

JÁN DRDOŠ

PRÍSPEVOK K MORFOLÓGII PIENIN

ÚVOD

V letných mesiacoch r. 1958 som uskutočnil terénny geomorfologický prieskum Pienin, spojený s geomorfologickým mapovaním, ktorý bol súčasťou projekčných prác prírodného parku v tejto oblasti. Popri geomorfologickom výskume som zmapoval slovenskú časť prelomového údolia Dunajca a komplex Haligovských skál. Štruktúro-morfologické problémy som z nedostatku detailnejších geologických podkladov neriešil, ale som sa zaoberal viac výtvormi kvartérneho obdobia.

PREHLAD LITERATÚRY

Doterajšia literatúra o Pieninách sa dotýka väčšinou len ich geologickej stavby, resp. špeciálnych geologických (paleontologických, stratigrafických) problémov. Všeobecnú geografickú charakteristiku podáva viac autorov, ako napr. J. Dudziak (8) a S. Smólski (21). Morfológiu Pienin zo starších autorov podrobnejšie študoval S. Pawłowski (18), ktorý sa zaoberá najmä riečnymi terasami, fluviálnymi úrovňami Dunajca a rozšírením zvyškov starých riečnych štrkov nad riekou. Podľa toho rekonštruuje vývoj jeho údolia. Vývojom prelomu sa zaoberajú aj iní autori, a to M. Limanowski, E. Romer, L. Sawicki, S. Małkowski a Zuber. Zaujímavú štúdiu priniesol R. Unrug (24), ktorý skúmal transport a sedimentáciu riečnych štrkov Dunajca. Predovšetkým študoval ich petrografické rozšírenie a závislosť ich výskytu od geologickej stavby pohoria. Urobil aj množstvo granulometrických meraní. Najstaršou geografickou prácou, ktorá je však len opisná, je štúdia F. Dénesa (7). Autor však nerieši morfologické problémy Pienin, ale sa venuje len opisu údolia Dunajca a pohoria. Obširnú geografickú štúdiu, venovanú kvartérnym sedimentom v doline Dunajca, napísal M. Klimaszewski (12), ktorý detailne analyzoval systém riečnych terás a fluviálne úrovne, dávajúc ich vznik do súvisu s mladými poruchami v Karpatoch. Podobne rieši vývoj doliny Dunajca. Podrobne opisuje profily kvartérnych útvarov. V ďalších prácach (13, 14) rozoberá morfologické problémy Podhale a vývoj riečnych dolín počas pleistocénu. Nové poznatky o hornom úseku povodia Dunajca prináša B. Halicki (9, 10), ktorý opisuje tri systémy riečnych terás (vo výške 80–90 m, ktorú kladie do I. zafadnenia, 40–50 m a vo výške 15–25 m).

Geológii Pienin sa prvý zaoberal V. Uhlig (23), ktorý ku svojej práci prikladá i geologickú mapu, aj keď veľmi schematickú. Z našich autorov bradlové pásmo študoval D. Andrusov (1, 2, 3, 4), ktorý mu venoval významné práce. Z oblasti Pienin však publikoval len nevelkú prácu o problémoch ich geologickej stavby a o tektonike Haligovských skál. Pri veľkom množstve prác poľských autorov sa slovenskými Pieninami nezaobera nikto, aj keď sa ich niektoré poľské štúdie dotýkajú. Rozsiahlejšie publikácie o otázkach geologickej stavby Pienin má L. Horwitz (11), ktorý sa predovšetkým zaoberá bradlovým obalom, študujúc jeho stratigrafiu. Terciérny vulkanizmus okolia Pienin študoval S. Małkowski (17) a F. Kreutz (16). Roz-

borom pliocénnej flóry sa na území Pienin zaoberal W. S z a f f e r (22). Okrem F. R a b o w s k é h o (19) a S. S o k o ł o w s k é h o (20) nové názory na vývoj bradlového pásma podáva K. B i r k e n m a y e r (5, 6), ktorý odmieta pieninskú fázu vrásnenia. Podrobne rozoberá vývoj sedimentačných cyklov v mezozoíkom a terciárnom mori a podáva aj podrobnú stratigrafiu pieninských bradiel.

GEOGRAFICKÁ POLOHA

Pieninský úsek bradlového pásma leží na sever od Vysokých Tatier medzi Čiernym Dunajcom a Popradom. Je teda najsevernejšou časťou vnútorných bradiel, priebeh ktorých sa tu oblúkovite lomí zo smeru JZ—SV na SZ—JV. Vlastné Pieniny ležia v širokej depresii Dunajca medzi oblúkom Spišskej Magury (1267 m) a Lubaniom (1211 m). Obe pohoria sa smerom k údoliu Dunajca znižujú z výšok nad 1200 m na 700 m. Pieninské bradlá sa vynárajú zo svojho obalu na mieste ohybu rieky zo smeru Z—V na JJV—SSZ. Dunajec sa cez ne prelomuje hlbokým, antecedentno-epigenetickým údolím, ktoré sa stáča do piatich zaklesnutých meandrov. Vo vzdušnej línii 2,5 km si rieka razí cestu, meandrujúc v dĺžke 9 km.

Prevažná časť Pienin leží na poľskom území. K nám vybieha tromi výbežkami: Kláštorňou horou (654,1 m) a Hurkou, Holicou (824,2 m) a Kače (704,4 m). Južnejšie sa vynára bradlo Haligovských skál (865 m), ktoré tvorí subtatranská séria. Vápencovými bradlami si od juhu prerážajú cestu prítoky Dunajca — Lipník na západe a Lesnický potok na východe. Lipník oddeľuje od Kláštornej hory Hurku a Lesnický potok od Kače Osobitú skalu (536,2 m). K Dunajcu zasahuje i pásmo menej odolných hornín — obalu bradiel, ktoré sa v morfológii prejavuje ako depresia medzi Kláštorňou horou a Holicou. Pieniny dosahujú maximálnu výšku 982 m (Tri Koruny). V našej časti je najvyššia Holica (824,2 m). I pri pomerne malej stredohorskej výške má pohorie veľkú disekciu reliéfu (najvyšší bod 982 m, najnižší 429 m — ústie Lesnického potoka, čo je relatívne 553 m). Veľkú disekciu reliéfu predovšetkým zdôrazňujú ostré morfológické tvary (vysoké sklony svahov, zrázy, skalné steny, bašty, ihly, vežičky atď.). Smelým, vyhraneným formám na bradlách silne kontrastuje mäkká, mierna morfológia okolitého územia, ktoré tvorí vrchná krieda obalovej série a flyš.

Na základe geologickej stavby a priebehu geomorfologických procesov možno územie Pienin rozčleniť na tieto časti: Kláštorňá hora a Hurka, depresia Huty, Holica, Kače a Osobitá skala, Haligovské skaly.

GEOLOGICKÁ STAVBA PIENIN A STRUKTÚRNE FORMY

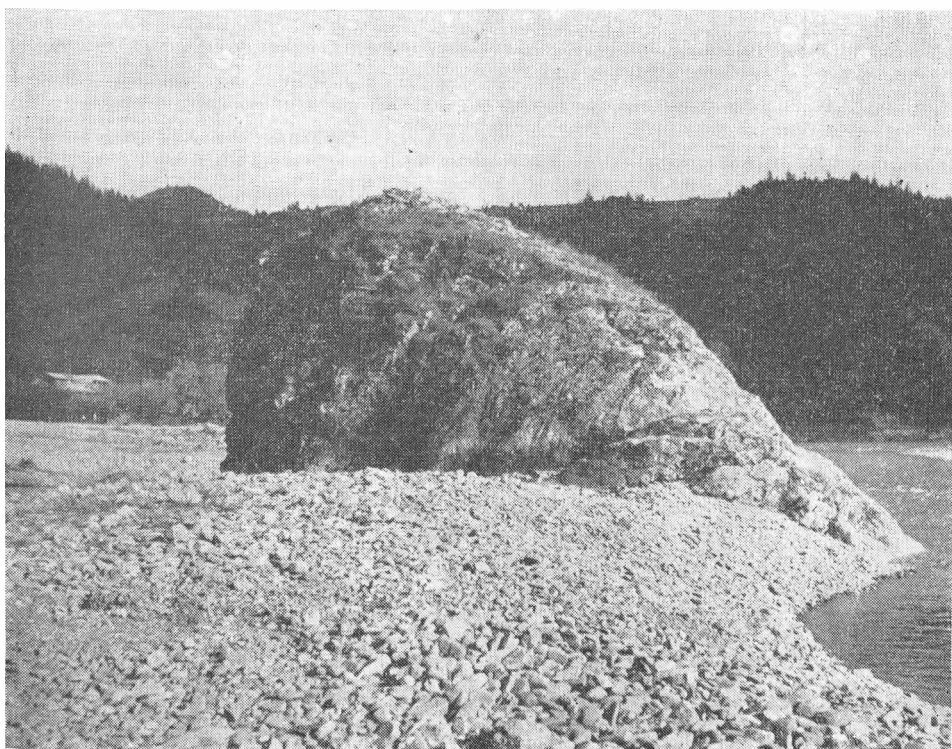
Na stavbe pohoria sa zúčastňujú dve reliefotvorné skupiny — tvrdé, viackrát prevrásnené bradlá, ktoré pozostávajú z rozličných vápencov, rohovcov a sčasti i neodolných bridlic, zlepcov a neodolné súvrstvia obalu. Bradlá sa pritom sústreďujú k Dunajcu, kam obal zasahuje len pruhom depresie Huty. V údolí Dunajca sú najrozšírenejšie rohovcové vápence, ktoré majú veľkú odolnosť. Haligovské skaly majú v stavbe zastúpené i dolomitické vápence a zlepence. Stratigraficky sú to vrstvy — stredný trias (H o r w i t z, R a b o w s k i) — paleogén. Staršie členy tvoria bradlá (trias — stredná krieda), mladšie patria obalu (vrchná krieda, paleogén) (1, 5, 6). Vrchnokriedové a paleogénne súvrstvia sa uložili v plytšom a oscilujúcom mori (1, 2, 5, 6, 11, 19, 20). Preto majú flyšoidný charakter (pieskovec, zlepence, bridlice). Obal tvorí vložky medzi Haligovskými skalami. Kláštorňou horou, Holicou a Kače, ktoré predstavujú bradlá.

Územie Pienin budujú dve charakterove odlišné skupiny hornín. Prvú skupinu reprezentujú vápencové série jury a kriedy, ktoré v porovnaní s bradlovým obalom, t. j. vrchnou kriedou a paleogénom predstavujú veľmi odolný komplex, vytvárajúci ostro vyčnievajúce vrchy. Jurské a spodnokriedové súvrstvie (v Haligovských skalách aj stredný trias) je sformované do štyroch mohutných bradiel, ktoré sú zhruba pretiahnuté v smere JV—SZ (Haligovské skaly, ak neberieme do úvahy usporiadanie najvyšších kôt, majú smer viac VJV—ZSZ). Pri druhej skupine hornín, ktorú zastupujú obalové bridlice a pieskovce, možno konštatovať tendenciu vytvárania zaoblených foriem alebo zníženín. Zapričiniuje to ich malá odolnosť, ktorá urýchľuje činnosť potokov a svahovej modelácie. Dvom skupinám hornín sa prispôsobila i drobná riečna sieť, ktorá sa vyhýba bradlám. Potoky tečú len na obale, ktorý je oveľa nepriepustnejší ako série vápencov, čo zapričinilo nedostatok potokov na nich. Pravda, k nepriepustnosti hornín pristupujú aj veľké sklony, ktoré nedovoľujú koncentráciu vôd. Silne skrasovatené Haligovské skaly majú len občasnú sieť potokov pretekajúcich v dažďových obdobiach a pri topení snehu polokrasovými dolinami. Na selekciu erózie a denudácie však okrem petrografických činiteľov vplývala i tektonika. Už spomínaný priebeh jednotlivých bradiel dáva tušiť poruchový smer JV—SZ. Je pravdepodobné, že i Dunajec, zarezávajúc sa do zdvíhajúceho sa pohoria, využíval poruchy a pukliny. Nasvedčoval by tomu jeho smer S—J pod Holicou, ktorý je častý pri polokrasových dolinkách a dutinách v Haligovských skalách. Aj v tomto smere Lipník preráža Kláštorň horu. Na smere JV—SZ je založený úsek Dunajca medzi Kláštorňou horou a Facimiechom. V depresii Huty upozorňujú smery úvalín a sediel na uloženie hornín s odlišnou geomorfologickou hodnotou do pásov v smere JZ—SV. Pri detailnejšom formovaní malo veľkú úlohu rozmiestenie puklín, na ktorých sú založené najmä krasové útvary Haligovských skál. Predpokladám, že i vznik piatich polokrasových dolín v Haligovskom krase bol predisponovaný puklinami smeru JZ—SV. Pozoruhodný jav je, že stredná časť dolín je silne rozšírená a vybiehajú z nej do smerov na JZ i SV bočné dolinky. Poukazuje to na križovanie sa týchto smerov do puklín. Klasickým príkladom vplyvu puklín na vytváranie reliéfu je bralo v II. polokrasovej doline, ktoré bolo ich rozšírením rozčlenené na štyri skalné veže. Smer puklín je JZ—SV a SZ—JV. Priebeh krasových dutín a dier je tiež závislý od puklín týchto smerov. Časté sú však i dutiny založené na puklinách smeru J—S a Z—V.

