýtka s počítačom vyprázdňovania. Takéto korýtka o určitej šírke a obsahu je uložené v betónovom kondenzátore na dne doliny. Na základe počtu (častosti) vyprázdnení korýtko sa vypočíta objem odtoku.

V dobe odtoku vody sa v stanovených termínoch odoberajú vzorky odtekajúcej vody kvôli zisteniu množstva splavenín. Voda o množstve 1 alebo 2 dcm³ sa precedí a zachytený materiál na filtri sa usuší a zváži. Poznajúc prietok a váhu unášaného materiálu v 1 dcm³ vody môžeme ľahko vypočítať váhu materiálu, ktorý bol odnesený z okruhu daného povodia. Táto súhrnná váha materiálu odplaveného z bazénu, vyjadrená v tonách alebo metroch kubických a rozložená na povrch bazénu, označuje množstvo splavenín odnesených v danom čase z 1 ha alebo 1 km² (3, 9, 10, 11, 18, 22, 28, 33, 35, 37, 43, 44).



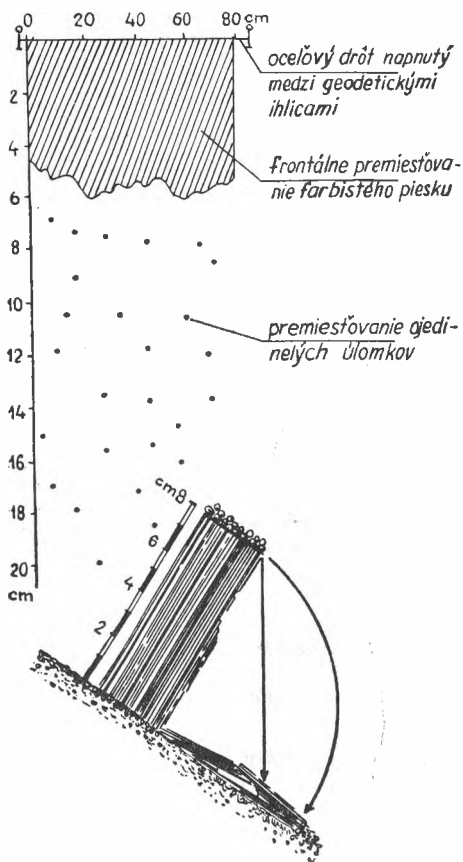
- ● hlavný repér
- pomocný repér
- odmerné kalítky



Obr. 4. Výskum zliezania materiálu: profil svahu a plán rozmiestenia repérov a kontrolných bodov.

Táto metóda umožňuje kvantitatívne oceniť priemernú denudáciu na povrchu celého povodia. Naproti tomu však nedovoľuje určiť jej priestorovú diferenciáciu.

6. *Metóda kontrolných meraní na založených repéroch.* Táto metóda sa používa na zisťovanie súčasných výškových zmien v určitej polohe povrchu svahu. Za týmto účelom sa na vhodnom svahu založí sieť stálych pevných bodov (repérov). Repéry sa zakladajú pozdĺž dvoch profilových ťahov (línii), ktoré prebiehajú navzájom rovnobežne od návršia k osi doliny. Vzdialenosť medzi týmito líniami má byť asi 10 m. Na oboch profiloch sa v rôznych vzdialenostiach od rozvodia zakladá niekoľko repérov. Treba dbať, aby relatívne výšky repérov na oboch liniách boli viac-menej rovnaké. Tieto repéry sa používajú stĺpiky, ktoré na jednom konci majú okrúhly otvor. Tieto stĺpiky sa zapustia do zeme do takej hĺbky, aby vyčnievali len 2—5 cm z povrchu. Do otvorov v stĺpkoch sa vkladajú ocelové rúrky o výške 50 cm a potom sa presne vyznačí výška rúrok vyčnievajúcich ponad povrch betónového stĺpika. V hornej časti rúrok sú otvory. Medzi dvoma rúrkami sa cez diery pretiahne drôt a napína sa občas tou istou silou.



Obr. 5. Meranie premiestovania materiálu pôsobením vláknitých foriem z ľadových kryštálikov.

Na napnutom drôte sa vo vzdialenostiach po 20 cm, prípadne 50 cm presne merá zvislá vzdialenosť medzi napnutým drôtom a povrchom pôdy. Takéto merania sa vykonávajú medzi všetkými repérmi po celej dĺžke svahu. Získané hodnoty sa vyznačia na milimetrovom papieri, a tak sa vykreslí počiatočný profil povrchu svahu. Opakujúc merania každého roku v priebehu dlhšieho obdobia napr. desaťročia, prípadne dvadsaťročia, zároveň porovnávajúc ich s počiatočným stavom sa číselne vyjadri intenzita degradácie alebo agradácie na jednotlivých úsekoch svahu (29).

