
GEOGRAFICKÝ ČASOPIS

57

2005

1

*Ján Urbánek**

GEOMORFOLOGICKÁ ANALÝZA NEOTEKTONICKÝCH FORIEM

J. Urbánek: Geomorphological analysis of neotectonic forms. Geografický časopis, 57, 2005, 1, 1 fig., 21 refs.

In 1967 E. Mazúr pronounced the hypothesis that all surface forms in the West Carpathians result from young tectonic movements of prevalingly fault nature. This study is the follow-up of this hypothesis and suggests the ways to validate or falsify it. If the hypothesis on neotectonic origin of large forms is true, then the territory of the West Carpathians is crisscrossed by a network of faults that appear as geomorphologically relevant lines in the relief. The study outlines the method how to identify and analyse these lines and also proposes the basic hierarchy of spatial structures – geomorphological line, geomorphological grid, geomorphological mosaic, geomorphological block and geomorphological dome. The basic correlation between these geomorphological spatial structures and geological structures is also suggested.

Key words: geomorphological analysis, geomorphological line, geomorphological grid, neotectonic line, neotectonic grid

ÚVOD

Výskum neotektonických foriem – foriem, ktoré boli vytvorené tektonickými pohybmi, má na Slovensku určitú, pomerne dlhú tradíciu. Výsledkom sú poznatky o neotektonických formách v jednotlivých regiónoch, ako aj predstava o vplyve tektonických pohybův na reliéf Západných Karpát ako celku. Čo však tomuto výskumu chýba, je *metodologická reflexia*, konkrétnejšia predstava o geomorfologickej analýze ako systéme krokov smerujúcich k poznaniu neo-

* Geografický ústav SAV, Štefánikova 49, 814 73 Bratislava

tektonických foriem. Tento metodologický nedostatok je pravdepodobne dôvodom oslabenia pôvodne tak živého záujmu o neotektoniku. Cieľom predkladanej štúdie je naznačiť možnosti metodologickej reflexie. Geomorfologickú analýzu ako metódu sme vo všeobecnej podobe načrtli v samostatných štúdiách (Urbánek 2000a, 2000b). Teraz sa pokúsime opísať špecifický prípad geomorfologickej analýzy zameranej na neotektonické formy.

Predmetom analýzy nie je celé spektrum tektonicky podmienených foriem. Analýza je sústredená na určité lineárne formy (geomorfologické línie) a na zložitejšie priestorové kompozície, ktoré tieto línie vytvárajú (geomorfologická mriežka, mozaika, atď.). Opiera sa o *neotektonickú hypotézu*, ktorá umožňuje predpokladať, že tieto lineárne formy sú tektonického pôvodu.

Metódu použitú v štúdiu možno označiť za empirickú. Základný pojem *geomorfologická línia* je empirickým pojmom v tom zmysle, že nemá žiadny teoretický obsah, že sa dá v teréne, resp. na mape identifikovať, odvolávajúc sa na formy (úpätie, hrana, svah, sedlo, dolina a pod.) bezprostredne prístupné našej zmyslovej skúsenosti, formy, ktoré možno bezprostredne pozorovať. Aj priestorové kompozície zložené z geomorfologických línií si zachovávajú charakter empirických pojmov. Domnievame sa, že geomorfologická analýza musí vychádzať zo základu, ktorý tvoria empirické pojmy. Systém empirických pojmov je zárukou, že pri zložitejších teoretických úvahách sa nestratí kontakt s konkrétnym terénom (Urbánek 1977).

Cieľom predloženej štúdie je načrtnúť cestu, ako sa dopracovať k systému empirických pojmov. Vzhľadom na to, že ťažisko štúdie leží v empirickej rovine, odvolávame sa len na pomerne úzky okruh prác.

NEOTEKTONICKÁ HYPOTÉZA

Z hľadiska slovenskej geomorfológie má štúdia E. Mazúra *Major features of West Carpathians as a result of young tectonic movements* (Mazúr 1965) zásadný význam, pretože ukázala reliéf Západných Karpát v novom svetle. Jej autor prišiel so syntetizujúcim poznaním, že povrchové tvary Západných Karpát – predovšetkým veľké tvary – sú výsledkom tektonických pohybov germanotypného charakteru, ktoré prebiehali v neogéne a kvartéri. Tieto pohyby vtisli Západným Karpatom podobu klenby, ktorá je vnútorne členená na hráste (pohoria) a priekopové prepadliny (kotliny).

Autor štúdie sa opieral o širokú zahraničnú literatúru venovanú neotektonike, ako aj o znalosť geologických a geomorfologických pomerov v Západných Karpatoch. Spomínaná štúdia sa stala silným impulzom pre výskum. Ovplynula slovenských geológov, ktorí v tom čase neboli veľmi prístupní predstave, že Západné Karpaty sú prestúpené hustou sieťou mladých zlomov zreteľne sa prejavujúcich v reliéfe. Je pochopiteľné, že štúdia ovplyvnila predovšetkým slovenských geomorfológov. V reakcii na ňu vzniklo veľa štúdií, ktoré sa zaoberajú neotektonickými formami. S odstupom času však možno konštatovať, že spočiatku silný impulz postupne doznieval. Poznatky z jednotlivých regiónov sa neskladali do uceleného systému [výnimku tvorí mapa *Mladé pohyby* v Atlase SSR E. od E. Mazúra a J. Kvítkoviča (1980)]. Nedospelo sa ku kvalitatívne novým poznatkom, nedošlo k syntéze, ktorá by pôvodnú predstavu E. Mazúra prehĺbila, zmenila či spochybnila.