Okrem týchto faktorov na vytváranie reliéfu pôsobili aj výrazne úložné pomery. Bradlá boli vo svojom vývoji niekoľkokrát prevrásnené. Týmito pohybmi boli pôvodne horizontálne vrstvy jury a kriedy zvlhnené a sčasti i vztýčené. Sklony a smery vrstiev sa na malých vzdialenostiach veľmi často menia. Toto silné zvrásnenie a povztyčovanie vrstiev prispieva k vytváraniu veľkých sklonov a kolmých stien. Ostrými formami so sklonmi 50—80° sa vyznačujú najmä Haligovské skaly, Mníchy a Vylízaná.

VÝVOJ RELIÉFU PIENIN

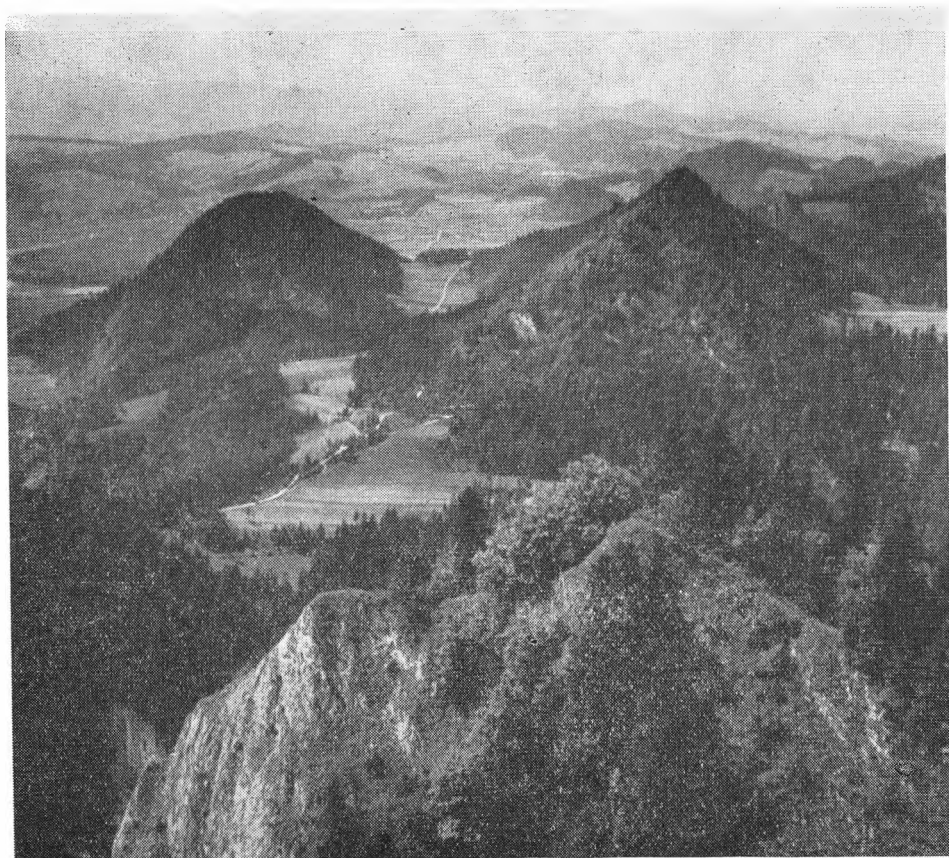
Suchozemský vývoj širšieho okolia Pienin sa začína po skončení sávskej fázy vrásnenia po paleogéne. Odvtedy sa tu vystriedalo niekoľko geomorfologických cyklov, po ktorých ostali dva zvyšky vrcholových úrovní vo výške 1000—1200 m a 700—900 m. dve fluvialne úrovně vo výškach 230—260 m a 120—150 m nad riekou. Pri datovaní vývojových cyklov musíme vychádzať z fluvialnej úrovne, ktorá na Bryjarke vo výške



Obr. 1. Bradlo vystupujúce z riečišťa Dunajca v Szczawnici. V pozadí 120 m fluviaálna úroveň.
Fotografia: Drdoš.

600 m a na pravom brehu Dunajca v úrovni 120 m a aj v nižších úrovniach reže andezity (18/133). Vek andezitov určujú rôzni autori rozlične. M. Klimaszewski ich vznik kladie do konca oligocénu — asi aquitan, keď utíchla sávská fáza (5/102). F. Kreutz (16/103), V. Uhlig (23/810) a S. Smólski (21/61) kladú vznik pieninských vulkanitov do obdobia miocénu. W. Kuźniar (15) na základe toho, že presuny magurského flyšu sa odohrali vo vrchnom miocéne alebo po miocéne, uzaviera, že vulkanické procesy prebehli v pliocéne. L. Sawicki prijíma názor, že transgresia tortónu a sarmatu prenikla do Sądeckej a Nowotarskej kotliny dolinou Dunajca. Podľa neho teda začiatok evolučného procesu údolia Dunajca treba klásť do obdobia pred tortónom. Vznik úrovne 230—260 m kladie M. Klimaszewski do sarmatu (16). Počas dlhého pokojného vývoja v sarmate Dunajec zbrúsil nerovnosti reliéfu do nepneplénu, ktorý bol len mierne zvlnený. Z hladko modelovaného územia sa zdvíhali len najvyššie partie bradiel. Domnienku sarmatského veku úrovne potvrdzuje ten fakt, že keby bola úroveň staršia, jej priebeh by musela porušiť potortónska fáza vrásnenia (12/17). V sarmate, t. j. v dobe vytvorenia tejto úrovne, Dunajec ešte voľne tiekol po bradlovom obale, z ktorého vyčnievali len 100—150 m vysoké skalky. V tomto čase však už pravdepodobne pretekal v dnešnom smere cez Pieniny, na čo poukazujú približne rovnaké úrovne hrebeňov Kláštornej hory a kóty 675 m nad Stredným Dielom vo výške „šródgórskej“ (12) úrovne (210—230 m). To znamená tok Dunajca nad Klás-

tornou horou a sedlom vo výške 600 m pod Bielou skalou, ktoré bolo neskôr zničené. Preto sa tu nezachovali nijaké štrky. S. Pawłowski však udáva výskyt žulových a kremencových, pravda, silne zvetraných valúnov vo výškach 130–300 m nad Dunajcom (18/129). Silnou hlbkovou eróziou, vyvolanou pravdepodobne horotvornou fázou vo vrchnom sarmate (12), bola „sródgórská“ úroveň, rozrezaná a po nej nastúpil ďalší geomorfologický cyklus, ktorý vytvoril úroveň „pogórske“ (12), vo výške 120–150 m (asi pont). Intenzívne zarezávanie, vyvolané zdvihom Pienin, zapríčinilo rýchly priebeh denudačných procesov, ktoré sa zamerali najmä na neodolné horniny obalu. Kým sa obal stále znižoval, bradlá, na ktorých bola denudácia silne obmedzená, relatívne sa zo svojho okolia stále zdvíhali. Dunajec sa teda v období po sarmate zarezal zhruba o 100 m. Obdobie zarezania znamená už ustálenie toku Dunajca v dnešnom smere a jeho zaškrtenie medzi bradlami. Domnienku zaškrtenia údolia orogenetickými pochodmi vyslovil už S. Pawłowski (18). Vek prelomu je teda pliocénneho veku (18, 12, 21). Vznik prelomu Dunajca a jeho prítokov je značne komplikovaný. Popri epigenetickom charaktere prelomu, ktorý pripustil už V. Uhlig, S. Pawłowski a M. Limanowski, má i znaky antecedencie. Za antecedentný vývoj prelomu sa vyslovil najmä L. Sawicki. M. Klimaszewski tvrdí, že prelom má i štruktúrne



Obr. 2. Západná časť Pienin — Flaki. Fotografia: Drdoš.

znaky (14/25). Z priebehu toku Dunajca Pieninami nepozorovať, že by rieka selektívne erodovala, naopak, vôbec sa neriadi petrografickými vlastnosťami hornín, prebíjajúce sa práve najtvrdšími rohovcovými vápencami. Pri vytváraní prelomu sa teda značne zúčastňujú systémy puklín, čo sa obzvlášť prejavuje na jeho úseku pod Holicou a v prelome Lesnického potoka.

V zhode s S. P a w ł o w s k ý m a s ostatnými spomínanými autormi je nevyhnutné pripustiť okrem epigenézy i antecedenciu, ktorú vyvolali mladšie horotvorné pochody. To, že priebeh terás a úrovní je vertikálne neporušený, vysvetľuje M. K l i m a s z e w s k i (12/15) zdvíhaním sa celého masívu en bloc. Na vyzdvihnutie Pienin poukazuje aj silné zarezávanie sa potokov v súčasnosti, ktoré nie je v takej miere zastúpené v susedných povodiach. Pieninské potoky sa dnes zahlbujú o 3—4 m a miestami až o 6—8 m.

Na vývoj reliéfu pohoria obzvlášť silne vplýval pleistocén so striedaním sa klimatických extrémov a tým i podmienok pre geomorfologické procesy. Podľa M. K l i m a s z e w s k é h o (16/42) a B. H a l i c k é h o (9) začiatkom pleistocénu bolo už dno doliny Dunajca zahĺbené do dnešnej úrovne. Za štádiálov, keď prevládalo silné mechanické zvetrávanie, vznikali útvary svahovej modelácie a akumulčné nánosy v dolinách. Zaspávanie dolín zvetralinami, ktoré vyvolala zmena výšky eróznej bázy a klimatických podmienok (12/42), dalo vznik riečnym terasám, z ktorých najstaršia je vo výške 80—90 m nad riekou (9). Intenzívnym vetraním ustupovali skalné steny dozadu, na čo poukazuje rad svedeckých bráľ pod dolným okrajom Haligovských skál. Svahová modelácia sa obzvlášť silne prejavila na tomto území, kde vznikol bralný reliéf so sprievodnými útvarmi modelácie stien.

FLUVIÁLNA FORMÁCIA

Počiatky fluviálneho reliéfu, ktorý sa vyvíjal vo viacerých geomorfologických cykloch, datujú sa do konca miocénu. Na starší vývoj poukazujú podľa S. P a w ł o w s k é h o (18/126) len dve úrovne. Nižšiu vo výškach 700—900 m, reprezentuje vrcholová úroveň bradiel. Túto úroveň potvrdzuje lokalita veľmi silne zvetraných pieskovecov, ktoré som našiel nad vrstevnicou 840 m na kóte 847,5 v závere doliny Bielej skaly. Pieskovce majú zreteľné tvary valúnov, no sú také zvetrané, že sa dajú v ruke rozdrviť. Vyššiu úroveň kladie S. P a w ł o w s k i do hladiny vrcholov Spišskej Magury (1267 m), Lubania (1211 m), Radziejowej (1265 m) a Vysokých skaliek (1049,5 m) vo výške 1000—1200 m.

Vývoj riečneho reliéfu v neogéne i pleistocéne bol v znamení striedania sa období s pokojným vývojom s obdobiami silnej hĺbkovej erózie, ktorá bola podmienená zdvihmi územia alebo klimatickými extrémami. V prvých obdobiach boli nerovnosti reliéfu stále vyrovnávané, rieky bočne erodovali, brúsili reliéf. Vývoj spel k vytvoreniu peneplénu. Orogenetickými fázami a zdvihmi územia sa menila výška eróznej bázy, začal sa nástup intenzívnej hĺbkovej erózie. Plochý reliéf bol rozťatý, zväčšili sa výškové rozdiely. Tretia úroveň vo výške 230—260 m sa v študovanej oblasti nezachovala. Upozorňujú však na ňu úrovne hrebeňov Kláštornej hory a kóty 675,2 nad Stredným Dielom, ktoré sa tiahnu vo výške 210—231 m. Na väčších plochách sa zachovala nad Niedzičským a Czorsztýnskym zámkom a v útržkoch medzi Szczawnicou a Króscienkom, odkiaľ ju potvrdzuje aj M. K l i m a s z e w s k i a S. P a w ł o w s k i (12, 18). Úroveň sleduje riekou po celom toku. Na tejto úrovni na Bielniku (472 m) našiel S m o l e n s k i riečne štrky Dunajca s veľkým množstvom kremencových a žulových valúnov. Podobné okruhlíaky sa našli na Brzozowej (425 m) a na Wale

(256 m). Úroveň odpovedá lokalitám štrkov B. Halického vo výške 200—300 m nad riekou na Podhale a S. Pawłowského (18/129) okolo 200 m nad riekou v oblasti Pienin. Zo značného rozšírenia tejto úrovne a z výskytu štrkov na nej M. Klimaszewski usudzuje na senilitu a stálosť rieky na tejto dráhe. Nižšia úroveň vo výške 120—150 m sa v Pieninách vyskytuje len v údolí Lipníka po oboch jeho stranách. Fragment úrovne sa zachoval pod Bielou skalou nad kúpeľmi Červený Kláštor nad vrstevnicou 600 m (120—145 m rel.) a pod kótou 816 m v Haligovských skalách vo výške 630—650 m (125—145 m rel.). Úroveň je erózna, nezachovali sa na nej nijaké štrky. Po ľavej strane ju predstavujú erózne plošiny vo výške 120—150 m okolo kóty 602,3 a na Kame (622,4). V značných plochách sa tiahne nad Niedzičkým a Czorsztýnskym zámkom a nad Szczawnicou, odkiaľ ju opísal už S. Pawłowski (18/124). Potvrdená je aj výskytom žulových valúnov (12, 18). Obdobie jej vytvorenia znamená už ustálenie toku Dunajca cez Pieniny. Náhle rozfatie úrovne a stála, doteraz trvajúca hlboká erózia poukazuje na mladé vyzdvihnutie Pienin, ktoré spôsobilo antecedentné zahlbovanie rieky.