Metóda kontrolných meraní na založených repéroch sa používa tiež na zistenie rýchlosti sklzania a zosypávania materiálu, ako aj jeho premiestovania vláknitým ľadom (obr. 4, 5). Hlavná zásada v bádaniach tohto druhu je presné určenie počiatočnej polohy odmerných bodov

(napr. kolíkov) vzhľadom na stále repéry a potom kontrolnými zisťovaniami veľkosti zmien, ktoré sa stali počas daného obdobia. Z veľkosti zmien v polohe odmerných bodov sa usudzuje o intenzite zliezania alebo usadzovania materiálu (5, 14, 29, 34, 36).

NEPRIAME METÓDY

1. *Metóda vyznačenia rozmanitosti v stavbe pôdných profilov v rôznych častiach svahu.* Metóda výskumu stavby pôdneho profilu na svahoch oproti už uvedeným metódam dáva len sumárne charakteristiky stupňa poškodenia pôd za dlhšie obdobie. Táto metóda je pedologická a opiera sa o predpoklad, že hrúbka pôdnej pokrývky pred začatím hospodárskej činnosti človeka (pod lesnou vegetačnou pokrývkou) bola viacernej rovnaká na celej dĺžke svahu. Je známe, že kompaktný rastlinný kryt znemožňuje rozvoj procesov splachu pôdy na svahoch. V takýchto podmienkach vďaka pôdotvorným procesom sa na celom povrchu svahov dialo postupné a rovnomerné narastanie pôdnej vrstvy a zároveň aj vytváranie charakteristických pôdných horizontov. Vyrúbanie lesov na svahoch a premena ich povrchu na orné polia zapríčinili silný rozvoj erozívnych procesov. V priebehu času tieto procesy spôsobili veľké rozdiely hrúbky pôdnej vrstvy

na svahoch. Táto metóda spočíva viac na štúdiu stavby pôdnych profilov pozdĺž svahového profilu, ktorý prebieha po líniu najväčšieho spádu od slemena k osi doliny. Takýto smer výskumu je daný tým, že pohyb pôdnych častíc vplyvom procesov splachu a gravitačného premiestovania sa deje po líniách najväčšieho spádu.

Na vytýčenom profile sa kopú sondy na návrší (slemeni), ďalej na svahu a aj na úpätí. Miesta jednotlivých odkryvov sa vyberajú tak, aby dobre charakterizovali všetky úseky svahu a umožňovali vykresliť hranice a priebeh charakteristických pôdnych horizontov v celej dĺžke svahu. V odkryvoch sa zistí celková hrúbka pôdneho profilu, vymedzia sa genetické pôdne horizonty a zároveň sa charakterizujú. V charakteristike pôdnych horizontov sa prihliada na sled horizontov, ich farbu, mechanické zloženie, štruktúru a textúru pôdneho materiálu a tiež na výskyt CaCO_3 .

Doterajšie pedologické bádania ukazujú, že na plochom slemeni je pôdny profil úplný, t. j. má všetky genetické pôdne horizonty, charakteristické pre daný typ pôdy. Naproti tomu vzdalovaním sa od slemena dolu k osi doliny je stavba pôdneho profilu v jednotlivých úsekoch svahu porušovaná. Tak sú poniže plochého návršia v hornom a strednom úseku svahu genetické pôdne horizonty obyčajne stenčené a slabo vyvinuté a v mnohých prípadoch úplne chýbajú. Naproti tomu v dolnej časti svahu je celková hrúbka pôdneho profilu väčšia, jednotlivé pôdne horizonty sú značne hrubšie a humózná vrstva presahuje niekedy hrúbku 1 m. Porovnanie stavby jednotlivých pôdnych profilov, ktoré vystupujú v rôznych častiach svahu so stavbou pôdneho profilu na plochom návrší, umožňuje sumárne určenie stupňa zmytosti pôd na svahoch a zároveň dáva ukazovatele, ktoré sa vzťahujú na prevládajúce zákonitosti rozvoja procesov svahovej modelácie najmä zmyvu pôdy. Takéto porovnanie nedovoľuje však získať kvantitatívne údaje vzhľadom na priebeh a intenzitu svahových procesov v priebehu roka alebo niekoľkých rokov. Zaregistrovaný stav je výsledkom procesov, ktoré prebiehali na svahoch v celom období hospodárenia človeka (1, 8, 16, 22, 27, 32, 37, 45).

2. *Metódy stanovenia kvalitatívnych a kvantitatívnych rozdielov vo fyzikálnych a chemických vlastnostiach pôdy.* Táto metóda je doplnením predchádzajúcej metódy. Spočíva v určení rozdielov vo fyzikálnych a chemických vlastnostiach pôdy. Z fyzikálnych vlastností je dôležité mechanické zloženie a z chemických najmä obsah CaCO_3 . Z malého obsahu splachovaných pôdnych častíc (o zrne menšom ako 0.02 mm) a veľkého podielu piesočno-úlomkovitej frakcie v pôdach na svahu v porovnaní s pôdami na návrší a úpätí sa usudzuje o pokročilosti procesov zmyývania (slabo zmyté a silno zmyté pôdy, naplavené pôdy). Rovnako z hĺbky uloženia karbonátového horizontu pôdneho profilu (s veľkým obsahom CaCO_3) sa usudzuje o miere zdegradovania pôdnej vrstvy. Ak sú povrchové horizonty pôdy odvápnené, svedčia o tom, že na tomto úseku svahu prevláda vylúhovanie pôdy nad splachom, a naopak, keď horné horizonty sú silno vápnité, nasvedčujú tomu, že na takomto úseku prevláda splach nad vylúhovaním pôdy (8, 21, 22, 27, 32, 37, 45). Určenie zrnitostného zloženia a obsahu CaCO_3 v teréne sa vykonáva terénnymi metódami a doplnenia laboratórnymi metódami (21).