Príčinu stagnácie treba hľadať aj v zanedbaní metodologickej reflexie. Nevytvorila sa teoreticko-metodologická báza, ktorá by terénny výskum organizovala do podoby systematického vedeckého výskumu. Pozornosť geomorfológov bola zameraná predovšetkým na konkrétne povrchové tvary. Metóde výskumu sa nevenovala patričná pozornosť. Geomorfologická analýza neotektonických foriem nebola predmetom záujmu, takže nemohla získať črty autonómnej, jasne vyhranenej metódy.

Absencia vlastnej geomorfologickej metódy sa prejavuje typickým spôsobom. V diskusiách, na seminároch a konferenciách sa často vyzdvihuje interdisciplinárny charakter geomorfologického výskumu neotektonických foriem. Zdôrazňuje sa skutočnosť, že geomorfológia sa má opierať o poznatky geológie, geofyziky a ďalších vedných disciplín. Nemožno pochybovať o správnosti tohto názoru. Treba si však všimnúť, že o interdisciplinárnosti sa hovorí takým spôsobom, že geomorfológia sa v tomto interdisciplinárnom kontexte „rozpúšťa“. Nevystupuje ako autonómna disciplína s vlastnou metódou, a tak stráca svoju samostatnosť, najmä vo vzťahu ku geológii.

Cieľom tejto štúdie je načrtnúť cestu, ktorá by mohla viesť k odstráneniu spomínaného metodologického nedostatku. Prvým krokom je prisúdiť Mazúrovej štúdii z roku 1965 jej skutočný metodologický status. Domnievame sa, že nosnou ideou štúdie je práve hypotéza, aj keď iba implicitne formulovaná. Vzhľadom na jej obsah možno hovoriť o *neotektonickej hypotéze*. Formulovať sa dá asi nasledovne: *Možno predpokladať, na základe literatúry a terénneho výskumu, že povrchové tvary v Západných Karpatoch, predovšetkým veľké tvary (Západokarpatská klenba, jednotlivé pohoria a kotliny), sú výsledkom tektonických pohybov germanotypného charakteru v neogéne a kvartéri.*

Pri pojme *hypotéza* sa musíme nakrátko zastaviť. Tento pojem sa v našej geomorfologickej literatúre vyskytuje zriedka. Nepoužil ho ani E. Mazúr v súvislosti so svojou kľúčovou prácou (geomorfológovia zanedbávajú metodologickú reflexiu vlastných štúdií), čo je príčinou rôznych nedorozumení. Jedným z nich je podcenenie hypotézy ako niečoho, čo sa nevelmi patrí pripisovať kľúčovým prácam zreých vedcov. Opak je pravdou. Mazúrom vyslovená hypotéza o tektonickom pôvode veľkých foriem je dobre fundovanou hypotézou, pretože vychádza zo znalosti terénu (stojí na empirickom základe) a zo znalosti odbornej literatúry. K tomu treba pripísať ešte to podstatné, čo ani v teréne, ani v literatúre nenájde, a to je invencia autora hypotézy. Invencia skrytá v neotektonickej hypotéze sa prejavila v záujme o prejavy tektoniky v reliéfe. Vo funkcii metodologicky účinnej a plodnej pracovnej hypotézy stála pri zrode širokého súboru geomorfologických štúdií. Aj predložená štúdia svedčí o životaschopnosti neotektonickej hypotézy a invencii jej autora. Pripísať štúdii *Major features of West Carpathians as a result of young tectonic movements* charakter takto chápanej hypotézy je predovšetkým komplimentom jej autorovi.

V podobe, v akej sme ju vyššie uviedli, je neotektonická hypotéza príliš všeobecná v tom zmysle, že sa nedá bezprostredne verifikovať, resp. falzifikovať. Jednoduchou dedukciou však z nej možno odvodiť výroky, ktoré sa už budú dať verifikovať/falzifikovať. Ak sú povrchové tvary Západných Karpát výsledkom tektonických pohybov germanotypného charakteru, tak Západné Karpaty sú prestúpené sieťou zlomov. Keďže zlomy sú lineárne, kvázi priamočiare útvary,

ktoré majú rôznu orientáciu, križujú sa, *tak* sieť nimi vytvorená bude mať podobu mriežky. Ak sa tieto zlomy premietajú do povrchových tvarov (neotektonická hypotéza to predpokladá), *tak* sa v reliéfe Západných Karpát budú vyskytovať povrchové tvary organizované do línií, resp. mriežky. To znamená, že línia, resp. mriežka budú kompozičnými princípmi identifikovateľnými v reliéfe.

Tieto výroky smerujú už priamo k empirickej rovine, k terénu. Usmerňujú geomorfologickú analýzu, vytyčujúc pred ňou cieľ nájsť kompozičný princíp v podobe siete – mriežky. Dôležité je, že k empirickej rovine referujú prostredníctvom teoretického pojmu *sieť*. Geomorfologická analýza neotektonických foriem, odvolávajú sa na tento pojem, sa tak stáva špeciálnym prípadom *analýzy sietí*. Analýza sietí je metóda rozpracovaná v širokom geografickom kontexte (Hagget a Chorley 1969). Prostredníctvom pojmu *sieť* sa geomorfologická analýza neotektonických foriem naviazala na širšiu geografickú teoreticko-metodologickú bázu akcentujúcu priestorovosť študovaných javov. Je to dôležitý moment, v ktorom sa geomorfologická analýza konštituuje ako geografická metóda, odlišujúca sa od negeografických disciplín, s ktorými vstupuje pri výskume neotektoniky do interdisciplinárnej spolupráce. Je to moment, kedy sa geomorfológia odlišuje svojou metódou od geologických disciplín študujúcich ten istý jav – neotektoniku.

Výroky, ktoré sme odvodili z pôvodnej, príliš všeobecnej neotektonickej hypotézy, umožňujú už pristúpiť k ich verifikácii/falzifikácii. Tento proces sa skladá z dvoch krokov. Prvým je *hľadanie systému*, druhým je *hľadanie pravdy*. Oba kroky sme opísali vo všeobecnej rovine geomorfologickej analýzy v samostatných štúdiách (Urbánek 2000a, 2000b). Teraz sa pokúsime opísať ich špeciálny prípad, geomorfologickú analýzu zameranú na neotektonické formy.