RIEČNE TERASY

V pleistocéne sa na území Pienin vytvorilo 5 systémov riečnych terás, ktoré sa celkove vyznačujú veľmi malou hrúbkou štrkov. Vyššie terasy sú erózne, bez štrkového pokrovu. Len 3—6 m a 8—12 m terasy sú akumuláčne.

Najvyššou a súčasne najstaršou pleistocénnou terasou na území Pienin je zvyšok úrovne vo výške 85—95 m nad Lipníkom, pod kótou 816 m. Úroveň odpovedá I. tatranskému zaľadneniu, čo potvrdil už B. Halicki. Z územia mimo Pienin ju študoval Pawlik, ktorý na nej udáva štrkový pokrov kremencových valúnov, podobne, ako B. Halicki (9, 10).

Nižší systém terás v študovanej oblasti predstavujú úrovne vo výške 40—45 m nad riekou. Sú erózne. Nezachovali sa na nich nijaké zvyšky riečnych štrkov. Neveľký útržok terasy sa vyskytuje na Strednom Dieli vo výške 45 m a v úzkom páse na severnom svahu Poľany (558 m). Z ostatnej časti údolia Dunajca ju opísal S. Pawłowski, B. Halicki, L. Sawicki, Smoleński, Pawlik a M. Klimaszewski, ktorý udáva, že ju pokrýva len tenká vrstva štrkov, pričom prevládajú kremence nad žulami (16). B. Halicki a R. Unrug (24/219) prevahu kremencov vysvetľujú tým, že terasový materiál na strednom a hornom toku Dunajca pochádza z jeho vysokých terás pod Tatrami, v ktorých sú žuly silne zvetrané, takže sa pri transporte rýchle rozpadajú.

Ďalšia úroveň riečnych terás je položená do výšok 20—25 m nad riečištom. Vyskytuje sa na väčších plochách v údolí Lipníka i Dunajca. V lipnickom údolí táto terasa tvorí širšiu plošinu na pravom svahu nad kúpeľmi Červený Kláštor. Menší útržok je tiež na stupni pod Haligovskými skalami. Obe sú erózne, bez štrkov. Aj v neveľkých plochách ju možno sledovať v doline Dunajca — pod svahom Kláštornej hory medzi ústím Lipníka a Dunajcom vo výške 20—25 m a v malom útržku aj na východnom svahu Kláštornej hory. Na väčšej a súvislejšej ploche sa dá odlíšiť v depresii Huty, kde ju sčasti pokrýva náplavový kužel oboch potokov, pretekajúcich zníženinou. V dôsledku preľnania sa s náplavovým kuželom a aj zanesením zvetralinami modelačnými a periglaciálnymi procesmi sa jej výška zvyšuje až na 32 m. V úzkom dlhom páse sa tiež zachovala na severnom svahu Poľany. Posledný zvyšok možno odlíšiť v údolí Lesnického potoka, za Osobitou skalou. Z územia mimo Pienin ju udáva S. Pawłowski, ktorý ju zahrnuje do jedného systému s terasami 8—12 m, Pa w



Obr. 3. Sutínové kužele v Haligovských skalách. Fotografia: Drdoš.

Lik, Smoleński a Klimaszewski, podľa ktorého má táto terasa od Pienin po Wietrznice štrkový pokrov až 12 m hrubý, pričom v ňej zloženú prevládajú zvetrané žuly (12/12).

Nižší systém terás — akumuláčny, ktorý som v Pieninách sledoval, tiahne sa vo výške 8–12 m. Zachoval sa len v doline Lipníka medzi jeho ústím a Haligovcami, lemuje pravý breh potoka pod kótou 532,1, kde ho predeľuje stupeň, na ktorom je vybudovaná štátna cesta. Dolná časť terasy je vysoká 8 m, horná 10 m. M. Klimaszewski píše, že v doline Dunajca je tento systém nepravidelne zachovaný, vyskytujú sa len vo fragmentoch v dolinných rozšíreniach (12). Najnižšie terasy sledujú v Pieninách riečny systém vo výške 3–6 m nad hladinou Dunajca a jeho prítokov. Sú akumuláčny. V prelome sa vyskytujú v depresii Huty pod terasou 20–25 m vo výške 3–4 m a 4–6 m. Najčastejšie sú v údolí Lipníka, sledujúce potok v súvislom páse od ústia až po Axamitku (839,8). Ich výška sa pohybuje v rozmedzí 3–6 m. Vo výške 4–5 m sa upína terasa tohto systému pod svah Kláštornej hory pri ústí Lipníka do Dunajca. Pokrýva ju hrubá vrstva kalov, v ktorých sú primiešané valúny, najmä žúl a kremencov, čím sa priraduje k terasám Dunajca. Ľavobočná terasa pri ústí Lipníka, na ktorej leží Červený Kláštor, znižuje sa z výšky 3,5–4 m pri Dunajci na 2–3 m pod sedlom za Hurkou, kde má pokrov štrkov, zložený z pieskocov, bridlic a vápencov, hrubý 1–1,5 m. V širokom páse som ju sledoval aj po pravej strane Lipníka medzi kameňolomom a hotelom Dunajec, kde sa jej výška zväčšuje na 6–8 m. V početných zvyškoch na konkávných brehoch Lipníka v Haligovciach sa jej výška pohybuje v rozpätí 4–6 m, pričom ju pokrýva značne hrubý pokrov štrkov. Z ostatných častí

údolia Dunajca ju udáva S. Pawłowski a M. Klimaszewski (12), ktorý píše, že po toku ubúdajú z nej žulové štrky a pribúdajú kremence, súčasne so zvyšovaním sa percenta piesku a hlíny.

Aluviálne nivy sú vyvinuté v úzkych prerušovaných pásoch. Skladajú sa z dvoch stupňov. Vyšší, 1—2 m, predstavuje starší holocénny stupeň, nižší je výtvorom najmladšieho obdobia. Budujú ich valúny rôzneho petrografického zloženia, ktoré závisí od geologickej stavby vyšších častí povodia. V ústí doliny Kościeliskej dominujú valúny vápencov a dolomitov — 47 %, žúl je 20 %, kremencov 17 %, sfudových bridlic 6 %, ruly 5 % a amfibolitov 5 %. Pieskovcov, zlepcov a bridlic je len veľmi málo (24). V Szezawnici je už takéto zloženie okruhliakov: žúl 75 %, vápencov 20 % a pieskovcov 5 %. Veľa kremencov a žúl prináša Bialka a Biely Dunajec (24). Pred vstupom Dunajca do prelomu v petrografickom zložení značnú položku predstavujú flyšové valúny, ktoré prinášajú Lipník, Hafka, Jordance a Rieka. W. Szaffcrtvrdí, že charakter uloženia sedimentov dnešného Dunajca sa líši od uloženia sedimentov Pradunajca, v ktorých sa výrazne uplatňujú klimatické oscilácie, zapríčinnujúce striedanie sa akumulčných komplexov štrkovo-piesčitých a ílovito-hlinitých, ktoré predstavujú suchšie a vlhšie obdobia (22). Aluviálne nivy sa v údolí Dunajca a jeho prítokov vyskytujú len v útržkoch. V prelomoch sa pre nedostatok priestoru nevyvinuli. Pred vchodom do prelomov sa však vytvorili široké alúviá, po ktorých sa toky rozvetvujú a divočia. Nivy sú tu silne zaštrkovatené a majú ráz kamenísk. Za povodne r. 1958 tu preložili svoje riečišťa Lipník a Lesnický potok, v údolí ktorého sa vtedy vytvorila povodňová terasa, vysoká 1,5 m, zložená z piesku a povodňových štrkov. Príčinou vytvorenia terasy bolo upchatie mostu v kaňone Dunajca. Starší holocénny stupeň som sledoval v Haličovciach na konvexných úsekoch meandrov.

NÁPLAVOVÉ KUŽELE A EROZNE RYHY

Z ďalších foriem fluviaľnej akumulácie som na území Pienin sledoval náplavové kužele, ktoré sa najmä v pleistocéne uložili pod ústia bočných doliniek. V prelome Dunajca cez Pieniny okrem depresie Huty, kde bezmenný potok uložil náplavový kužel, ktorý je sterasovatený a v ústí potoka pod Osobitou skalou sa nikde inde náplavové kužele nevytvorili mimo malých kuželkov pod eróznymi ryhami. Vznikajú len za väčších povodní, ako napr. r. 1958, keď boli uložené veľké masy štrkového materiálu pod ústiami eróznych rýh. Veľké náplavové kužele vznikli pod polokrasovými dolinami. Dnes sú tiež sčasti sterasovatené. Sú veku akumulácie 20 m terasy. V súčasnosti sú až do podložia rozfaté eróznymi ryhami, ktorými pretekajú občasné vody. Na ich päte, na povrchu 6 m terasy sú uložené menšie holocénne kužele, ktoré sa pri každej povodni zväčšujú. V období akumulácie 6 m terasy bol systém kuželov bočne podfatý Lipníkom, ktorý ho ohraničil wagramom. Podfatie náplavových kuželov a wagram prezrádzajú, že v období pred akumuláciou 6 m terasy tiekol Lipník južnejšie, po ľavej strane údolia. Dnes ho tu intenzívne zatláča Lesenský potok, ktorý priteká od juhu. Na mladších náplavových kuželoch možno pozorovať štyri štádiá akumulácie. Aj veľký náplavový kužel bol akumulovaný pod ústie doliny Bielej skaly. V jeho stavbe sa striedajú vrstvy hrubých valúnov s jemnejšími sedimentmi. Na pravom brehu potoka pretekajúceho dolinou existuje staršia, vyššia úroveň bez štrkového pokrovu, ktorá predstavuje podložie staršieho kužela. Hrúbka štrkového pokrovu náplavových kuželov je rôzna. Kým pod Haličovskými skalami dosahuje 4—5 m, pod dolinou Bielej skaly až 15 m. Materiál je zložený z vápencov a menej i zo štrkov flyšu. Sklon kuželov je 11—14°.

Severovýchodné svahy Kláštornej hory a Holice, juhovýchodné svahy Vápeníka a sčasti i osypy Haligovských skál sú rozbrázdnené eróznymi ryhami, ohraničenými spravidla veľmi ostrými hranami. Hĺbka dosahuje až 3—4 m. Pri niektorých možno pozorovať dve štádiá, ako napr. pri erózných ryhách vybiehajúcich z polokrasových dolín. Erózna ryha III. polokrasovej doliny je hlboká 7—8 m. Jej staršie štádium vývoja predstavuje širšia plytká ryha s miernymi konkávnymi svahmi a pomalým nenáhlým prechodom bez terénnej hrany do okolitého terénu. Do tejto ryhy je zarezaná mladšia, veľmi úzka a hlboká ryha so strmými svahmi a ostrou terénnou hranou. Staršie štádium predstavuje dlhšie obdobie nerušeného vývoja v období akumulácie 6 m terasy. Zvýšením kinetickej energie pri potokoch bola terasa rozfatá o 6 m a erózna ryha o 3—4 m. Mladšia ryha pretína už i flyšové podložie.

NIEKTORÉ CHARAKTERISTIKY FORIEM DOLÍN

Význačným morfológickým javom v Pieninách je bočné podtínanie svahov riečnou eróziou. Tento jav je najviac vyvinutý v doline Lipníka, ktorý má asymetrickú riečnu sieť, pretože príberá všetky väčšie prítoky zľava, z vnútornej časti Spišskej Magury. Asymetria jeho povodia je daná morfofotektonickou stavbou orografických jednotiek — Spišskej Magury, ktorá sa v podobe luku vypína na juh a k Malým Pieninám, ktoré majú pásmovitý priebeh. Na severných svahoch Magury sa mohli vyvinúť dlhé prítoky, kým v Malých Pieninách, ktoré predstavujú jeden chrbát, neboli pre to podmienky. Z toho dôvodu Lipník sprava príberá málo tokov a len krátke. Preto je zatlačený pod Malé Pieniny, ktoré podtína. Lesenský potok ho zatlačil pod Haligovské skaly, kde bočne poderodoval náplavové kužele polokrasových dolín. Z Malých Pienín stekajú do Lipníka len malé potôčiky, nestačiace odolávať zatláčaniu južných prítokov. Od Axamitky po ústie Lipník okrem potoka doliny Bielej skaly nepríberá sprava ani jeden prítok. Je to v dôsledku geologickej stavby tohto územia, v ktorom prevládajú vápence, pohlcujúce veľa zrážkovej vody. Široké údolie Lipníka sa pri kameňolome pod Kláštornou horou silne zužuje. Potok tu preráža pôvodne jedno vápencové bradlo, využívajúce pritom systém puklín. Na celom toku Lipníka možno konštatovať intenzívnu hĺbkovú eróziu. Lipník a jeho prítoky sa stále zarezávajú o 4—6 m.