3. *Metóda vypočítania kubatúry materiálov usadených v priehradných nádržiach.* Táto metóda umožňuje zistenie priemernej denudácie na povrchu celého povodia. Spočíva na dôkladnom zmeraní plochy akumuláčnej pokrývky nad priehradou a zároveň na vyhlbení potrebného množstva sond v tejto pokrývke kvôli zisteniu priemernej hrúbky akumulácie. Dve hodnoty, a to veľkosť povrchu a hrúbka akumulácie umožňujú vypočítať kubatúru usadeného materiálu, na dne nádrže od chvíle jej založenia. Kubatúra materiálu, rozdelená na počet rokov existovania priehrady a tiež na plochu povodia, umožňuje kvantitatívne posúdiť celkovú denudáciu v povodí v priebehu roka. Uvedenú metódu možno často použiť v prípade protištrkových priehrad (prekážok). Naproti tomu

v prípade hydroenergetických priehrad môžu byť merania vykonané len zriedka, t. j. len pri výnimočne nízkych stavoch vody v nádrži (3, 28, 30, 32).

4. *Metóda podrobného geomorfologického mapovania.* Táto metóda záleží na mapovaní mladých erózných, denudačných a akumuláčnych foriem, ako aj zistení ich rozmerov. Tieto zistené fakty popri priestorovej lokalizácii jednotlivých typov foriem umožňujú určiť plochu, ktorú zaberajú tieto formy, vypočítať obsah erózných a denudačných foriem a tiež objem akumuláčnej pokrývky. Dovoľuje to posúdiť stupeň zničenia starého reliéfu a aj povrchu a veľkosť jeho premodelovania v období holocénu (38).

INTENZITA SÚČASNÝCH MORFOGENETICKÝCH PROCESOV V POLSKÝCH KARPATOCH

Na území poľských Karpát sa bádania intenzity súčasných morfofenetických procesov vykonávajú pomocou priamych a nepriamych metód. Bádania uskutočňujú rôzne vedecké strediská a jednotlivci (39, 40). Pozorovania a merania sa dotýkajú: mechanického zvetrávania, hĺbkovej erózie, chemickej erózie, zliezania a zosúvania materiálu, gravitačného premiestovania osypového štrkového materiálu, premiestovania pôdy pôsobením vláknitého ľadu, vertikálnych pohybov pôdy pod vplyvom zamrzania a rozmrzania, deflácie a eolickej akumulácie a aj priemernej denudácie v celom povodí.

Rýchlosť mechanického zvetrávania a ústupu skalnej steny sa študuje pomocou detailných pozorovaní vybraných skalných stien a merania materiálu odpadnutého z týchto stien. V Beskide Wysokom v rajóne Babej hory nad hornou hranicou lesa Niemirowski zistil, že z 1 m² holej steny magurského pieskovca počas jedného roku odpadne asi 1–2 cm³ materiálu. To sa rovná ústupu skalnej steny o 0,001–0,002 mm/rok (23).

Rozsah súčasného splachu pôdy na svahoch, spadajúcich pod roľnícku kultiváciu, sa zisťuje pomocou merania objemu erózných brázd a na zatravnených svahoch pomocou záchytných korýtok (13, 15). Výsledky získané z územia Jaworiek ukázali, že roľnícky upravovaný svah o vypuklo-prehnutom tvare a sklone 16° sa za jeden rok znížil o 2,5 mm. Naproti tomu svah podobného tvaru, ale zatravnený, za tú istú dobu sa znížil len o 0,001 mm/rok.