Neotektonická hypotéza predpokladá, že v teréne jestvujú formy organizované podľa kompozičného princípu mriežky, že jestvuje geomorfologický systém v podobe *geomorfologickej mriežky*. Ak sa takáto mriežka v teréne nenájde, je neotektonická hypotéza falzifikovaná. Znamená to, že formy vytvorené tektonickými procesmi germanotypného charakteru v Západných Karpatoch nejestvujú. Ak sa podarí v teréne identifikovať geomorfologickú mriežku, ak sa potvrdí existencia hypotézou predpokladaného *systému* povrchových tvarov, tak hypotéza nie je týmto prvým krokom falzifikovaná. Možno pristúpiť k druhému kroku, ktorým je *hľadanie pravdy*, overovanie, či nájdená geomorfologická mriežka (systém) je výsledkom tektonických pohybov germanotypného charakteru, t. j. či geomorfologická mriežka je zároveň *neotektonickou mriežkou*. Ak sa preukáže iný pôvod mriežky, tak neotektonická hypotéza je falzifikovaná. Ak sa iný pôvod nepreukáže, neotektonická hypotéza je pravdepodobne pravdivá.

HLADANIE SYSTÉMU

V tejto kapitole si kladieme otázku, či sa dá v teréne nájsť systém v podobe geomorfologickej mriežky, ktorého prvkami sú geomorfologické línie.

Geomorfologická línia

Na existenciu geomorfologicky relevantných línií upozornili už M. Lukniš s E. Mazúrom (1956). Tento fenomén si všimli pod Muránskou planinou. Muránska línia je klasický príklad geomorfologickej línie. Podobné línie sa objavo-

vali inde, a to často v podobe brázd, úpäť, línie sediel a pod. Hovorilo sa o nich na exkurziách, na prednáškach, objavovali sa o nich zmienky v literatúre. Napriek tomu sa však nestalo to, čo podnetná štúdia Lukniša a Mazúra chcela zrejme vyvolať. Geomorfologická línia sa nestala základom pre systematický geo-morfologický výskum. V ďalšom sa pokúsime prisúdiť *geomorfologickej línii* metodologický status, ktorý jej patrí, t. j. ukázať, že je prvkom zložitého systé-mu.

Na geomorfologickú líniu sa dá v teréne či na topografickej mape pomerne ľahko ukázať (ostenzívna definícia). Identifikovať takúto líniu nie je spravidla väčší problém. S touto ľahkosťou kontrastuje ťažkosť, keď treba povedať, čo vlastne geomorfologická línia je, z čoho sa skladá. Geomorfologickú líniu charakterizuje značná variabilita. Môže sa prejavovať ako vpadnutá aj ako vypuklá forma, môže mať podobu terénnej hrany. Línia je heterogénna v tom zmysle, že sa môže skladať zo širokého spektra rôznych foriem, ktoré na nej „ležia“. Sú to doliny, chrbty, svahy, sedlá, úpätia atď. Tieto rozdielne formy do línie zjednocuje ich jednotná orientácia. Geomorfologická línia má charakter geomorfologického rozhrania, rozhraničuje rôzne formy. Na jednej strane línie ležia spravidla iné formy ako na strane druhej. Pojem *geomorfologická línia* má tak blízko k pojmu *rozhranie*, ktorý použili Kvitkovič a Feranec (1986).

Význam pojmu *geomorfologická línia* sa prejavuje aj v rozdiel medzi geomorfologickou líniou a inými lineárnymi formami, ako sú doliny a chrbty. Zatiaľ čo geomorfologická línia je heterogénnym útvarom (skladá sa z rôznych foriem), dolina a chrbát sú útvarmi homogénnymi (údolnica ide stále po dne doliny, chrbátnica po rozvodí). Nielen geomorfologickú líniu, ale aj dolinu či chrbát možno chápať ako rozhranie. Ide však o iný druh rozhraničovania. Na oboch stranách údolnice či chrbátnice sa nachádzajú rovnaké formy – svahy. Na oboch stranách geomorfologickej línie sa spravidla nachádzajú rôzne formy. Povaha geomorfologickej línie sa odкрýva aj v jej vzťahu k dolinám a chrbtom. Tieto kvalitatívne útvary sa miestami prekrývajú. Úseky dolín a chrbtov sú často zároveň aj úsekmi geomorfologickej línie.

Geomorfologickú líniu skúma celý súbor metód. Prvú skupinu tvoria metódy *identifikácie*. Je to analýza topografických máp, leteckých snímok, radarových záznamov (Jakál et al. 1992), ako aj satelitných snímok (Kvitkovič a Feranec 1986) a pod. Ďalšou metódou, ktorá nasleduje po identifikácii, je *diferenciácia* línie. Znamená to analyzovať „anatómiu“ identifikovanej línie, určiť jednotlivé geomorfologické formy, ktoré na nej ležia. Tretiu skupinu metód tvoria postupy, ktoré možno nazvať *systemizáciou*. Sú to metódy, ktoré analyzujú geomorfologickú líniu v rámci širšieho, hierarchicky organizovaného geomorfologického kontextu v rámci geomorfologickej mriežky, mozaiky, bloku a západokarpatskej klenby. Je to analýza vzťahov, presnejšie analýza priestorových vzťahov. Skladá sa z viacerých krokov.