Druhý prítok Dunajca, Lesnícký potok, má vyvinutú symetrickú, stromovú riečnu sieť. Povodie je vybudované na flyši, preto je jeho údolie široké. Prítoky sú silne zarezané. Obzvlášť silne sa zahlbujú pravé prítoky, zbiehajúce z Malých Pienín. Profil ich údolí je na dolnom a strednom toku veľmi rozdielny. Pri ústí majú plytké široké údolie s miernejšími svahmi a potok tečie v širšom nezarezanom riečisti. Na strednom toku sa pomery náhle menia. Údolie má tvar zovretého „V“ so strmými svahmi a ostrou terénnou hranou na styku s okolitým miernym terénom. Pred vstupom do prelomu Lesnícký potok vytvára širokú aluviálnu nivu, ktorá sa pri Osobitej skale náhle zužuje. Potok vstupuje do sútesky, prebíjajúce sa rohovecovými vápencami do Dunajca. Nápadný ohyb prelomového údolia zo smeru JV—SZ na smer JZ—SV poukazuje na to, že potok pri zarezávaní využíval i systémy puklín. Juhovýchodný svah Osobitej skaly je tak silne bočne poderodovaný, že sa vytvoril previs. Intenzívna bočná erózia je vyvolaná zatláčaním potoka dolava osypmi Vylízanej.

Typický znak pieninských dolín, t. j. úzke prelomové údolie v ústí a široko vyvinutá dolina na strednom a hornom toku sa uplatňuje i pri ďalších dolinách. Takéhoto typu sú dolinky medzi Kláštornou horou a Stredným Dielom a dolina Bielej skaly. Zúženie pričného profilu na dolných úsekoch dolín spôsobuje geologická stavba. Potoky tečúce v obale si vytvorili široké údolia na neodolných horninách, ktoré na dolnom toku

vystriedali silne vzdorné vápence, v ktorých sa údolia veľmi zužujú. Zaujímavý je vývoj doliny Bielej skaly, pod ktorou sa uložil veľký náplavový kužel, dnes silne bočne poderodovaný Lipníkom. V hornom úseku doliny, ktorý je vybudovaný na obalových horninách, potok sa zarezáva až o 20 m. v prelome cez vápence tečie po holom skalnom podklade, nezahlbujúc sa, pretože nemá dost kinetickej energie. Na dolnom toku na náplavovom kuželi je zasa veľmi zarezaný. Prekonáva to rozdiel ústia doliny a dna údolia Lipníka, čo predstavuje 25—35 m. Dolina Bielej skaly visí nad údolím Lipníka, pretože jej potok nestačí upravovať svoju spádovú krivku vzhľadom na spádovú krivku Lipníka. Dnešná dolina Bielej skaly nezodpovedá súčasnému potoku. Svedčí o tom, že v minulosti tu tiekol väčší potok. Dnes sa veľká časť jeho vody stráti vo vápencoch.

Na miestach, kde sa Dunajec prebíja cez partie rohových vápencov, veľmi prudko sa zužuje údolie a v riečišti sa vytvoril rad prahov. V prelome je vytvorených 14 pásem prahových alebo bystrinných úsekov, ktoré sú od seba oddelené pásmami hlbocín s tichým, pokojným tokom. Najtypickejšie prahy, spojené so zúžením doliny, sú: Jánošíkov skok, južný výbežok Holice, pod Sokolicou a pri Osobitej skale. Vytvorené sú tiež v prelome Lipníka.

FORMY SVAHOVEJ MODELÁCIE A PERIGLACIÁLNYCH PROCESOV

V pleistocéne boli Pieniny v oblasti periglaciálnej klímy, útvary ktorej nápadne poznačili obraz pohoria. Dielom silného mechanického zvetrávania tohto obdobia je bralný reliéf, grupujúci sa do troch komplexov — Haligovské skaly, Mníchov a Kače. Pri ich vytváraní mali veľkú úlohu petrografické vlastnosti hornín, systémy puklín a pri Mníchovi najmä bočné poderodovanie Dunajcom, prúd ktorého sa stále uchyluje ku konkávnemu brehu, nad ktorým sa týčia skalné útvary Mníchov. V Haligovských skalách som najčastejšie pozoroval vetranie podľa vrstevných škár a puklín. Niektoré previsy a skalné steny vznikli i prepadnutím sa stropov jaskýň, napr. za skalným oknom v V. polokrasovej doline. V Haligovských skalách sa vytvorili tiež skalné okná a skalné mosty. Skalné okná vznikajú rozšírením puklín, alebo predstavujú bývalé vchody do jaskýň, neskôr vetraním rozšírené, ako napr. skalné okno v V. polokrasovej doline, kde je tiež vyvinutý skalný most, ktorý je zvyškom jaskynného vchodu. Bralné útvary sa často vytvárajú rozširovaním puklín. Tento typ som konštatoval najmä v Haligovských skalách v II. polokrasovej doline, kde rozšírením puklín smeru JZ—SV a JV—SZ sa pôvodne jedno bralo rozčlenilo na štyri skalné veže. Podľa puklín sa často veľké kusy brál odvalili do údolia. Napríklad za II. polokrasovou dolinou je v skalnej stene krasová dutina so žliabkovými a rebrovanými stenami. Žliabkovanie prechádza do vzdialenosti asi 5 m i na skalnú stenu. Je to dôkaz odvalenia sa kusu brala podľa pukliny, na ktorej vznikla i dutina. Na vytváranie skalných stien vplýva tiež petrografické zloženie hornín. Na tvrdých rohových vápencoch vznikajú formy ostrejšie ako na slienitých vápencoch alebo pieskovecoch, resp. zlepencoch. Typické skalné steny vznikli v prelome Lesnického potoka, ktoré sú charakteristické nepravidelným zvetrávaním.

Rozpadávaním a vetraním skalné steny a ostatné bralné útvary stále ustupujú. Na ústup Haligovských brál upozorňuje rad osamotených brál, ktoré lemujú ich spodnú úroveň.

Úpätia skalných stien a brál sú lemované pásmi sutinových kuželov. Materiál im poskytujú bralné útvary, ktoré sú v prechodných ročných obdobiach veľmi vystavené pôsobeniu mechanického zvetrávania. Pravda, najväčšou mierou k ich vytvoreniu

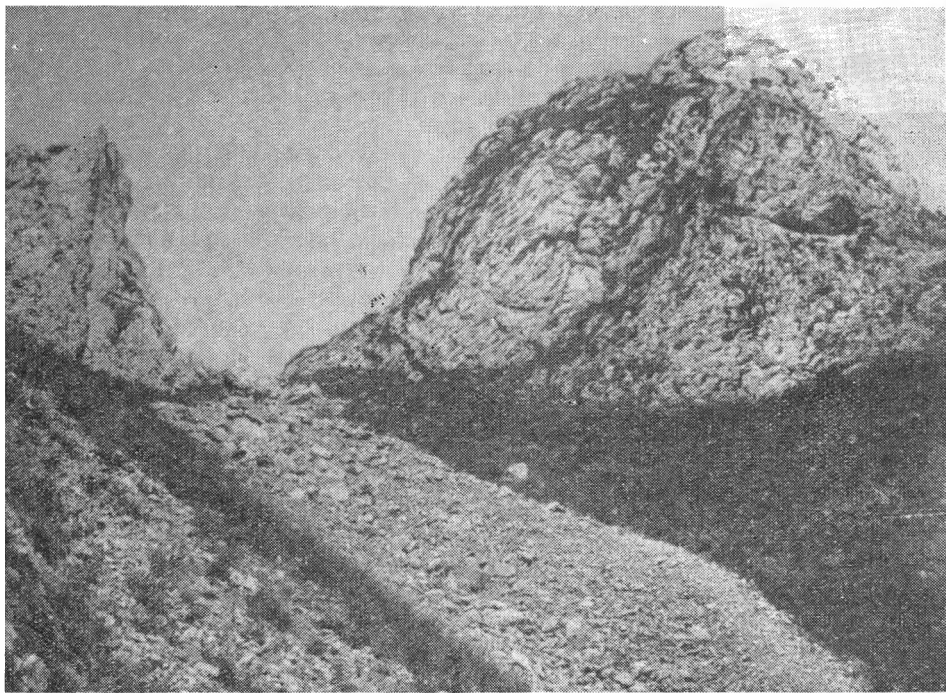


Obr. 4. Alúvium Lesnického potoka pred vchodom do prelomu medzi Osobitou skalou a Vylízanou. Fotografia: Drdoš.

prispel periglaciál. Vrcholky sutinových kužeľov sú zavesené do rýh, brázdiacich skalné steny, po ktorých odpadáva uvoľnený materiál. Sutiny sa na povrchu pláňa pohybujú účinkami gravitačnými, termickými a najmä preplavovaním vodou. Rozpätie osypov v Pieninách je nevelké, od 20 do 50 m. podľa toho, aké rozmery dosahujú steny, ktoré im poskytujú materiál. Sklon kužeľov býva tiež rôzny, pretože závisí od petrografických vlastností sutín a od sklonu podložia. Obzvlášť veľké sklony sú na kužeľoch, budovaných rohovecovými vápencami. Vápencové osypy majú všeobecne sklon $32-34^\circ$, ktorý je v Pieninách najčastejší. Typicky sú vyvinuté predovšetkým v Haligovských skalách, ktoré nie sú natoľko pokryté vegetáciou ako Pieniny. Hojnosť zrážok a nedostatok vegetačného krytu spôsobuje preplavovanie sutinových blokov. Tak sa na osypoch vytvárajú ryhy a sutinové prúdy. Ryhy, po ktorých sa sutina preplavuje, brázdia temer všetky kužele. Veľké sutinové kužele sa uložili i pod skalnými stenami Kače (704,4) a Vylízanej. Ich sklon je $30-35^\circ$, podobne, ako pri sutinách pod Osobitou skalou (536,2). V úzkych pásoch pokrývajú aj podvrcholové partie Holice a Kláštornej hory. Vyplňujú tiež voľné priestory medzi skalnými stenami Mníchov. Vo vlastných Pieninách sú už upevnené vegetáciou. Osypy pokrývajú podobne úpätie Bielej skaly a brál v ústí jej doliny. Ďalšou formou akumulácie modelačných procesov sú sutinové prúdy, ktoré sú rozšírené najmä v polokrasových dolinách, v žlaboch Kače a na Mníchoch. Vznikajú však i na voľných plochách povrchu kužeľov. Pri ich vytváraní sa zúčastňuje gravitácia, zmŕzanie a rozmŕzanie a objemové zmeny termickými účinkami, ktoré stále posúvajú sutiny po sklone. Najväčšiu úlohu tu má však preplavovanie

vodou za lejakov. Pohybom sutiny vydierajú v podloží ryhu, takže profil prúdu je konkávny. Pritom sa najhrubšie bloky svojou veľkou váhou dostávajú do stredu, kde je najväčšie prehnutie. Vyživovacou oblasťou prúdov sú osypy. Mohutné sutinové prúdy sa tiahnu spod vrcholu Kače do doliny Lesníckého potoka v rozpätí až 100 m. Na Mníchoch pokrývajú tiež dna žlabov a rýh. Sutinové prúdy majú celkove sklon o 4–6° vyšší ako osypy, takže nie sú výnimkou sklony 40°.

Zvetrávaním skalného podložia sa vytvárajú skalné moria, ktoré v Pieninách predstavujú fosílny jav. Avšak na miestach, kde vystupuje skalný podklad na povrch, je nevyhnutné ich vznik pripustiť i v súčasnosti. V značných plochách pokrývajú svahy Kláštornej hory na juhozápadných i severovýchodných úbočiach. Na južnej expozícii nad vrstevnicou 600 m sú tri veľké plochy skalných morí. Ďalej pokrývajú kótu 577 západne od Stredného Dieľu a na mnohých plochách na Holici, najmä na južnom svahu kóty 824. Na jej severnom svahu sa vytvorili na povrehu skalných rebier, ktoré tu v šikmých pásoch vystupujú v celej dĺžke svahu. Veľmi rozšírené sú aj na Haligovských skalách, kde pokrývajú povrch brál a skalnatých svahov. Na týchto silne exponovaných miestach voči poveternostným podmienkam vznikajú i dnes, hoci veľmi pomaly. Vplyvom gravitácie, termických účinkov a preplavovania sa pohybujú po svahu a dávajú materiál svahovým sutinám, ktoré vznikajú zo skalných morí a osypov. Hranice medzi nimi sú veľmi nevýrazné. Pokrývajú veľké plochy na všetkých bradlách. Veľmi zasunuté sú najmä svahy Kláštornej hory a Holice. Soliflukciou sa dostali i na plochy, ktoré sú budované horninami, neposkytujúcimi sutinový materiál, napr. na bridlice pod Holicou.