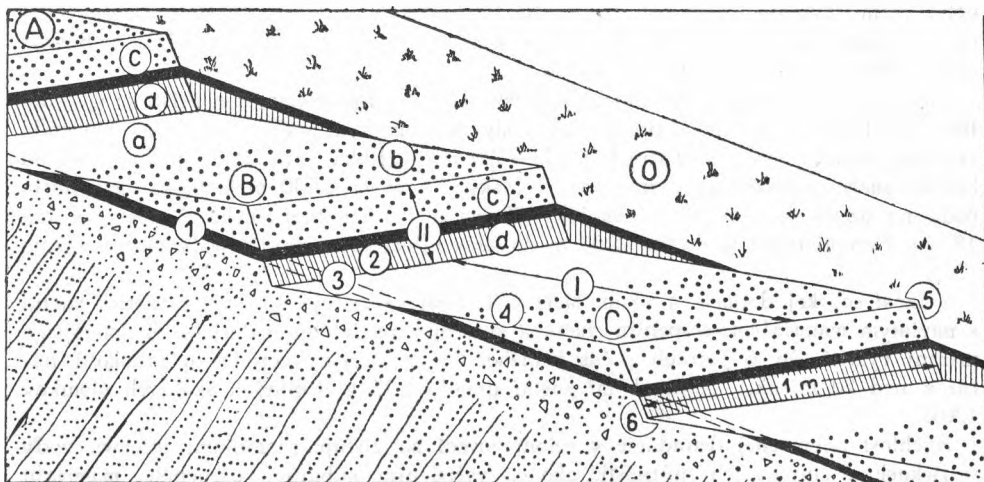
Historický priebeh intenzity splachu na svahoch sa zisťuje pomocou analýzy stavby pôdných profilov. V prípade svahu s terasovými poľami sa v rámci jednotlivých terasových poľí vypočítava obsah degradačných foriem a kubatúra agradačnej pokrývky (obr. 6). Z analýzy terasových poľí na svahu doliny Bialej Wody v Jaworkach pri Szczawnici, ktorá bola zároveň doplnená výpočtami, vyplýva, že terasové polia nie sú skutočným prostriedkom na celkové spomalenie erózie pôdy na svahoch. Na svahu o vypuklo-prehnutom tvare terasy zadržali len 40 % premiestovaného materiálu a 60 % materiálu bolo odnesené do riečišťa Bialej Wody. Popri vzniku mikroreliéfu terasových poľí uvedený svah bol za dobu okolo 300 rokov na vypuklom úseku znížený o 14 cm a na prehnutom úseku o 27 cm (16). V prepočítaní na jeden rok sa to rovná zníženiu 0,04 cm na vypuklom úseku a 0,09 cm na prehnutom úseku.

Priemerná rýchlosť hĺbkovej erózie sa za dlhšie obdobie napr. holocénu určuje meraním hĺbky holocénnych erózných foriem a rozdelením tejto hĺbky počtom rokov trvania tohto obdobia. Z čísiel, udávaných Starkelom (38), určujúcich hĺbku holocénneho omladenia reliéfu poľských flyšových Karpát, vyplýva, že priemerná rýchlosť hĺbkovej erózie za celú holocénnu dobu pre rôzne regióny Karpát je 0,1–2,0 mm/rok.

Rýchlosť chemickej erózie sa zisťuje pomocou chemických metód (25, 26) a metódy elektrického odporu (4). Z doterajších údajov (11, 25, 26) vyplýva, že množstvo ma-

teriiu, odnášaného v rozpustenom stave, sa pohybuje v medziach 20–80 t/km²/rok. To odpovedá strednému zníženiu celého povodia o 0,01–0,04 mm/rok.

Rýchlosť zliezania materiálu sa určuje pomocou dubových kolíkov, zastrčených do svahu podľa presne zostaveného plánu a opakovaných geodetických meraní (13). Merania, ktoré sa vykonali v priebehu 2–5 rokov vo Wysokom Beskide pri Szczawnici, ukázali, že sklzavanie materiálu sa dialo len v silne prevlhčených miestach, ktoré prevažne v priebehu celého roka boli podmáčané spodnou vodou. Veľkosť presunu materiálu v týchto miestach je 3–70 mm/rok. Naproti tomu v miestach s normálnou



Obr. 6. Výskum historickej erózie pôd na svahoch: určenie obsahu erózných foriem (Vd) a objemu agradačnej pokrývky (Va) $Vd = d \frac{1}{2} a \cdot 1 \text{ m}$; $Va = c \frac{1}{2} b \cdot 1 \text{ m}$. Pomer týchto dvoch veličín určuje účinnosť terasových polí, ako aj množstvo materiálu, odneseného z terasy. O — hladký svah (bez terasových polí), A, B, C — terasové polia na svahu.

I. Mierne naklonený povrch terasy tzv. „lavica terasy“ využitá na orné polia. a — erózný povrch, b — agradačný povrch.

II. Strmý okrajový svah terasy, pokrytý drnom alebo krovím. c — agradačný úsek (naplavená pôda), d — erózný (degradačný) úsek.

1 — humózná vrstva in situ, 2 — spodnejšie genetické horizonty pôdneho profilu, 3 — fragment zrekonštruovaného svahu, 4 — priesečná línia zrekonštruovaného svahu so súčasným svahom, 5 — vypuklý ohyb, 6 — vklesnutý ohyb.

vlhkosťou sa nepotvrdili nijaké premiestovania materiálu. Také isté merania sa uskutočnili v Tatrách nad hornou hranicou lesa, kde na južnom svahu doliny Jaworzynky ukázali premiestenie vrchnej vrstvy pôdy o 5–100 mm/rok.