Ak ponímame geomorfologickú líniu ako rozhranie, je tým určená logická štruktúra pojmu *geomorfologická línia*. Je to pojem, ktorý má štruktúru vzťahového pojmu. Geomorfologická línia je vzťah (priestorový vzťah) medzi dvoma susediacimi formami. Symbolicky to možno vyjadriť ako $R(a, b)$, kde písmeno R označuje geomorfologickú líniu – vzťah a písmená a a b označujú prvky vzťahu, t. j. jednotlivé formy, ktoré línia rozhraničuje. To znamená, že geomorfologická línia je určená iba vtedy, ak sú určené aj formy, ktoré rozhraničuje.

Inými slovami, línia je analyzovaná vo funkcii priestorového systému, ktorý zjednocuje líniou rozhraničené formy. Ďalšie kroky analyzujú líniu ako súčasť zložitejších hierarchicky nadradených útvarov. Konkrétne povaha línie, jej ďalšie vlastnosti sa postupne odкрývajú v procese, v ktorom je línia analyzovaná v rámci stále širšieho priestorového kontextu. Hierarchicky najbližším útvarom je geomorfologická mriežka.

Geomorfologická mriežka

Geomorfologické línie sa nevyskytujú ako singularity, ale v určitých zoskupeniach, kompozíciách. Križujúce sa línie vytvárajú určitý vzor (pattern) – *mriežku*.

Geomorfologická mriežka je sieťou iného typu, ako sú stromovité siete tvorené dolinami, resp. chrbtami (Hagget a Chorley 1969). V teréne sa však tieto odlišné siete prekrývajú. Sieť dolín môže viac alebo menej kopírovať geomorfologickú mriežku. Prekrýv sieť spôsobuje, že mnohé konkrétne formy – svahy, dná dolín, chrbty, sedlá atď. sú začlenené súčasne do oboch sietí. To vyžaduje študovať ich z hľadiska oboch kompozičných princípov, z hľadiska mriežky aj stromovitej siete. Tento prekrýv však nič nemení na skutočnosti, že ide o dva kvalitatívne odlišné priestorové systémy, ktoré treba analyzovať jednak samostatne, jednak vo vzájomnom vzťahu.

Geomorfologickú mriežku možno identifikovať tými istými metódami, ako sa identifikujú jednotlivé geomorfologické línie. Teraz sa však identifikácia robí na veľkom priestore, na širokom súbore línií. Analýza mriežky je zameraná na riešenie problému, či je mriežka priestorovou organizáciou, priestorovým systémom. Inými slovami, či súbor identifikovaných línií je iba náhodným zhlukom línií, alebo zákonitým útvarom, určitou formou objektívneho zákona v zmysle, v akom sme tento pojem použili v predchádzajúcej štúdii o geomorfologickej analýze (Urbánek 2000a). Takto zameraná analýza sa skladá z dvoch krokov, ktoré sa líšia mierou exaktnosti. Prvým krokom je predbežná identifikácia systémových vlastností mriežok.

Súbor geomorfologických mriežok z modelových oblastí vykazuje niekoľko vlastností, ktoré naznačujú, že geomorfologická mriežka je *systémom* línií. Mriežky vo väčšine oblastí vykazujú určitý priestorový poriadok, alebo vzor – pattern. To umožňuje rozlišovať línie mriežky. Spravidla v mriežke dominujú línie dvoch až troch smerov. Okrem dominantných línií sa vyskytujú aj menej výrazné podružné línie iného smeru. Ide o poriadok nápadne podobný tomu, o ktorom sa zmieňujú geologické práce z mnohých regiónov. Hovorí o systémoch zlomov, v ktorých dominujú dva-tri smery a vyskytujú sa aj menej výrazné zlomy iného smeru.

Geomorfologické mriežky sú zreteľne *diferencované*, menia sa od miesta k miestu. Menia sa smery dominujúcich línií. Priestorová diferenciácia mriežok naznačuje, že mriežka nie je náhodným zhlukom línií, pretože v tom prípade by sotva bolo možné mriežky od miesta k miestu rozlišovať; všade by boli rovnaké, chaotické. Diferenciácia mriežok je základom pre ich *klasifikáciu*.

Geomorfologické mriežky majú určitú *veľkosť*. Sú to útvary ohraničené, voči susedným mriežkam s inou kompozíciou. Dôležité je, že mriežky majú podobnú veľkosť ako *podcelky*, resp. *oddiely* s hierarchicky usporiadaným systémom

geomorfologických jednotiek na mape E. Mazúra a M. Lukniša *Geomorfologické jednotky* v Atlase SSR (Mazúr a Lukniš 1980).

Po predbežnej identifikácii systémových vlastností mriežok možno pristúpiť k druhému kroku, k exaktnej analýze. Je ňou tzv. *analýza sietí* (Hagget a Chorley 1969). Táto metóda umožní jednak overiť či predpokladaný priestorový poriadok v mriežkach skutočne jestvuje, jednak spoznať a exaktne vyjadriť jeho povahu. Analýza sietí je metóda, ktorá je rozpracovaná v širokom geografickom kontexte.

Vlastným predmetom analýzy je kompozícia priestoru. Pri tejto analýze sa preto abstrahuje od materiálu, od substancie, z ktorej sú siete budované. Prostredníctvom analýzy sietí sa geomorfologická analýza tektonických foriem začleňuje do geografie. Tým sa zároveň z metodologického hľadiska odčleňuje od geológie, s ktorou ju však spája spoločný objekt výskumu – neotektonika. Explicitné vyjadrenie týchto rozdielov a podobností je základom pre skutočnú interdisciplinárnu spoluprácu.