Obr. 5. Preplavené sutiny a skalné vráta v V. polokrasovej doline. Fotografia: Drdoš.

Rôznymi periglaciálnymi procesmi v období, keď svahy neboli ešte tak upevnené vegetáciou ako dnes, na úpätia pod svahmi sa uložili nánosy deluviálnych hĺn. Pochodmi oplachovania, zliezania a zmývania jemných častíc zo svahov sa i dnes akumulujú hliny, aj keď v nepatrnom meradle. V periglaciáli k ukladaniu más hĺn a jemných zvetralín pod svahy prispeli najmä procesy soliflukcie. Nánosy hĺn premiešané štrkami sa uložili najmä na úpätia západných svahov Kláštornej hory a východných svahov Hurky.

Strže a zosuny v Pieninách sú zastúpené veľmi málo. Menšia strž vznikla v II. polokrasovej doline podfatím svahu eróznou ryhou, v dôsledku čoho sa zväčšil jeho sklon, porušila sa stabilita a časť bralnatého svahu sa zrútila dolu do ryhy, kde akumuláciu časť strže predstavuje chaotické usporiadanie balvanov. Po strži je ešte dobre rozoznateľná skalná jazva. Malé plošné zosuny sa vytvorili v II. a III. polokrasovej doline poderodovaním sutiňových kužeľov eróznou ryhou. Silným zväčšením sklonu sa sutiňy stali labilnými a zosunuli sa do eróznej ryhy, odkiaľ sa vyplavili do ústia doliny.

Na flyšoidných horninách obalu sa vyvinuli pramenné kotly. Sú výtvorom periglaciálnej klímy; keď pramenitá voda zmžala a rozčechrávala vody prameniska, ktoré rozmrznutím, uvoľniac sa, boli vynášané často i soliflukčne z prameniska von. K tomu však prispela i prameništ看ná erózia. Týmito pochodmi vznikol kotol s plochým dnom a strmými svahmi. Na málo odolných horninách sa však strmé svahy rýchle zmierňovali a pramenné výklenky dostávali podobu plochých mís. Pekne vyvinutý pramenný kotol má pravý prítok potoka Huty.

Na rozhraní údolia a vyššie položeného plochejšieho reliéfu, teda na rozhraní dvoch rôznych sklonov, podmienených okrem erózie i odlišnou geologickou stavbou, vytvorili sa terénne depresie ohraničené zo všetkých strán, ktoré dosahujú značné rozmery. Sú to denudačné amfiteátre. Vytvárajú sa na obalových horninách, a to na ich styku s bradlovými sériami. Predpokladám, že sú predisponované staršími riečnymi údoliami, ktoré boli založené ešte na obale pokrývajúcom bradlá. Možno ich teda považovať za pretvorené najvyššie úseky bývalých riečnych údolí alebo aspoň ich pramenných kotlov. Ich vznik je takýto: na styku dvoch odlišných sklonov (spodný strmý, horný mierny) sa do záveru doliny upravuje modelácia prehnutého svahu — zliezanie zvetralín, oplachovanie, ron a v periglaciáli to bola i soliflukcia. Materiál je odnášaný ku spodu, do doliny ležiacej pod amfiteátrom. Proces jeho upravovania je teda závislý od vývoja nižšie položenej doliny. Čiže proces vývoja amfiteátra sa riadi podľa eróznej bázy. ležiacej vo vrchole dolinného záveru. Vývoj smeruje k zníženiu jeho svahov a tým k vyrovnávaniu chrbta. Denudačné amfiteátre sa vyvíjali najmä v období menšieho upevnenia svahov vegetáciou, ako to bolo u nás v periglaciáli. Veľké amfiteátre sa vytvorili nad II. a III. suchou polokrasovou dolinou pod kótou 889,2 — Na Plašniu.

Výmoľovú eróziu som konštatoval nad kúpeľmi Červený Kláštor na ceste do sedla medzi Kláštornou horou a Bielou skalou. Výmole vznikli prekladaním cesty na území zloženom z bridlic. V kofajách sa sústredila lineárna erózia, ktorá ich rozšírila. Nad Jezovkou a Hutou som tiež sledoval na poliach o veľkom sklone intenzívnu ronovú eróziu, ktorou sa jemné častice odplavili, takže sa na povrch dostávajú hrubšie zvetraliny, štrky, ba aj bloky zvetraného podkladu.

KRASOVÝ RELIÉF

V Pieninách sa krasový reliéf obmedzuje na Haligovské skaly. Vo vlastných Pieninách sa krasové útvary nevyskytujú, okrem nevýrazných dutín, ako napr. na východ-

nom svahu Hurky a západnom svahu Holice. Kras Haligovských skál vo svojom vývoji už dospel do senilného štádia. Povrchových krasových foriem, ktoré sú charakteristické pre začiatok vývoja krasovej oblasti, tu niet, okrem náznaku škrapového poľa na Bielej skale, ktoré má plochu niekoľko štv. metrov. Vyvinulo sa na juho-východnej expozícii vo výške 730 m. Zo zeme vyčnievajú len nesúvislé hrebenky vápencov, medzi ktorými sú porozliezané sutiny. Pri hrebenkoch možno odlíšiť smer VSV—ZJZ. Optimum svojho vývoja dosiahol Haligovský kras v období pred vytvorením 120 m úrovne, čiže v pliocéne, keď u nás bolo teplo a vlhko s celkovou tendenciou ochladzovania sa. Haligovské skaly však vždy predstavovali typ horského krasu, ktorý nemá podmienky pre vytváranie povrchových foriem. Preto ich rozvoj tu nikdy nedosiahol väčšie meradlo. So zahlbovaním sa Dunajca vznikali postupným rozširovaním puklín podzemné priestory. Vytvorili sa jaskynné systémy v dvoch poschodiach. Najvyššie poschodie predstavuje skrasovatená kóta 828,5 s dvoma malými jaskyňami, pravdepodobne spolu súvisiacimi. Patrí sem aj zvyšok jaskyne za skalným oknom vo výške 770 m. Poschodie sa vytvorilo v období rozfatia „šródgórskej“ úrovne vo výške 230—260 m. Spodné poschodie reprezentuje jaskyňa Axamitka (753 m) a zvyšok jaskynného vchodu v V. polokrasovej doline. Súvisí s prerezaním 120 m úrovne. Dnes je systém jaskýň v Haligovských skalách denudačnými procesmi silne rozrušený. Ostali len zvyšky dutín a chodieb. Podzemné priestory sú najčastejšie orientované do smerov JZ—SV a SZ—JV, t. j. do smerov puklín. Dutiny a diery, ktoré sú najpočetnejšie vo východnej časti Haligovských skál, majú len nevelké rozmery — o dĺžke niekoľko metrov. Silne skrasovatená je kóta 828,5, ktorú prevrtali viaceré dutiny a dve malé jaskyne vo výške 780 m, ktoré majú chudobné sekundárne krasové javy. Sú obydlené netopiermi, ako na to poukazuje výskyt guana. V II. polokrasovej doline sa vyskytuje i zvislá dutina, vysoká 5—6 m, s otvorom na vrchu i dole. Vznikla rozšírením pukliny. Rozsiahlejšie podzemné priestory okrem Axamitky s veľkým dómom po krátkej vstupnej chodbe, na dne ktorého je veľká hromada chaoticky nako-pených veľkých balvanov, o veľkosti až stola, ktoré vznikli odvalením sa kusa stropu dómu, odvetraním podľa puklín, sú v V. polokrasovej doline, kde sa zachoval zvyšok jaskynného systému so skalným oknom — bývalým vchodom do jaskyne, vzniknutým na pukline. Za skalným oknom sa rozprestiera väčší priestor, ohraničený previsnutými stenami. Je to bývalý dóm, strop ktorého sa uvoľnením zrútil. Pod severnou stenou je vchod do jaskyne, ktorý je trojuholníkového tvaru, o výške 1,5 m. Vchod je vo výške 770 m. Po ňom nasleduje krátka vstupná chodba, orientovaná do smeru SSZ. Po 10 m sa priestor rozširuje vo väčší dóm, vysoký 10 m. S povrchom zeme je spojený dvoma vývodnými komínmi. V zadnej časti dómu chodba pokračuje ďalej. Sekundárne krasové javy sú vyvinuté v podobe bielopásovanej a žltopásovanej povlaku. Krápnikov, podobne ako vo všetkých podzemných priestoroch krasu, je veľmi málo a majú malé rozmery.

Najvýznačnejším útvarom Haligovských skál sú suché polokrasové doliny. Tu ne-možno hovoriť o krasových dolinách, ako napr. v Slovenskom krase, hoci Klimas z e w s k i píše o krasových dolinách z Pienin (18). Sú to veľké suché doliny o veľkom sklone, rozmery a dĺžka ktorých sa od západu smerom na východ v súhlase so zmenšovaním sa relatívnej výšky Haligovských skál zmenšujú. Vcelku tu vzniklo 5 väčších a niekoľko menších polokrasových dolín. Na ich vzniku sa zúčastňuje okrem predispo-zície bývalých svahových doliniek v čase obalenia bradla vrchnou kriedou a paleogé-nom i systém puklín, erózia občasných vôd a denudácia. Sčasti sa o ich priebeh zaslú-žili pukliny smeru JZ—SV a SZ—JV. Tento smer možno sledovať najmä na bočných dolinkách, ktoré ústia do hlavných dolín, ktoré sú hodne široké, majú podobu amfi-

teátrov. Toto rozšírenie je podmienené križovaním sa systémov puklín. Ústia dolín sú však úzke okrem IV. doliny, kde je ústie hodne široké, ale je to spôsobené tým, že predstavuje ústia dvoch dolín. Za úzkym ústím, kde sú uložené vrcholy sutinových kužeľov, doliny sa veľmi rozširujú do strán, pričom z nich do bokov vybiehajú bočné dolinky v podobe žlabov a rýb. Ich dná vystiela viac-menej hrubá vrstva zvetralín, sutín, štrkov, blokov, úlomkov väčšieho i menšieho kalibru, ktoré sa v prúdoch zosúvajú k ústiu. Okrem týchto piatich polokrasových suchých dolín je v Haligovských skalách ešte niekoľko menších dolín, vybiehajúcich nahor medzi bralá v podobe skalných žlabov, lomiacich sa často v smere puklín. Doliny sú ohraňované skalnými formáciami — skalnými stenami a rozličnými bralnými útvarmi, ktoré obsahujú množstvo dier a dutín. Ďalšou známkou dolín je, že sú bez vôd. Sieť potokov je iba občasná. v dobe veľkých lejakov, keď sa erózne ryhy naplnia vodou, ktorá so sebou strhuje a unáša sutiny, ukladajúc ich pod ústie doliny, kde sa náhle znižuje sklon na plošine stupňa vytvoreného zo sterasovatených náplavových kužeľov. Vodu z topiaceho sa snehu a menších zrážok však pohleujú sutiny a býva odvádzaná cez rozpukané podložie, do ktorého vsakuje systémom puklín. Haligovské skaly sú odvodňované v Lipníku, ako tomu nasvedčuje množstvo sutinových a vrstevných prameňov na náplavovom stupni pod nimi.

MORFOLOGICKÉ RAJONY

Na základe predchádzajúceho geomorfologického rozboru možno na území Pienin vyčleniť nasledujúce celky: 1 rajón Pieniny, 1,1 subrajón Kláštorňá hora a Hurka, 1,2 depresia Huty, 1,3 Holica, 1,4 Kače a Osobitá skala, 1,5 útvary obalových hornín medzi Kláštorňou horou a Axamitkou, 1,6 dolina Bielej skaly, 1,7 Haligovské skaly.

Kláštorňá hora a Hurka tvoria jednotný celok, ktorý bol antecedentno-epigeneticky rozrezaný Lipníkom. Hurka predstavuje 50 m vysokú kopu pretiahnutú v smere JJV—SSZ. Prítomnosť vápencov spôsobila v dôsledku brzdenia svahovej modelácie strmé svahy s častým bralným reliéfom, najmä na východnom svahu, kde sa uložil i pás dehviálnych hĺn. Kláštorňá hora, zložená najmä z rohovecových vápencov, pripomína skalnými stenami vo vrcholovej partii, ktoré sú orientované na SV, questu. Skalné steny dosahujú miestami výšku 10—20 m. Ich úpätia lemujú osypy, ktoré sa končia vo výške 520 m. Prítomnosť veľmi odolných rohovecových vápencov spôsobuje, že severovýchodné svahy majú sklon až 45° a vystupovanie bralných útvarov lemovaných sutinovými kužeľmi. Svahy sú silne zasutinované materiálom, pochádzajúcim z osypov a skalných morí. Vo výške 20—25 m nad Dunajcom vystupuje fragment riečnej terasy (500 m n. m.). Miestami sú založené erózne ryhy. Západný svah Kláštornej hory je miernejší. Vo výške 600—640 m nad colnou strážnicou vystupuje rad skalných morí a plôch, pokrytých svahovými sutinami. Za vtokom Lipníka do Dunajca je zvyšok 4—6 m a 20—25 m eróznej terasy, ktorú sčasti pokrývajú deluviálne hliny.