Plocha, kubatúra a rýchlosť zosunov sa určuje podrobným geomorfologickým mapovaním (12, 38, 41). Z doterajších bádaní vyplýva, že procesy zosúvania sa vyskytujú najviac v rokoch s hojnými dažďami. V niektorých karpatských regiónoch meria plocha zosunov až niekoľko desiatok hektárov na 1 km². Kubatúra premiestených zemitých más alebo skalných zvetralín dosahuje veľa miliónov metrov kub. Rýchlosť zasúvania materiálu sa pohybuje od niekoľko centimetrov až do niekoľko desiatok metrov za deň.

Rýchlosť a dĺžka gravitačných premiestovaní úlomkovitého skalného materiálu sa zisťuje pomocou kolíkov a zafarbenia skalných úlomkov v určitých líniách. Merania uskutočnené v Tatrách ukázali, že pohyb ostrohranného materiálu v štrkových kuželoch (úšustoch) je povrchový. Dĺžka frontálneho premiestovania počas roka kolíše v hraniciach 7—98 cm a jednotlivých skalných úlomkov až na vzdialenosť 63 m.

Rozloha (rozmery) premiestovania materiálu vláknitým ľadom sa zisťuje pomocou napnutého drôtu a farbistého piesku. Merania v Tatrách ukázali, že povrchová vrstva pôdy počas jedného dňa podlieha premiesteniu o 2—5 cm dolu po svahu. Táto hodnota znásobená počtom dní s vláknitým ľadom počas roka udáva veľkosť priemerneho premiestovania materiálu na svahu. V Tatrách v blízkosti Hali Gasienicovej sa pôsobením vláknitého ľadu premiestuje materiál priemerne 38 cm (14) a v Beskydách v okolí Jaworiek okolo 20 cm/rok.

Amplitúda vertikálnych (kolmých) pohybov pôdy sa určuje pomocou prístroja systému Baca (ruchomierz) a hĺbka premrznania pôdy mrazomerom podľa Danilina. Amplitúda zvislých pohybov pôdy v Tatrách je 33—120 mm. Hĺbka zamrznutia pôdy závisí od hrúbky snehovej pokrývky a nadmorskej výšky. Vo výške 1500 m je hĺbka zamrznutia pôdy na území bez snehovej pokrývky 62 cm a pri strednej snehovej pokrývke len 18 cm. Naproti tomu vo výške 2100 m dosiahla hĺbka premrznutia pôdy viac ako 1 m (20).

Veľkosť eolickej deflácie a akumulácie v Tatrách sa zisťuje odobratím vzoriek snehu s naviatym materiálom, stopením snehu a zvážením naviatého materiálu. Z doterajších meraní vysvitá, že v Tatrách počas jedného dňa so silným vetrom (o prudkosti nárazov nad 20 m/sek.) sa na 1 m² snehu usadilo 235 g drobných skalných úlomkov (20).

Rýchlosť priemernej denudácie v celom povodí sa zisťuje meraniami prietoku vody v riekach a stupňa ich mútnosti, ako aj vyčíslením kubatúry usadeného materiálu v priehradných nádržiach. Z publikovaných materiálov vyplýva, že množstvo unášaného materiálu (splavenín) na rôznych karpatských riekach sa počas jedného roka pohybuje v medziach 14—130 t/km, čo odpovedá 10—93 m³ (11, 18). Naproti tomu kubatúra materiálu uloženého v priehradných nádržiach v prepočítaní na 1 km² kolíše v medziach 41—123 m³/rok (28, 30, 32). Stredná hodnota z týchto dvoch čísiel určuje veľkosť priemernej mechanickej denudácie na povrchu celého povodia. Pre rôzne povodia sa pohybuje v medziach 51—216 m³/km²/rok. Odpovedá to strednému zníženiu celého povrchu o 0,051—0,216 mm/rok. Keď k tomu pridáme ešte 20—80 t/km²/rok (10—40 m³) materiálu, odnášaného z povodia v rozpustenom stave, dostaneme veľkosť celkovej mechanickej a chemickej denudácie v danom povodí. Pre karpatské rieky sa pohybuje medzi 61—256 m³/km²/rok, čo sa rovná strednému zníženiu celého povrchu o 0,061—0,256 mm/rok.

Zo stručného hodnotenia súčasných morfofenetických procesov vyplýva, že ich intenzita je veľmi rôzna (tab. 1). Z hľadiska významu (dôležitosti) týchto procesov v modelácii terajšieho reliéfu možno ich zoradiť takto:

Na prvom mieste je hĺbková erózia v korytách potokov a riek, tiež zosúvanie, usadzovanie a splachovanie pôdy na strmých svahoch, ktoré priamo prechádzajú do riečnych koryt. Poukazuje to na rýchlosť priemerneho zahľbovania dolín v holocéne, ako aj na veľkosť stredného zníženia plochy 1 km², vypočítaná z kubatúry materiálu usadeného v priehradných nádržiach (tab. 1).