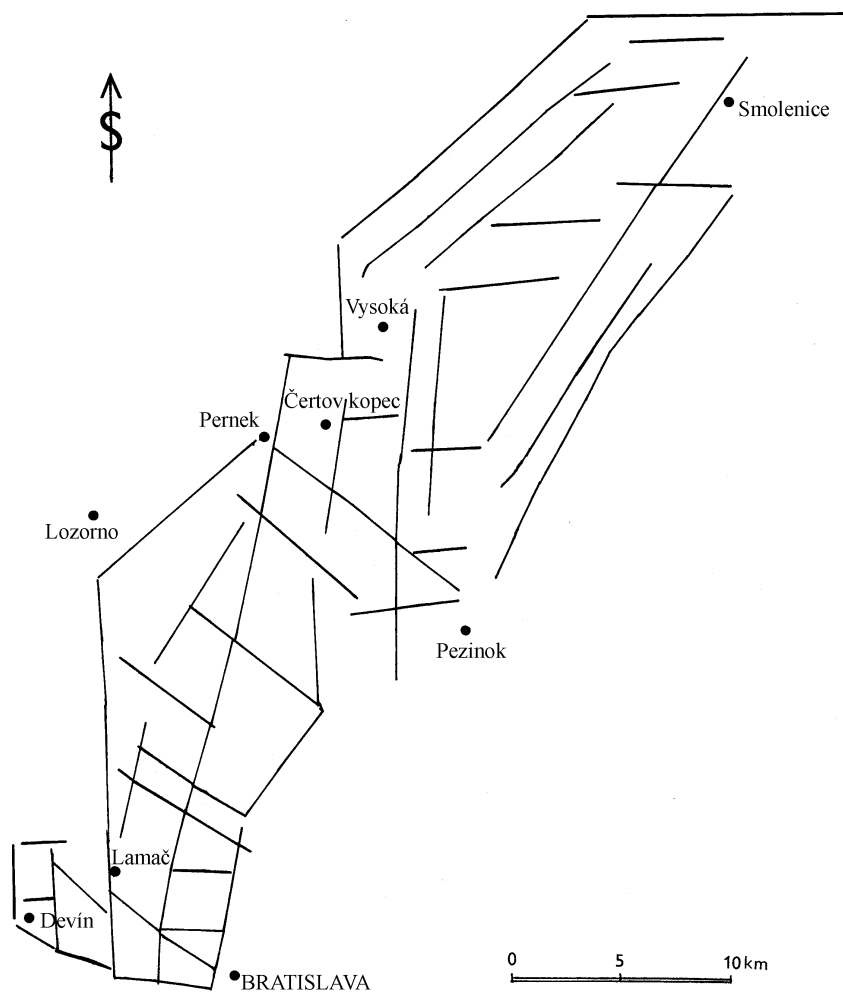
V tejto štúdii je predložený náčrt geomorfologickej analýzy, reflektujúci výsledky z prvej etapy riešenia projektu *Neotektonika a jej odraz v reliéfe Západných Karpát*. Dôraz kladieme na identifikáciu geomorfologických mriežok na mapách a na predbežné určenie ich systémových vlastností. K exaktným metódam analýzy možno pristúpiť až v ďalšej etape, ak bude k dispozícii dostatočne široký súbor máp.

Geomorfologická mozaika

Jednotlivé mriežky navzájom susedia, vytvárajú *geomorfologickú mozaiku*. Mozaika je hierarchicky vyšší útvar, systém zložený z prvkov – mriežok. V rámci mozaiky dochádza aj k hierarchickej diferenciacii línií. Niektoré z línií sa ukážu ako významné pre geomorfologickú mozaiku ako celok. Rozlišujeme niekoľko typov takýchto línií. Niektoré oddeľujú, rozhraničujú jednotlivé mriežky mozaiky, iné prechádzajú naprieč niekoľkými mriežkami mozaiky, majú funkciu skôr prvku, ktorý mozaiku zjednocuje. Vyskytujú sa aj línie ohraničujúce skupinu mriežok oproti okoliu, vyčleňujú ju ako určitý celok. V mnohých prípadoch mozaiky dosť presne korelujú s hierarchickou úrovňou *cel-kov* (geomorfologických indivíduí) na spomínanej mape *Geomorfologické jednotky* (Mazúr a Lukniš 1980).

Na obr. 1 je znázornená sieť geomorfologických línií v časti Malých Karpát (Devínske Karpaty a Pezinské Karpaty). Zobrazené sú základné línie. Pri väčších mierkach mapy je sieť línií hustejšia. V množstve detailov sa však môžu základné línie strácať. Na zobrazenom území sa vyskytujú línie štyroch smerov. Sú to smery S-J, V-Z, SV-JZ a SZ-JV.

Línie týchto štyroch smerov vytvárajú od miesta k miestu odlišný pattern – mriežku, t. j. štyri rôzne mriežky. V južnej časti (približne oblasť Devínskych Karpát) dominujú línie smeru V-Z, S-V a aj SZ-JV. Severnejšie od Bratislavy až po líniu Pezinok – Pernek sa vyskytujú tri smery: S-J, SV-JZ, SZ-JV. Tretí typ mriežky sa vyskytuje v oblasti Čertovho kopca. Tu sa križujú línie smerov V-Z, S-J. V štvrtí, najsevernejšej oblasti sa križujú línie smerov SV-JZ a V-Z. Zobrazené územie je teda *geomorfologickou mozaikou* zloženou zo štyroch mriežok.



Obr. 1. Geomorfologické línie v Malých Karpatoch

Každá zo spomínaných mriežok sa líši nielen patternom, ktorý vytvárajú križujúce sa línie v pôdoryse, ale aj profilom vo vertikálnej dimenzii. Pohorie v najjužnejšej oblasti, kde dominujú línie smerov V-Z a S-J, je rozpojené na systém samostatných krýh. V severnejšej oblasti, kde sa križujú línie S-J, SV-JZ, SZ-JV, je pohorie naproti tomu masívne. Masívny chrbát je iba nepatrne narušený líniou smeru S-J, na ktorú sa viažu úseky dolín Stupavského potoka a Vydrice. V oblasti Čertovho kopca, kde sa križujú línie smeru S-J, V-Z, je vytvorený rázsochový, silne rozčlenený reliéf. Je to systém hlbokých úzkych dolín a úzkych chrbtov. V najsevernejšej časti, kde sa križujú línie SV-JZ a V-Z, je pohorie opäť masívne.