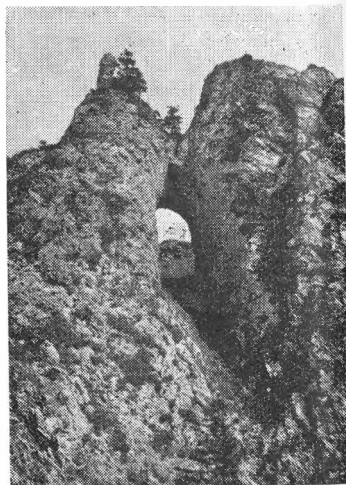
Depresia Huty tvorí širokú zníženú vložku medzi bradlá Kláštornej hory a Holice. Osou územia je potok, pretekajúci osadou Huta. Dolný úsek údolia je užší, stredný a horný široký, otvorený. Potok prijíma viac prítokov, z ktorých pravý má vyvinutý široký pramenný výklenok. Na ľavom sa vyvinuli travertínové kaskády, poukazujúce na to, že voda, vyživujúca potok, prechádza v podzemí severnou časťou subtranskej série Haligovských skál. Medzi Stredným Dielom, svahy ktorého sú pokryté ojedinelými štrkami, pochádzajúcimi zo skalných stupňov, a Holiceou, je vyvinutá terasa vo výške 25—32 m (465), ktorá sa prelína s náplavovým kužeľom potoka Huty, ktorý sa v súčasnosti zarezáva, podobne ako východnejšie položený potok, o 10—12 m. Zo štruktúrnych tvarov treba spomenúť pásy menej odolných a odolnejších hornín pre-

chádzajúcich naprieč údolím. Neodolné horniny dali vznik úvalinám, ktoré si navzájom po stranách údolia odpovedajú. Na túto štruktúru sa viažu i sedlá a kóty na rozvodnom chrbte medzi údoliami spomínaných potokov. Na vývoj Dunajca poukazuje zvyšok terasy vo výške 45 m (490 m) na Strednom Dieli.

Holica predstavuje bradlo zložené z rohových vápencov. Od Osobitej skaly ju oddeľuje úzky pruh obalu. Hrebeň Holice je silne bralnatý. Skalné steny sú vysoké 10–20 m. Skalné formácie, vzniknuté sčasti poderodovaním Dunajcom a sčasti na puklinách, sú na juhozápadnom svahu Holice. Sú to Mníchky. Jednotlivé bralá sú od seba oddelené skalnými ryhami a žľabmi, ktorými dole zliezajú sutiny v podobe sutinových prúdov. Skalné steny vystupujú nad sebou v niekoľkých úrovniach. Vo výške 700 m pod kótou Holica sa vytvorilo rozsiahle skalné more. Svahovými sutinami, skalnými moriami a osypmi pod bralnými útvarmi je pokrytý i západný a severovýchodný svah Holice. Miestami na severovýchodnom svahu vystupujú i erózne ryhy. Na severnom svahu Holice sa zachovali v úzkych pásoch zvyšky terás 20–25 m a 40–45 m.

Kače a Osobitá skala tvoria spolu jednu kryhu, prerezanú Lesnickým potokom. Osobitá skala je potokom silne poderodovaná, takže sa pod jej severovýchodným svahom vytvoril previs. Potok jednostranne zatlačujú sutinové kužele Vylízanej a Kače, ktoré silne rozbrázdňujú skalné ryhy a žľaby. Od Holice je Osobitá skala oddelená hlbokým sedlom, založeným na obalových horninách. Lemujú ju sutinové kužele, ktoré dosahujú rozpätie 15 m. Kače je smerom na západ orientovaná skalnou stenou, vysokou 200–300 m, ktorá je rozčlenená na množstvo brál. Celistvá je len v prelome, kde sa vyznačuje zvláštnym nepravidelným vetraním. Na päte sa uložili sutinové kužele a sutinové prúdy, vrcholy ktorých sú upnuté vo výške 540–550 m v skalných žlaboch. Tesne vedľa ústia potoka sa končí Kače kolmou stenou nad Dunajcom, za ktorou vybieha do výšky 470 m sutinový kužel. Počas povodne r. 1958 sa v prelome vytvorila 1,5 m povodňová terasa. Pred vchodom do sútesky od Lesnice sa zachovala 20–25 m terasa Lesnického potoka.

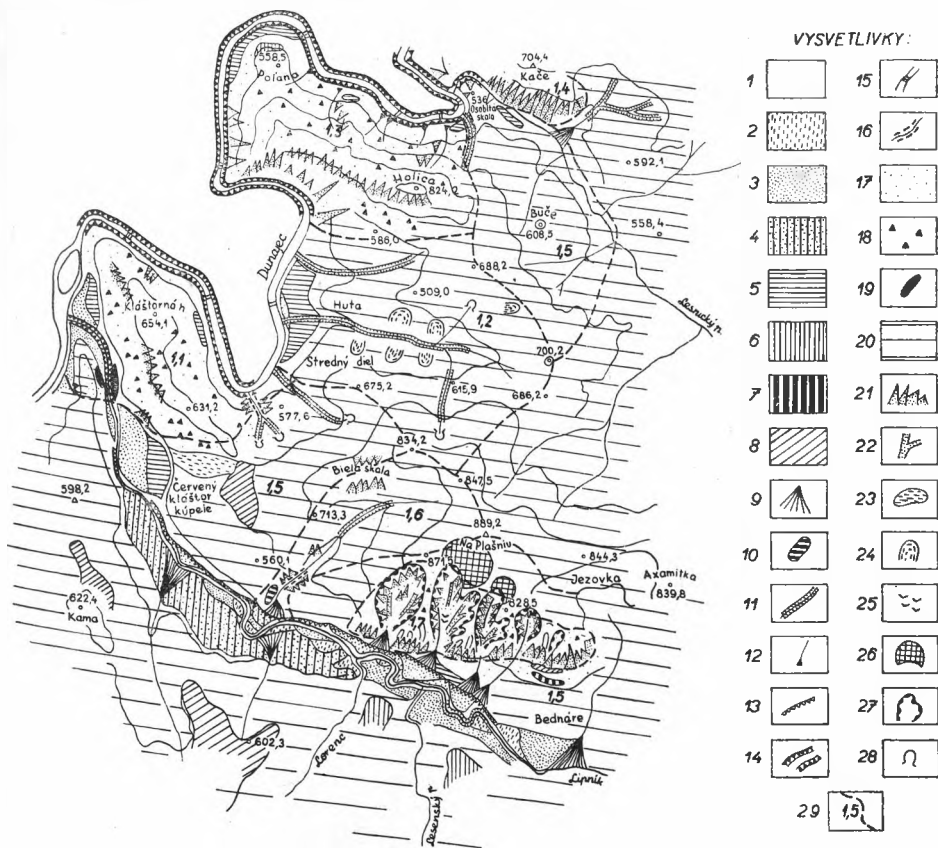
Útvary na obalových horninách medzi Kláštorňou horou a Axamítkou sa vyznačujú veľmi miernou morfológiou. Prekľadaním cesty pod Kláštorňou horou vznikla menšia plocha, devastovaná výmofovou eróziou. Vo výške 600–625 m sa zachovala erózna plošina, predstavujúca 120 m fluviálnu úroveň. Pod ňou, od hotela Dunajec, tiahne sa vo výške 20–25 m a 4–6 m terasa Lipníka. Červený Kláštor leží na terase vysokej 3–6 m. Aluviálna niva je vyvinutá len miestami v úzkom páse. Na ľavej strane je potok silne pritisnutý pod svah, takže ho intenzívne podtína. Bočnou eróziou sa tu vytvoril 30 m vysoký svah o sklone 45°. Lipník tu zatláčajú južné prítoky. V Haligovciach vytvára rad meandrov, ktorými sa vyhába náplavovým kuželom raz z jednej, raz z druhej strany. Zvyšky terás pod I. polokrasovou dolinou dokazujú stálosť jeho meandra. Pod kótou 816 sa uchoval zvyšok 120 m úrovne a 80–90 m vysokej terasy. Komplikovanejší je reliéf medzi Kláštorňou horou a Stredným Dielom, kde od Kláštornej hory vybieha popri Dunajci výbežok vápencov. Na tomto území sú založené dve



Obr. 6. Skalné okno predstavujúce bývalý jaskynný vchod v V. polokrasovej doline. Fotografia: Drdoš.

dolinky. Západná je na hornom toku na obalových horninách silne rozšírená. Na strednom a dolnom toku sa jej potok prelomuje úzkou súteskou cez bradlové série. Vápencové svahy v súteske sú strmé až 45° a pokrývajú ich skalné moria, svahové sutiny a osypy, ktoré lemujú bralné útvary. Úsek doliny, tvorený obalovými horninami, je mierny. Nad dolinkami vystupuje široký svah Bielej skaly, ktorý je vo vrchnejších partiách pokrytý ojedinelými sutinami, pochádzajúcimi zo sutinových kužeľov Bielej skaly.

Dolina Bielej skaly má opäť tie isté znaky ako ostatné doliny Pienin, čiže od ústia k záveru sa rozširuje, splytčuje, čo je podmienené geologickou stavbou. Na dolnom toku sa potok prelomuje cez subatranskú sériu, na strednom a hornom tečie v horninách



Mapa. 1. 1 — aluviálna niva, 2 — starší holocénny stupeň (1—2 m), 3 — riečna terasa 3—6 m, 4 — riečna terasa 8—12 m, 5 — riečna terasa 20—25 m, 6 — riečna terasa 40—45 m, 7 — riečna terasa 80—90 m, 8 — fluviálna úroveň 120—150 m, 9 — náplavové kužeľe, 10 — náplavové kužeľe staršie, 11 — zarezanie potokov nad 5 m, 12 — erózne ryhy, 13 — poderodované svahy, 14 — prelomové údolia, 15 — prahy, 16 — epigenézy, 17 — svahové sutiny, 18 — skalné moria, 19 — deluviálne štrkové hliny, 20 — denudačný reliéf, 21 — sutinové kužeľe, 22 — sutinové prúdy, 23 — pôdna erózia, 24 — úvaliny, 25 — zosuny, 26 — denudačné amfiteátre, 27 — polokrasové doliny, 28 — pramenné kotly, 29 — hranice a číselné označenie subrajónov.

obalu. Záver doliny lemuje rad pieskovecových vrchov vysokých nad 800 m a Biela skala. Na kóte 847 je lokalita silne zvetraných pieskovecových štrkov. Stredom doliny prechádza od Haligovských skál množstvo drobných bradiel. Na styku vápencevej série a obalu vznikol rad prameňov. Biela skala, ktorá je rozčlenená na množstvo brál, obsahuje i krasové dutiny. Spod jej okraja sa na SZ i JV spúšťajú sutinové kužele o sklone 28—38°. Potok doliny Bielej skaly sa na hornom toku zarezáva až o 20 m. Vo výške 570 m po údolnici potok vstupuje do sútesky, kde tečie po obnaženom skalnom podklade. Bralá a skalné steny sú lemované osypmi, ktoré miestami zbiehajú až do riečišťa. Sutinové kužele dosahujú rozpätie 25 m. V ústí doliny vyviera prameň, v ktorom sa, podobne ako pod Bielou skalou, zráža sinter. Pod ústím doliny sa uložil náplavový kužel, ktorý je podfatý Lipníkom, takže dnes dolina Bielej skaly visí nad hlavným údolím. Rozfatie kužela 15—20 m predstavuje najmladší vývoj doliny Bielej skaly. Spätná erózia však postupuje veľmi pomaly pre vystupovanie subtatranskej série, ktorá pohlcuje vody potoka.