Na druhom mieste sú zosuny na svahoch. V tabuľke 1 sa nebral zreteľ na tieto procesy, pretože ich nemožno porovnávať s inými procesmi. Zosuny vo flyšových Karpatoch sú veľmi všeobecné. Rozloha zosunov v rôznych oblastiach Karpát záberá

Tabuľka 1

Intenzita súčasných morfoгенетických procesov v poľských Karpatoch

Por. č.	Jav	Nadmorská výška	Proces	Hodnoty v mm/rok	Metóda merania
1.	Prehlbovanie dolín		hlbková erózia	0,1—2,0	vypočítanie z hĺbky holocénnych dolín
2.	Zníženie svahu pokrytého oráčinou	600 — 700	splach pôdy	2,5	meranie obsahu erózných brázd
3.	Zníženie terasovaného svahu s oráčinami	700 — 800	splach pôdy - presunovanie pôdy pluhom	0,4—0,9	rozdiely v tvárnosti pôdnych horizontov, vypočítanie obsahu erózných foriem a objemu agradačnej pokrývky
4.	Zníženie svahu pokrytého lúkou	600 — 700	splach pôdy	0,001	záchytné korýtka
5.	Ústup pieskovej stený	1600 — 1700	vetranie - odpadanie materiálu	0,001—0,002	meranie kubatúry odpadnutého materiálu
6.	Rozsah frontálneho premiestovania materiálu v ústoch (sutinových kužeľoch)	1500 — 1600	posunovanie	70—980	kontrolné meranie na založených repéroch
7.	Rozsah frontálneho premiestovania pôdy vláknitými formami z ľadových kryštálov	1500 — 1600 600 — 700	zamŕzanie - rozmŕzanie	380 200	kontrolné meranie na založených repéroch
8.	Rozsah zliezania pokrývky vápnitodolomitických zvetralín	1500 — 1600	zliezanie	5—100	kontrolné meranie na založených repéroch
9.	Rozsah zliezania pokrývky flyšových zvetralín na veľmi prevlhčených miestach	600 — 700	zliezanie	3—70	kontrolné meranie na založených repéroch
10.	Priemerné zníženie celého povrchu pôsobením erózie a mechanickej denudácie:		erózia - mechanickej denudácia		
	a) vypočítané na základe množstva splavenín odnesených z povodia,			0,01—0,093	prietok a množstvo splavenín
	b) vypočítané na základe kubatúry akumulácie vo vodných priehradných nádržiach			0,041—0,123	vypočítanie kubatúry usadenín v priehradných nádržiach
11.	Priemerné zníženie vplyvmi chemickej erózie		vylúhovanie	0,01—0,04	chemická metóda, založená na elektrickom odpore

až vyše 50 % z plochy 1 km² a kubatúra premiestnených más dosahuje vo vlhkých rokoch stovky, tisíce, ba aj mnoho miliónov m³/km².

Na ďalšie miesta treba zaradiť:

splach pôdy na svahoch s poľnohospodárskou kultiváciou,

zosúvanie na úšustoch (štrkových osypoch),

premiestovanie zemín vplyvom zamrzania a odmrzania (vláknité formy z ľadových kryštálov),

zliezanie zvetralín,

vylúhovanie,

splach pôdy na svahoch s lúkami,

mechanické zvetrávanie holých pieskovcových stien.

Uvedená postupnosť dôležitosti súčasných morfoгенетických procesov môže byť v rôznych regiónoch Karpát odlišná. Ďalšie výskumy sa majú zameriavať na veľmi dôkladné štúdium a zisťovanie úlohy týchto procesov v pretváraní reliéfu. Správna cesta pre objasnenie tohto problému je použitie priamych a nepriamych metód, ktoré spravidla spojené a súčasne použité dávajú kľúč k poznaniu typu a rýchlosti súčasného preformovania reliéfu v rôznych klimatických pásmach.