Tieto štyri mriežky sú zjednotené do geomorfologickej mozaiky v podobe zreteľne individualizovaného celku, ktorý je jednak diferencovaný od okolia, jednak je vnútorne výrazne zjednotený. Túto kompozíciu získava vďaka početným dlhým a kontinuálnym geomorfologickým líniam.

Pohorie ako celok je určené dlhými, súvislými líniami smeru SV-JZ, ktorými je ohraničené oproti obom nížinám. Na línie tohto smeru sa viažu obe úpätia, ako aj svahy, ktorými sa pohorie dvíha nad okolité nížiny. Týmto systémami svahov je pohorie určené ako výrazná konvexná forma.

Druhú skupinu súvislých a dlhých línii tvoria línie smeru S-J. Sú iba o niečo kratšie ako línie smeru SV-JZ, pretože sa vyskytujú iba v troch južnejších častiach mozaiky. Najdlhšia línia tohto smeru sa ťahne od Bratislavy k Perneku. Veľmi výrazne je zobrazená na radarovom zázname (Jakál et al. 1992). Napriek tomu na nej nedochádza k výraznejšej vertikálnej diferenciácii terénu. Línia má podobu pukliny, ktorú využíva Stupavský potok a Vydrica. Pozdĺž nej došlo aj k viacnásobnému pirátstvu (Urbánek 1992). Ani ostatné línie smeru S-J sa neprejavujú výraznejšou vertikálnou diferenciáciou terénu. Platí to dokonca aj o línii Lamač – Lozorno, ktorá tvorí časť úpätia medzi pohorím a Záhorskou nížinou. Vertikálny rozdiel je tu pomerne nevelký, pretože terén tu z nížiny vystupuje iba na nevysoké Stupavské predhorie.

Na rozdiel od spomínaných dlhých línii smeru SV-JZ a S-J, ktoré geomorfologickú mozaiku skôr zjednocovali, majú priečne kratšie línie smeru SZ-JV a V-Z skôr diferencujúcu, rozhraničujúcu funkciu. Výrazná línia smeru V-Z ohraničuje na severe Pezinské Karpaty oproti Brezovským Karpatom. Viaže sa na ňu výrazný vertikálny rozdiel. Viaceré výrazné, ale kratšie línie tohto smeru sa vyskytujú aj južnejšie, až po spojnicu Pezinok – Pernek. Viažu sa na ne výrazné chrbty.

Druhou priečnou líniov s výrazne rozhraničujúcou funkciou je línia smeru SZ-JV medzi Pernekom a Pezinkom. Na juh od nej, až po Bratislavu, sa vyskytuje séria línii rovnakého smeru. Viažu sa na ne nevysoké terénne stupne, ktorými terén od Bratislavy smerom na severovýchod stupňovite stúpa. Tieto priečne línie masívnosť pohoria neporušujú.

Najsilnejší dezintegrujúci efekt je v oblastiach, kde sa križujú línie smeru S-J, V-Z, prípadne SZ-JV. Najvýraznejšie je to v oblasti Devínskych Karpát, kde je pohorie týmito líniami rozpojené na sústavu samostatných kryh. Takýto podobný, ale slabší efekt je aj v oblasti Pezinok – Pernek. Na oboch úpätiach je dominancia línii smeru SV-JZ prerušená. V ešte slabšej miere sa tento jav vyskytuje pri Smoleniciach.

V širokom súbore mozaík, vyskytujúcich sa v Západných Karpatoch, sa črtajú určité podobnosti. Možno tu hovoriť o určitých typoch mozaík (Lacika a Urbánek 2002).

Geomorfologická mozaika predstavuje určitý typ siete. To umožňuje po identifikácii mozaík pristúpiť k ich exaktnej analýze. Geomorfologická mozaika však predstavuje iný typ siete ako geomorfologická mriežka. To znamená, že v prípade geomorfologickej mozaiky bude mať *analýza sietí* inú formu.

Blok a klenba

Podobné geomorfologické mozaiky (celky podobnej kompozície) majú tendenciu vytvárať určité priestorové zoskupenia. Možno by pre takéto zoskupenie bol vhodný termín *blok*. Bloky sú priestorové celky, ktoré veľkosťou približne zodpovedajú *oblastiam* zo spomínanej mapy *Geomorfologické jednotky* (Mazúr a Lukniš 1980). Podobnosť je tu však iba vo veľkosti. Priestorová korelácia medzi *blokmi* a *oblastami* je iba čiastočná.

V rámci projektu *Neotektonika a jej odraz v reliéfe slovenských Karpát* boli vytvorené rukopisné mapy (1:50 000) geomorfologických línií a mriežok. Tieto mapy ukazujú určité náznaky zoskupovania sa geomorfologických mriežok, resp. mozaík do blokov čiastočne korelujúcich s blokmi opísaných v prácach Kvitkoviča a Plančára (1975 a 1977).

Lokalizácia blokov v značne hypotetickej podobe je načrtnutá v samostatnej štúdii (Urbánek a Lacika 1998). Jednotlivé bloky sú rozhraničené geomorfologickými líniami vysokej hierarchickej úrovne. Bloky sú prvkami systému najvyššej hierarchickej úrovne, prvkami západokarpatskej klenby.

Hierarchia *línia – mriežka – mozaika – blok – klenba* je dôležitá z metodologického hľadiska. Hľadanie systému sa vzťahuje na každú z týchto úrovní, ako aj na hierarchiu samotnú. Geomorfologická analýza musí prebiehať v tomto hierarchickom systéme v oboch smeroch, od línie ku klenbe a naopak. Dá sa totiž predpokladať, že každý smer analýzy odkryje iné kompozičné vlastnosti reliéfu.