Haligovské skaly sa začínajú bralnými formáciami vo výške 575 m za dolinou Bielej skaly a končia sa na JV v údolí pod Axamitkou (839,8 m). Vyznačujú sa silným rozčlenením piatimi dolinami, dná ktorých vystiela viac-menej hrubá vrstva sutín. Spodný okraj, ktorý je lemovaný radom „svedeckých“ brál, zvyšuje sa od SZ na JV z výšky 575 m na 720 m pod piatou suchou dolinou. Úpätie skál je lemované osypmi, rozpätie ktorých sa najčastejšie pohybuje od 20 do 40 m. Ich sklon je v medziach najčastejšie 32—34°, ale nie sú výnimkou ani sklony od 28 do 40°. Je to podmienené sklonom podložja. I. polokrasovú dolinu rozdeľuje skalný prah, zbiehajúci sa do výšky 600 m vo dva žľaby, z ktorých sa spúšťajú sutinové prúdy, končiac sa vo výške 530 a 550 m. Rozpätie prúdov je 95—100 m. Skalné steny medzi I. a II. polokrasovou dolinou sú značne skrasovatené, obsahujú rad krasových dutín a dier s chudobnou výzdobou. Najgrandióznejším výtvorom je II. polokrasová dolina, ktorá sa vo výške 610 m lomí do smeru JZ—SV na smer SZ—JV. Žľaby a bočné doliny sú silne zasutené. Sutinové kužele sa začínajú vo výške 720—770 m. Ich sklon je 36°. Na kuželloch sa vptvorili sutinové prúdy, ktoré sa vo výške 675 m spájajú a pokračujú ďalej k ústiu spoločne. Vo výške 630 m sa k nim pripájajú sutiny i z ľavej bočnej doliny. V spodnej časti doliny sú sutiny rozrezané 5 m hlbokou eróznou rýhou, ktorá ich vyplavuje do ústia. Územie pod ústím doliny predstavuje akumuláciu oblast' sutín. III. dolina sa rozčleňuje na tri bočné dolinky. Ľavá, ktorá má smer JV—SZ, je silne zasutená. Sutiny sa tiahnu v rozpätí 30 m (660—690 m). V západnej časti dolinu prerušuje skalná stena, nad ktorou o 50 m vyššie pokračuje dolina ďalej. Východná časť doliny je vo výške 720 m rozdelená pozdĺžnym bralom, pod ktorým sa spájajú sutinové prúdy, pokračujúce k ústiu spoločne. Sutiny vybiehajú do výšky 785—800 m, kde prechádzajú v podobe skalných morí do IV. doliny. Z podzemých priestorov je najvýznačnejšia jaskyňa Axamitka a dve malé jaskyne pod kótu 828,5. Nad ústím doliny v brale vzniklo rozšírením pukliny skalné okno. Stredná dolina, v ktorej je jaskyňa Axamitka, končí sa visito nad skalnou stenou. Vrcholy sutinových kuželov tu siahajú do výšky 810—815 m. Pod dolinou je vyvinutý veľký náplavový kužel, rozrezaný 6—8 m hlbokou eróznou rýhou. IV. dolina sa skladá z dvoch častí, ktorými zbiehajú dlhé sutinové prúdy. Haligovské skaly sa končia pomerne oddeleným komplexom skál, rozčleneným tromi menšími dolinkami. Vo výške 770 m sa zachoval v V. doline zvyšok jaskyne so skalným oknom. Bralá sú silne skrasovatené. Na východnom skončení skál je menšie okno, vzniknuté rozšírením pukliny smeru VSV—ZJZ. Osypy pokrývajú celé východné svahy a prechádzajú i na severné expozície. Haligovské skaly sa končia v údolí Jezovky, ktoré má široký záver, vytvorený na málo odolných horninách obalu.

1. Andrusov D., *Geologický výskum vnútorného bradlového pásma v Západných Karpatoch*. Část III.: Tektonika. Praha 1938. — 2. Andrusov D., *Geologický výskum vnútorného bradlového pásma v Západných Karpatoch*. Část IV. a V. Bratislava 1945. — 3. Andrusov D., *O tektonickém postavení Haligovského útesu v Pieniách*. VSGU X, Praha 1934. — 4. Andrusov D., *Vznik vnútorného bradlového pásma v Karpatoch*. Věda přírodní, r. 17, Praha 1936. — 5. Birkenmayer Kr., *Przewodnik geologiczny po pienińskim pasie skalkowym*. Warszawa 1958. — 6. Birkenmayer Kr., *Sprawozdanie z badań geologicznych wykonanych w pienińskim pasie skalkowym w latach 1950—1951*. Instytut Geologiczny, biuletyn 86. Warszawa. — 7. Dénes F., *Das Pieningebirge*. — 8. Dudziak J., Gut S., *Rezerwaty a zabytki w wojówództwie krakówskim*. Kraków 1954. — 9. Halicki B., *Dyluswalne zlodowacenie północnych stoków Tatr*. PIGPN 24. Warszawa 1929, 1930. — 10. Halicki B., *Parę uwag o rozwoju dolin tatrzańskich*. Spraw. PIG. Tom 7. Warszawa 1937.

11. Horwitz L., *Studia nad stratografią osłony skałek pienińskich*. SPIG. IX. 2. Warszawa 1938. — 12. Klimaszewski M., *Morfologia i dyluswium doliny Dunajca o Pienuin po ujście*. WSG, 2, Warszawa 1937. — 13. Klimaszewski M., *Zagadnienia pleistocenu południowej Polski. Z badań czwartorzędu w Polsce*. Tom I. Warszawa 1952. — 14. Klimaszewski M., *Rzeźba Podhala*. CG. 1950/51. — 15. Kuźniar W., *Versuch einer Tektonik des Flysches nördlich von der Tatra*. BAS. Kraków 1910. — 16. Kreuz F., *Skały trachytowe w pienińskim pasie wapieni rafowych*. RSWAU. Tom XIII. Kraków. — 17. Małkowski S., *Andezyty okolic Pienuin*. PPIG I, 1. Warszawa 1921. — 18. Pawłowski S., *Z morfologii Pienińskiego pasa skałek*. Kosmos 1915. — 19. Rabowski F., *Uwagi dotyczące budowy skałek*. RPIG VI. Kraków 1930. — 20. Sokolowski S., *Kilka nowych spostrzeżeń z geologii pienińskiego pasa skalkowego*. Biuletyn IG 86. Warszawa.

21. Smólski S., *Pienińcy*. Przyroda i człowiek. Kraków 1955. — 22. Szafer W., *Pliocenińska flora okolic Czorsztyna i jej stosunek do plejstocenu*. PIG. Tom XI. Warszawa 1954. — 23. Uhlig V., *Ergebnisse geologischer Aufnahmen in den westgalizischen Karpathen II*. Theil. *Der pieninische Klippenzug*. Jahrbuch der kaiserlich — königlichen geologischen Reichsanstalt. 1890. — 24. Unrug R., *Współczesny transport i sedimentacja żwirów w dolinie Dunajca*. Acta geol. pol. VII, 2, 1957.

Recenzował prof. dr. M. Lukniś

Ян Дрдош

О МОРФОЛОГИИ ПИЕНИИ

Словацкая часть Пиенин расположена между долиной прорыва реки Дунаец и долиной под горой Аксамитка (839,8 м). Самой высокой точкой является Голица (824,2 м). Исследованная область образована четырьмя клипсами: горой Клашторна (654,1 м) с высотой Гурка, горой Голица, горой Каче (704,4 м) с высотой Особита-скала (536,2 м) и Галиговскими скалами (865 м); эти клипсы отделены друг от друга полосами облоочки клипш. Галиговские скалы представляют собой останец субатлантического покрова, надвинутого на клипсовую зону. Дунаец и его притоки прорываются здесь антецедентно-эпигенетически через клипсовую зону, чему способствует и система трещин. Река прорезала клипсы до образования, в конце плиоцена (вероятно понт), речной террасы, расположенной на высоте 120 м над уровнем реки. Остатки ее сохранились над курортом Червёный Клаштор и с левой стороны долины р. Лишик. На более раннюю стадию развития долины (вероятно сармат) указывает наличие структурной террасы, расположенной на высоте 230—250 м над рекой. В Пиенинах она представлена выравненными поверхностями горы Клашторна и высоты 675,2 м над горой Стрелный Диел. Антецедентно-эпигенетически пропиаливают клипсы и притоки Дунайца — Лишик, отделяющий гору Клашторна от высоты Гурка, и ручей Лесниций, протекающий между горой Каче и скалой Особита.

На территории Пиенин представлены две различные по своим свойствам группы пород. К одной относятся хорошо сопротивляющиеся выветриванию серии юры и мела

(в Галиговских скалах также среиний триас), ко второй — сланцы песчаники обломки клипп, образующие округлые формы рельефа или впадины. Речная сеть приспособилась к этим двум группам пород — клиппы она, по возможности, обгibt.

В развитии рельефа как крупных, так и мелких форм большую роль сыграли тектонические структуры и системы трещин. Расположение отдельных клипп указывает на то, что дислокации имеют юго-восточное — северо-западное направление. В этом-то направлении и врезана долина р. Дунаец в клипповую зону между горой Клашторна и горой Фацимих, а также под северным склоном горы Голица. В широтном направлении часто вытянуты полукарстовые долинки и пустоты в Галиговских скалах. Долина р. Дунаец под горой Голица и теснина, в которой течет ручей Лишник через гору Клашторна, также имеют широтное направление. Трещины, протянутые с юго-запада на северо-восток, сыграли значительную роль в образовании полукарстовых долин в Галиговских скалах.

В плейстоценовое время в Ниенинах возникли различные речные и перигляциальные образования. Первые представлены главным образом речными террасами и конусами выноса. Самая верхняя терраса — скульптурная; она расположена на высоте 80—90 м над уровнем реки и соответствует первому татранскому оледенению. Следующие террасы, 40—45-метровая и 20—25-метровая, являются также скульптурными. Аккумулятивные террасы наблюдаются на высоте 8—12 и 3—6 метров; чаще всего они представлены в долине ручья Лишник. На участках прорыва р. Дунаец и ручья Лесницкий речные террасы встречаются реже.

В устьях боковых долин расположились большие конусы выноса. Всего больше их в долине ручья Лишник. В устье долины Биела-скала под таким конусом сохранился реликт более древнего конуса выноса. Целая система конусов выноса образовалась у устьев полукарстовых долин в Галиговских скалах; до отложения 3—6-метровой террасы эти конусы были сильно подмыты ручьем Лишник, который был в то время сильно отнесен к северу напором южных притоков. Теперь конусы выноса рассечены глубокими эрозийными рывтинами. Различается две стадии образования рывтин: более древние рывтины довольно плоские, без борвки, более молодые — сильно врезаны в первые.

В условиях приледникового климата в плейстоцене сформировался типичный для клипп рельеф. Среди форм рельефа выделяются три комплекса — Галиговские скалы, Мнихи и Каче. При их образовании играли роль петрографические особенности пород и системы трещин. На границу Мнихи оказала также влияние боковая эрозия р. Дунаец. Некоторые формы скал возникли в результате разрушения пещер. Например в Галиговских скалах в полукарстовой долине Велька (Большая) скальное окно и скальный мост являются реликтами входов в пещеры, которые были позднее расширены процессами выветривания. Образование скалистых стен обусловлено прежде всего свойствами пород — твердые известняки с кремнями принимают более остроконечные формы, чем остальные породы. Тот факт, что под нижним краем Галиговских скал имеется ряд стоящих в одиночку клипп, показывает, что они постепенно стираются с лица земли. Климпы Ниенин оторочены конусами осыпей, достигающими внизу 20—50 м ширины; наклон их обычно 32—34°, но и более крутые не являются исключением. Особенно типичны они в Галиговских скалах. Вследствие отсутствия растительности и обилия осыпек осыпи переотлагаются на поверхности конусов, которые покрываются множеством борозд. При формировании рельефа возникают интересные образования — каменные потоки. Развиты они главным образом в полукарстовых долинах, в желобах, спускающихся с горы Каче в горной группе Мнихи. Осыпи сползают вниз по склону под влиянием земного притяжения, замерзания, оттаивания и различных изменений в объеме, вызванных колебаниями температуры. Особенно большую роль играет переотложение осыпей водой во время сильных ливней. При своем продвижении каменный поток вытачивает в своем основании борозду и приобретает волнутый профиль. Благодаря своему весу самые крупные обломки пород попадают в середину потока, где прогиб всего больше. Областью питания каменных потоков являются осыпи.

В Галиговских скалах наблюдаются карстовые образования. В плиоценовое время возникли пещеры, расположенные в двух этажах. В верхнем известны две пещольные пещеры под вершиной 828,5 м и реликт пещеры в полукарстовой долине Велька. Подземные пустоты образовались во время расчленения скульптурной террасы, расположенной на высоте 230 м. Нижняя система полостей представлена пещерой Аксамитка. Ее возникновение совпадает во времени с образованием скульптурной террасы на высоте 120 м. В наши дни пещеры являют следы сильного разрушения. Из других

подземных образований следует отметить небольшие карстовые полости, которых очень много вдоль дислокаций, проходящих по направлениям ЮЗ-СВ, СЗ-ЮВ и Ю-С. На поверхности земли карстовые явления не наблюдаются.

Галиговские скалы глубоко расчленены пятью сухими полукарстовыми долинами, развитие которых было предопределено древними долинами, заложенными на обочочке клипп. Расположение долин отчасти обусловлено дислокациями, направленными с юго-запада на северо-восток и с северо-запада на юго-восток. Значительное расширение средней части долин объясняется скрещением дислокаций. Руслу полукарстовых долин заполнены продуктами разрушения — мелко- и крупнообломочным материалом, глыбами, которые потоками переменяются к устьям.

Автор различает на территории Пиенин один район и 7 подрайонов и дает их подробную характеристику.