LITERATÚRA

1. Bac S., *Przyczynek do badan nad zmiana polozenia powierzchni ornych gruntów lessowych*. Roczn. Nauk Roln. i Leśn. T. 19, Poznań 1928. — 2. Bac S., *Ruchy warstw gleby wskutek zamarzania i tajania*. Wiadomości Służby Hydrologicznej i Meteorologicznej. Warszawa 1950. — 3. Chomiak T., *Badania PIHM nad zaladowaniem zbiornika Czchowskiiego*. Gospodarka Wodna Nr 12. 1960. — 4. Corbel J., *Vitesse de l'erosion*. Zeitschrift für Geomorphologie Band 3. Heft 1. 1959. — 5. Czeppe Z., *Roczny przebieg mrozowych ruchów gruntu w Hornsundzie (Spitsbergen) 1957/1958*, Zeszyty Naukowe Nniwersytetu Jagiellónskiego. Prace Geogr. z. 3. Kraków 1961. — 6. Demek J., Seichterova H., *Eroze půdy a vývoj svahu v současných podmínkách ve střední části ČSSR*. Sbornik Československé Společnosti Zeměpisné, č. 1, s. 67, 1962. — 7. Demek J., *Hangforschung in der Tschechoslowakei*. Nachrichten der Akademie der Wissenschaften in Göttingen. Göttingen 1963. — 8. Dobrzanski B., Gliniski J., Guz T., *Terasowanie zboczy jako czynnik kształtowania erodowanych gleb dorzecza Bialej i Czarnej Wody*. Roczniki Gleboznawcze. T. IX. z. 2. Warszawa 1960. — 9. Dub O., *Intenzita erózie i jej stanovenie hydrologickými metódami*. Vodohospodársky časopis. Bratislava 1955. — 10. Zachar D., *Erózia pôdy*. Vyd. SAV, Bratislava 1960.
11. Figula K., *Erozja w terenach górskich*. Wiadomosci IMUZ T. 1. z. 4. 1960. — 12. Gerlach T., Pokorný J., Wolnik R., *Osuwisko w Lipowicy*. Przegląd Geogr. T. 30. z. 4. Warszawa 1958. — 13. Gerlach T., *Wstępne badania nad intensywnością współczesnych procesów denudacyjnych w Jaworkach k Szczawnicy*. R. N. R. T. 72-F-3. 1958. — 14. Gerlach T., *Łód ulóknisty i jego rola w przemieszczeniu pokrywy zwietrzelinowej w Tatrach*. Przegląd Geogr. T. XXXI. z. 3—4. 1959. — 15. Gerlach T., *Extension des transformations des versants meridionaux du Haut Beskide a l'epoque actuelle*. Report of the VI International Congress on Quaternary. Vol. 3. Geomorphological Section Łódź 1963. — 16. Gerlach T., *Les terrasses de culture comme indice des modifications des versants cultivés*. Nachrichten der Akademie der Wissenschaften in Göttingen. Göttingen 1963. — 17. Jahn A., *Polish I. G. Y. Spitsbergen Expeditions in 1957, 1958, and 1959, Quantitative analysis of some periglacial processes in Spitsbergen*. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Wrocławskiego, seria B. Nr 5. 1961. — 18. Jarocki M., *Ruch rumowiska w ciekach*. Badanie oraz obliczanie ilości materiału wleczonego i unoszonego. Gdynia 1957. — 19. Jońca E., *Wpływ gryzoni i kretów na erozje gleb na Przedgórze Walbrzyskim (Sudety Środkowe)*. Czasop. Geogr. T. XXXV. z. 1. 1964. — 20. Kłapa M., *Prace Stacji Badawczej Instytutu Geografii PAN na Hali Gasieniowej w latach 1960 — 1961*. Przegląd Geogr. T. XXXV. z. 2. 1963.

21. Lityński T., *Analiza chemiczno-rolnicza*. PWN, Kraków 1962. — 22. Mazur Z., *Okreslenie natezenia erozji wodnej na terenie lessowym Zakladu Rolniczo-Doswiadczalnego Elizówka*. Annales Univ. Mariae Curie-Skłodowska. Vol. XIII. z. 6. sectio E. Lublin 1958. — 23. Niemirowski M., *Rola współczesnych procesów morfogenetycznych w kształtowaniu obszaru szczytowego Babiej Góry*. Praca magisterska, Kraków 1960. — 24. Niewiadomski W., Skrodzki M., *Urządzenia chwytne do pomiaru natezenia stokowego w ścisłym doswiadczeniu polowym*. R. N. R. T. 73-F-4. 1959. — 25. Oleksynowa K., Komornicki T., *Materiały do znajomości wód w Tatrach*. Cz. I. Dolina Strazyska. Zeszyty Naukowe WSR w Krakowie, Rolnictwo, z. 1. 1956. — 26. Oleksynowa K., Komornicki T., *Materiały do znajomości wód w Tatrach*. Cz. 5. Dolina Chochołowska. Zeszyty Nauk. WSR. Rolnictwo z. 7. 1960. — 27. Oswiecimski A., *Badania rolniczo-melioracyjne erozji gleb w Polsce*. Czasop. T. XXXII. z. 3. 1961. — 28. Pietruszewski W., *Zabudowa potoków czy zbiorniki retencyjne?* Gospodarka Wodna, Warszawa 1949. — 29. Pauget J., *Méthodes d'étude des versants et principaux resultats obtenus sur Labe, Guinée Francaise*. A. O. F. Premier rapport de la Commission pour l'étude des versants. Union Géogr. Intern. 1956. — 30. Prochal P., *Przyrodnicze i techniczne podstawy walki z erozją gleb w górnym dorzeczu Soli*. R. N. R. T. 74. ser. F. z. 2. 1960.