HĽADANIE PRAVDY

Ak sa ukáže, že geomorfologická mriežka v celej hierarchii je systémom – prejavom objektívneho zákona – potom má zmysel pristúpiť k ďalšiemu kroku. Je to overovanie pravdivosti neotektonickej hypotézy, či je, alebo nie je pravdou, že geomorfologická mriežka je zároveň tektonickou mriežkou. Touto časťou geomorfologickej analýzy sa nebudeme podrobnejšie zaoberať. Načrtne iba jej základný smer. Geomorfologická analýza ako hľadanie pravdy sa stáva analýzou vzťahu priestorovej *korelácie* medzi geomorfologickou mriežkou a inými sieťami. Tento vzťah sa analyzuje s *cieľom* vysvetliť objektívny zákon, ktorého prejavom je geomorfologická mriežka.

Geomorfologická analýza skúma teraz vzťah geomorfologickej mriežky k trom sieťam, ktoré sú vyjadrením troch geomorfologických hypotéz. Inými slovami, tri základné hypotézy o vývoji reliéfu v Západných Karpatoch možno vyjadriť pomocou pojmu *sieť*, a tak vytvoriť podmienky pre analýzu korelácie medzi nimi a geomorfologickou mriežkou. Trojicu hypotéz tvorí hypotéza o pasívnych morfoštruktúrach, hypotéza klimagenetická a hypotéza neotektonická.

Hypotéza o pasívnych morfoštruktúrach nebola dosiaľ explicitne v slovenskej geomorfológii formulovaná. Napriek tomu tvorí jednu z hypotéz, ktorá základným spôsobom ovplyvňovala geomorfologické myslenie a ktorú nájdeme zakomponovanú v štruktúre väčšiny geomorfologických štúdií. Je to všeobecne akceptovaný predpoklad, že povrchové tvary sú odrazom pasívnej geologickej stavby, odrážajú priestorové rozdiely v odolnosti hornín. V období pred spomínanou štúdiou E. Mazúra z roku 1965 o tektonickom pôvode povrchových tva-

rov mala táto hypotéza dominantné postavenie. V pestrej geologickej stavbe Západných Karpát nestratila ani dnes na význame. Dnes však treba vplyv rozdielov v odolnosti hornín relativizovať, uviesť ho do konkrétneho vzťahu k iným vplyvom. Pojem *sieť* túto možnosť poskytuje. Problémom pasívnych morfoštruktúr sa zaoberajú štúdie J. Novotného na území Kysuckých bradiel (Novotný 2000a, 2000b).

Základnú informáciu o rozdieloch v odolnosti hornín poskytujú geologické mapy. Je to však informácia, ktorú treba interpretovať, pretlmočiť tieto mapy ako priestorové variácie *geomorfologickej hodnoty hornín*. Spôsob reinterpreťácie geologických máp do tejto geomorfologicky relevantnej významovej polohy naznačujú niektoré práce M. Bizubovej (Bizubová a Machová 1994, Bizubová a Pacharová 1996). Výsledkom by bola mapa ako sieť rozhraní medzi horninami rôznej geomorfologickej hodnoty. Hypotézu o pasívnych morfoštruktúrach môžeme potom chápať ako predpoklad o korelácii medzi touto mapou a geomorfologickou mriežkou.

Klimagenetická hypotéza tiež nebola formulovaná explicitne. Predpoklad, že reliéf Západných Karpát je rozhodujúcim spôsobom poznačený generáciami klimaticky podmienených foriem, je evidentne nosnou ideou slovenskej geomorfológie. V Západných Karpatoch boli identifikované generácie nad sebou zoradených zarovnaných povrchov, ktoré vznikli v rôznych klimatických podmienkach. Do týchto plochých foriem sú zarezané mladé doliny s priečnym profilom v podobe písmena „V“. Úpätia pohorí sú lemované systémami náplavových kužeľov a riečnych terás. Mapa zobrazujúca tento systém foriem je vlastne sieťou klimaticky podmienených rozhraní. V tejto podobe umožňuje analyzovať koreláciu tejto siete s geomorfologickou mriežkou.

Napokon *neotektonická hypotéza* predpokladá, že reliéf Západných Karpát je výrazne ovplyvnený zlomami. Informáciu o sieti potvrdených a predpokladaných zlomov a puklín obsahujú geologické a geomorfologické mapy. To umožňuje analyzovať koreláciu medzi touto sieťou a geomorfologickou mriežkou.

Analýza vzťahu korelácie na *prvom stupni* má podobu nakladania (overlying) máp zobrazujúcich spomínané siete na geomorfologickú mriežku. V tomto procese sa geomorfologická mriežka bude diferencovať. Jej jednotlivé časti budú dostávať nový obsah. Nebudú len súčasťou geomorfologickej mriežky, ale budú resp. nebudú aj súčasťou troch vyššie spomínaných sietí. V procese tejto diferenciácie mriežky bude neotektonická hypotéza verifikovaná, resp. falzifikovaná. Takmer s istotou sa dá predpokladať, že to nebude proces rozhodovania na spôsob „buď pravdivá alebo nepravdivá hypotéza“. Skôr pôjde o proces, ktorý bude určovať mieru a konkrétnu podobu pravdivosti tejto hypotézy, a to pravdivosť priestorovo diferencovanú. Tohto problému sme sa dotkli pri analýze zlomových svahov (Urbánek 1999).

Analýza korelácie nie je pochopiteľne viazaná na hierarchickú úroveň geomorfologickej mriežky. Viaže sa aj na úroveň geomorfologickej mozaiky, geomorfologických regiónov či Západných Karpát ako celku.