Перевод со словацкого В. Андрусовой

Объяснение рисунков

- Рис. 1. Клиппа, торчащая из русла р. Дунаец близ сел. Щавница. На заднем плане 120-метровая структурная терраса. Фото Дрдоша.
Рис. 2. Западная часть Пиенин — Флаки. Фото Дрдоша.
Рис. 3. Конусы осыпания в Галиговских скалах. Фото Дрдоша.
Рис. 4. Аллювиальные наносы ручья Лесницкий перед прорывом между скалой Особита и горой Вылизана. Фото Дрдоша.
Рис. 5. Перемененные (перемытые) осыпи и Скальные ворота в полукарстовой долине Велька. Фото Дрдоша.
Рис. 6. Скальное окно — реликт входа в пещеру в полукарстовой долине Велька. Фото Дрдоша.

Объяснение карты

- Карта 1. 1 — пойменная терраса, 2 — древнеголоценовая террасовая ступень (1—2 м), 3 — речная терраса 3—6 м, 4 — речная терраса 8—12 м, 5 — речная терраса 20—25 м, 6 — речная терраса 40—45 м, 7 — речная терраса 80—90 м, 8 — скульптурная терраса 120—150 м, 9 — конусы выноса, 10 — древние конусы выноса, 11 — врезы водотоков свыше 5 м, 12 — эрозионные рывтвицы, 13 — подмытые склоны, 14 — долины прорыва, 15 — пороги, 16 — эпигенетические долины, 17 — осыни на склонах, 18 — моря скал, 19 — делювиальные суглинки с погруженными в них гальками, 20 — денудационный рельеф, 21 — конусы осыпания, 22 — каменные потоки, 23 — почвенная эрозия, 24 — ложбины, 25 — оползни, 26 — цирки выветривания, 27 — полукарстовые долины, 28 — котлы с источниками, 29 — границы и численное значение подрайонов.

Ján Drdoš

EIN BEITRAG ZUR MORPHOLOGIE DER PIENINY

Der slowakische Teil des Gebirges der Piennin liegt zwischen dem Durchbruchstal des Dunajec und dem Tale unter der Axamitka (839,8). Es erreicht seine grösste Höhe mit der Holica (824,2). Das untersuchte Gebiet besteht aus vier Klippen: Kláštorná hora (654,1) mit der Hurka, Holica, Kače (704,4) mit der Osobitá skala (536,2) und Haligovské skaly (865), die voneinander durch einen Streifen von Hüllengesteinen getrennt sind. Die Haligovské skaly (skala — Felsen) stellen ein Stück der subtatrischen Serie dar, die auf die Klippenzone aufgeschoben ist; hier bricht heute der Dunajec und seine Zuflüsse antezedent-epigenetisch durch, wobei er sich auch nach dem System der Klüfte richtet. Das Einschneiden des Flusses in die Klippen spielte sich im Zeitraum vor der Bildung des Fluvialniveaus von 120 m (vermutlich Pont) am Ende des Pliozäns ab; dieses Fluvialniveau erhielt sich oberhalb der Bäder Červený Kláštor und an der linken Seite des Lipniktales. Auf eine ältere Periode der Entwicklung weist das Niveau in der Höhe von 230—250 m hin (vermutlich Sarmat), welches

in den Pieniny durch die Hochflächen der Kláštorná Hora und der Höhe 675,2 über dem Stredný Diel repräsentiert wird. Antezedent-epigenetisch schneiden sich in die Klippen auch die Zuflüsse des Dunajec ein, der Lipník, der die Hurka von der Kláštorná Hora trennt, und der Lesnický potok (Bach) über Kače, der die Osobitá skala isoliert.

Das Gebiet der Pieniny wird von zwei durch den Charakter unterschiedlichen Gesteinsgruppen aufgebaut. Die erste stellen sehr widerstandsfähige Jura- und Kreideserien dar (in den Haligovské skaly auch mittlerer Trias), und die zweite repräsentieren Hüllenschiefer und Sandsteine, die die Tendenz haben abgerundete Formen oder Depressionen zu bilden. Den beiden Gesteinsgruppen hat sich auch das Flussnetz angepasst, welches den Klippen ausweicht.

In der Entwicklung der Morphologie treten charakteristisch die Strukturen und die Systeme der Klüfte hervor, und zwar nicht nur im groben Rahmen des Reliefs, sondern auch in den detaillierteren geomorphologischen Formen. Der Verlauf der einzelnen Klippen lässt eine Störungsrichtung von Südosten nach Nordwesten vermuten. Sie wird auch vom Dunajec bei seinem Einschneiden in die Klippenzone zwischen der Kláštorná hora und dem Facimiech und unter dem Nordhang der Holica ausgenutzt. Häufig tritt auch die Süd-Nordrichtung in Erscheinung, vor allem beim Verlauf der halbkarstigen Täler und Hohlräume in den Haligovské skaly. Sie tritt auch im Tale des Dunajec unter der Holica und beim Durchbruch des Lipník durch die Kláštorná hora in Erscheinung. Beim Entstehen der halbkarstigen Täler in den Haligovské skaly spielten die Klüfte, die in Richtung Südwest-Nordost verlaufen, eine bedeutende Rolle.

Das Pleistozän bedeutet in der Entwicklung der Pieniny die Bildung einer Reihe von periglazialen Formen, und fluvialen Formen (Flussterrassen, Schwemmkegel). Von den Flussformen sind die bedeutendsten die Flussterrassen; die höchste von ihnen in den Pieniny ist die Erosionsfläche in der Höhe von 80 bis 90 m, die der ersten Vereisung der Tatra entspricht. Weitere Terrassen in der Höhe von 40–45 m und von 20–25 m stellen ebenfalls Erosionsflächen dar. Akkumulationsterrassen sind nur die Terrassen in der Höhe von 8–12 m und von 3–6 m, die am häufigsten im Tale des Lipník auftreten. In den Durchbruchabschnitten des Dunajec und des Lesnický potok sind die Flussterrassen seltener.

In den Mündungen der Seitentäler setzten sich grosse Schwemmkegel ab. Die meisten befinden sich im Tale des Lipník. In der Mündung des Tales der Biela skala erhielt sich auch der Rest der Unterlage eines älteren Kegels. Ein grösseres System von Schwemmkegeln bildete sich unterhalb der Mündungen der halbkarstigen Täler der Haligovské skaly; dieses wurde im Zeitraum vor der Akkumulation der 3–6 m Terrasse durch den Lipník erodiert, welcher durch die südlichen Zuflüsse stark nach Norden abgedrängt wurde. Die Schwemmkegel sind heute von tiefen Erosionsfurchen gespalten, bei denen man zwei Entwicklungsstadien beobachten kann. Das ältere Stadium stellt eine verhältnismässig ausgeglichene Furche ohne Terrainkante dar, das jüngere wird durch ein starkes Einschneiden in die ältere Furche repräsentiert.

Das periglaziale Klima während des Pleistozäns hat das Hauptverdienst an der Bildung des Klippenreliefs und seiner Begleitformen. Dieses gliedert sich in drei Komplexe — die Haligovské skaly, Mníchy und Kače. Bei ihrer Bildung beteiligten sich die petrographischen Eigenschaften der Gesteine, die Systeme der Sprünge und bei den Mníchy auch die Seitenerosion des Dunajec. Einige Felsenformen stellen die Reste von Höhlen dar, zum Beispiel das Felsenfenster und die Felsenbrücke im halbkarstigen Tale der Haligovské skaly sind Überbleibsel von ehemaligen Höhleneingängen, die sich später durch Verwitterung verbreiterten. Die Bildung von Felswänden wird stark durch die Widerstandsfähigkeit der Gesteine beeinflusst. Auf harten Horn Kalksteinen entstehen schärfere Formen wie auf den übrigen Gesteinen. Eine Reihe von alleinstehenden Klippen unter dem unterem Rande der Haligovské skaly weist auf ihren stetigen Rückgang hin. Die Klippenformen der Pieniny werden von Schuttkegeln umsäumt, die ein Ausmass von 20–50 m bei der am häufigsten auftretenden Neigung von 32–34° erreichen, wobei jedoch auch grössere Neigungen keine Ausnahme bilden. Die typischsten Schutthalden sind in den Haligovské skaly. Der Vegetationsmangel und reichliche Niederschläge verursachen hier eine Verschwemmung des Schuttes an der Kegeloberfläche. Aus diesem Grunde werden die Kegel von einer Menge von Furchen durchfurcht. Eine markante Form der Akkumulation der Modellierungsprozesse sind die Schuttströme,

die vor allem in den halbkarstigen Tälern in den Schluchten der Kača und auf den Mníchy häufig auftreten. Bei ihrer Bildung beteiligt sich die Gravitation, das Gefrieren und das Auftauen und die Veränderungen des Volumens, die durch thermische Wirkungen hervorgerufen werden. Dadurch bewegt sich der Schutt dauernd den Abhang hinab. Die grösste Rolle spielt hier jedoch das Verschwenmen des Schuttes durch das Wasser der Regengüsse. Durch die Bewegung des Schuttes bildet sich im Untergrund eine Rinne, sodass das Profil der Strömung konkav ist. Dabei kommen die grössten Blöcke durch ihr Gewicht in die Mitte, wo die grösste Vertiefung ist. Die Ströme werden von den Schutthalden versorgt.

In den Haligovské skaly entstanden auch Karsiformen. Im Pliozän entwickelten sich in ihnen zwei Höhlenniveaus, die heute stark gestört sind. Das höhere Niveau wird durch zwei kleinere Höhlen der Kote 828,5 repräsentiert, und durch den Rest einer Höhle in dem V. halbkarstigen Tal. Sie wurde zur Zeit der Spaltung des 230 m Niveaus gebildet. Das untere System wird durch die Höhle Axamitka repräsentiert. Es entwickelte sich im Zeitraum des Durchschneidens des Niveaus von 120 m. Die unterirdischen Formen sind ausser durch die Höhlen auch durch eine Reihe von Karsthohlräumen vertreten, die sich in den Sprüngen der Richtung Südwest-Nordost, Nordwest-Südost und Süd-Nord bildeten. Die Oberflächenkarstformen entwickelten sich nicht im Karst der Haligovské skaly.

Die Haligovské skaly werden durch fünf trockene halbkarstige Täler gegliedert, die sich auf den Systemen der Klüfte bildeten und die durch alten Flusstäler an den Hängen der Klippenhülle umdisponiert wurden. An ihrem Verlauf haben teilweise die Klüfte, die in der Richtung Südwest-Nordost und Nordwest-Südost verlaufen ein Verdienst. Die starke Verbreiterung des mittleren Teiles der Täler wird durch das Kreuzen der Sprünge verursacht. Die Sohlen der halbkarstigen Täler sind durch eine Schicht von Verwitterungen, Schutt, Blöcken und Bruchstücken grösseren und kleineren Kalihers ausgefüllt, die in Strömen zur Mündung abgleiten.

Zum Abschluss gliedert der Verfasser auf dem Gebiet der Pieniny 1 Rayon und 7 Subrayone aus, die er detailliert charakterisiert.

Aus dem Slowakischen übersetzt von R. Lindner

Erklärung zu den Abbildungen

- Abb. 1. Klippe, die vom Flussbett des Dunajec in Szczawnica aufsteigt. Im Hintergrund die Fluvialebene 120 m. Foto Drdoš.
 Abb. 2. Der westliche Teil der Pieniny — Flaki. Foto Drdoš.
 Abb. 3. Schuttkegel in den Haligovské skaly. Foto Drdoš.
 Abb. 4. Alluvium des Lesnický potok vor dem Eintritt in den Durchbruch zwischen der Osobitá skala und der Vylízaná. Foto Drdoš.
 Abb. 5. Durchgeschwemmter Schutt und Felsentore in dem V. halbkarstigen Tal. Foto Drdoš.
 Abb. 6. Felsenfenster, welches den ehemaligen Höhleneingang im V. halbkarstigen Tale darstellt. Foto Drdoš.

Erklärung zu der Karte

- Karte 1. 1 — alluviale Auen, 2 — ältere Holozänstufe (1—2 m), 3 — Flussterrasse 3—6 m, 4 — Flussterrasse 8—12 m, 5 — Flussterrasse 20—25 m, 6 — Flussterrasse 40—45 m, 7 — Flussterrasse 80—90 m, 8 — Fluvialebene 120—150 m, 9 — Schwemmkegel, 10 — ältere Schwemmkegel, 11 — Einschneiden der Bäche über 5 m, 12 — Erosionsfurchen, 13 — von Erosion unterwaschene Hänge, 14 — Durchbruchstäler, 15 — Schwellen, 16 — Epigenesen, 17 — Schutthänge, 18 — Blockmeere, 19 — deluviale Kieslehme, 20 — Denudationsrelief, 21 — Schuttkegel, 22 — Schuttströme, 23 — Bodenerosion, 24 — Dellen, 25 — Rutschungen, 26 — Denudationsamphitheater, 27 — halbkarstige Täler, 28 — Quelltrichter, 29 — Die Grenzen und die mit Ziffern gezeichnete Subrayone.