31. Rapp A., *Recent development of mountain slopes in Kärkevagge and surroundings Northern Scandinavia*. Geogr. Annaler. Vol. 42. 1960. — 32. Reniger A., *Erozja gleb na terenie podgórskim w obrebie zlewni potoku Lukawica*. R. N. R. T. 71-F-1. 1955. — 33. Reniger A., *Ilość materialu unoszonego ze zlewni podgórskiej rzeki Mleczi*. Gospodarka Wodna z. 7. 1957. — 34. Rougerie G., *Le faconnement actuel des modelés en Cote D'ivoire forestière*. Mémoires de L'Institut Français D'Afrigue Noire, Ifan — Dacar 1960. — 35. Sadurska E., *Materiał unoszony przez rzeki Bystra jako miernik natezenia erozji wodnej gleb*. Pamietnik Pulawski. PWRL. z. 12. 1964. — 36. Schmid J., *Klima, Boden und Baumgestalt im beregneten Mittelgebirge*. Freiburg Neudamm 1925. — 37. Sobolew S. S., *Razwitié erozjonnych procesow na teritorii europejskiej czasti SSSR i borba z nimi*. Izd. SSSR. T. I. 1948 i T. II. 1960. — 38. Starkel L., *Rozwój rzezby Karpat fliszowych w holocenie*. Prace Geogr. Inst. Geogr. PAN. Nr. 22. Warszawa 1960. — 39. Starkel L., *Stan badań nad współczesnymi procesami morfogenetycznymi w Karpatach*. Czasop. Geogr. T. XXXII. z. 4. 1962. — 40. Starkel L., *Der Stand der Forschungen über die morphogenetischen Prozesse im Quartär in den Karpathen*. Nachrichten der Akademie der Wissenschaften in Göttingen. Göttingen 1963.

41. Teisseyre H., *Dalsze spostrzeżenia nad osuwiskiem w Krasnoili*. Sprawozdania P. I. G. 8. Warszawa 1935. — 42. Teisseyre H., *Materiały do znajomości osuwisk w niektórych okolicach Karpat i Podkarpacia*. Rocznik PTG. 12. Warszawa 1936. — 43. Woźniak Z., *Przebieg i rozmiary współczesnego modelowania zlewni potoku Bilczyckiego przez procesy denu-dacyjne*. Dokumentacja Geogr. z. 5. Warszawa 1963. — 44. Ziemska Z., *Próba spostrzeżeń i badań nad erozją wód Wisłoka*. Czasop. Geogr. T. VI. 1928. — 45. Ziemnicki S., *Mazur Z., Przekrój zbocza jako odzwierciedlenie erozji gleb*. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska. sectio E, vol. X. z. 3. Lublin 1955.

Z polštiny preložil Š. Bučko

Tadeusz Gerlach

DIE METHODEN UND DER GEGENWÄRTIGE STAND DER FORSCHUNG DER MORPHOGENETISCHEN PROZESSE IN DEN POLNISCHEN KARPATEN

Die Forschungen, welche die Intensität der gegenwärtigen morphogenetischen Prozesse betreffen, werden unter Anwendung verschiedener Methoden sowie von verschiedenen Spezialisten-Bodenforscher, Agrar-Melioration-Ingenieure, Hydrologen, Geologen, Geomorphologen und anderen durchgeführt.

Unter gegenwärtig angewandten Methoden wurden 2 grundsätzlichen Gruppen unterschieden. 1. die unmittelbaren Methoden und 2. die mittelbaren Methoden. Die Gruppe der unmittelbaren Methoden umfasst die Beobachtung und Messungen im Gelände der aktuellen morphogenetischen Prozesse. Die Gruppe der mittelbaren Methoden beruht auf Feststellung der summarischen Änderungen, welche bis jetzt in den Decken oder im Relief während einer längeren Zeitperiode hervorgetreten sind. Beide diese Gruppen von Methoden richtig zusammengefasst und gleichzeitig angewandt geben uns den Schlüssel für das Kennenlernen sowie für die Bestimmung des Typus und der Geschwindigkeit der gegenwärtigen Umwandlung des Reliefs.

Die Untersuchungen der Intensität der gegenwärtigen morphogenetischen Prozesse sind in den Polnischen Karpaten unter Anwendung der unmittelbaren sowie der mittelbaren Methoden geführt. Diese Forschungen werden von verschiedenen wissenschaftlichen Instituten sowie von einzelnen Personen geführt. Die Beobachtungen und Messungen betreffen: mechanische Verwitterung, Abspülung, Geschwindigkeit der Aufschüttung in den Wasserspeichern, chemische Erosion, Kriechen, Rutschungen, Bodenumlagerung durch Kammeis, vertikale Bodenbewegungen infolge Frosterscheinungen sowie Deflation und äolische Akkumulation.

Es wurde dann die Methodik sowie die Ortsbestimmung der durchgeführten Messungen charakterisiert und die gegenwärtigen morphogenetischen Prozesse nach ihrer Wichtigkeit in der Umformung des Reliefs der Polnischen Karpaten geordnet.

An erster Stelle wurden die Tiefenerosien der Bäche und Flüsse unterstrichen, dann folgen die Rutschungen an den Abhängen und weiter Abspülung an den Ackerbauhängen, die Rutschungen in den Schuttkegeln, die Verlagerung durch Kammeis, Kriechen der Verwitterungsdecken, Auflösung der Gesteine, Abspülung an den grasbewachsenen Hängen, mechanische Verwitterung der Sandsteinwänden.

Aus dem Polnischen übersetzt von Jerzy Pokorny