ZÁVER

Na základe výskumu vo vybraných modelových oblastiach bolo možné načrtnúť základy geomorfologickej analýzy neotektonických foriem. V prvej eta-

pe riešenia projektu *Neotektonika a jej odraz v reliéfe slovenských Karpát* boli v centre záujmu metódy hľadania systému. V ďalšej etape sa ťažisko prenieslo na metódy hľadania pravdy, ktoré by mali verifikovať, resp. falzifikovať hypotézu o tektonickom pôvode povrchových tvarov Západných Karpát.

Príspevok je jedným z výstupov dosiahnutých riešením vedeckého projektu č. 2/3081/23 Neotektonika a jej odraz v reliéfe slovenských Karpát na Geografickom ústave SAV v roku 2005, čiastočne financovaného grantovou agentúrou VEGA.

LITERATÚRA

- BIZUBOVÁ, M., MACHOVÁ, Z. (1994). Pokus o litogeografickú mapu. *Acta Facultatis Rerum Naturalium Universitatis Comenianae, Geographica*, 35, 17-23.
- BIZUBOVÁ, M., PACHEROVÁ, M. (1996). Niektoré prístupy k tvorbe litogeografických máp. *Acta Facultatis Rerum Naturalium Universitatis Comenianae, Geographica*, 39, 19-36.
- HAGGET, P., CHORLEY, R. J. (1969). *Network analysis in geomorphology*. London (Edward Arnold).
- JAKÁL, J., FERANEC, J., HARČÁR, J., LACIKA, J., URBÁNEK, J. (1992). Využitie radarových záznamov v geomorfológii. *Mineralia Slovaca*, 24, 257-271.
- KVITKOVIČ, J., FERANEC, J. (1986). Lineárne a nelineárne rozhrania Západných Karpát identifikované pomocou kozmických snímok. *Geografický časopis*, 36, 152-163.
- KVITKOVIČ, J., PLANČÁR, J. (1975). Analýza morfoštruktúr z hľadiska súčasných pohybových tendencií vo vzťahu k hlbinej geologickej stavbe Západných Karpát. *Geografický časopis*, 27, 309-325.
- KVITKOVIČ, J., PLANČÁR, J. (1977). Recentné vertikálne pohyby zemskej kôry vo vzťahu k zemetraseniam a seizmoaktívnym zlomom v Západných Karpatoch. *Geografický časopis*, 29, 239-253.
- LACIKA, J., URBÁNEK, J. (2002). Analógia a odlišnosti morfoštruktúrneho vývoja Malých Karpát a Tribeča s Pohronským Inovcom. *Geomorphologia Slovaca*, 2, 44-57.
- LUKNIŠ, M., MAZÚR, E. (1956). Súčasný stav a novšie výsledky geomorfologického výskumu na Slovensku. *Geografický časopis*, 8, 86-94.
- MAZÚR, E. (1965). Major features of West Carpathians as a result of young tectonic movements. In Mazúr, E., Stehlík, O., eds. *Geomorphological problems of West Carpathians, 1*. Bratislava (Vydavateľstvo SAV), pp. 9-53.
- MAZÚR, E., KVITKOVIČ, J. (1980). Mladé pohyby. In Mazúr, E., ed. *Atlas Slovenskej socialistickej republiky*. Bratislava (SAV a SÚGK), p. 21.
- MAZÚR, E., LUKNIŠ, M. (1980). Geomorfologické jednotky. In Mazúr, E., ed. *Atlas Slovenskej socialistickej republiky*. Bratislava (SAV a SÚGK), pp. 54-55.
- NOVOTNÝ, J. (2000a). Vybrané problémy pasívnych morfoštruktúr (na príklade časti bradlového pásma Kysuckej vrchoviny). *Geographia Slovaca*, 18, 127-132.
- NOVOTNÝ, J. (2000b). Príspevok k problematike geomorfologickej hodnoty hornín (príklad z bradlového pásma Kysuckej vrchoviny). In Kirchner, K., Roštinský, P., eds. *Geomorfologický zborník, 1*. Brno (Masarykova univerzita), pp. 105-108.
- URBÁNEK, J. (1992). Vývoj dolín v južnej časti Malých Karpát. *Geografický časopis*, 44, 162-173.
- URBÁNEK, J. (1993). Geomorfologické formy tektonického pôvodu (identifikácia a mapovanie). *Mineralia Slovaca*, 25, 131-127.
- URBÁNEK, J. (1997). Geomorfologická mapa: niektoré problémy geomorfologického mapovania na Slovensku. *Geografický časopis*, 49, 175-186.

- URBÁNEK, J., LACIKA, J. (1998). Morphostructures of West Carpathians of Slovakia. *Geomorphologia Carpatho-Balcanica*, 32, 59-67.
- URBÁNEK, J. (1999). Problém zlomových svahov v Západných Karpatoch. *Geografický časopis*, 51, 5-18.
- URBÁNEK, J. (2000a). Geomorfologická analýza: hľadanie systému. *Geografický časopis*, 52, 197-210.
- URBÁNEK, J. (2000b). Geomorfologická analýza: hľadanie pravdy. *Geografický časopis*, 52, 291-301.

Ján Urbánek

GEOMORPHOLOGICAL ANALYSIS OF NEOTECTONIC FORMS

Emil Mazúr wrote the study *Major features of West Carpathians as a result of young tectonic movements* in 1965 (Mazúr 1965). Since then many studies involved with the issue have been written. The research though, lacks the methodological reflection, a particular idea of geomorphological analysis as the system of steps leading to cognition of neotectonic forms. The aim of this study is an outline of the features of such analysis. Emil Mazúr (1965) presumed that the Western Carpathians are criss-crossed by the network of faults along which the West Carpathian dome is broken into the system of grabens and horsts, i.e. the system of mountains and basins, as we know them now.

If such presumption is accepted, the faults are bound to manifest themselves as a network of geomorphologically relevant lines determining the direction of geomorphological analysis, which is composed by three basic steps. The first step is the analysis of the terrain with the aim to find or identify the network of geomorphologically relevant lines. The second step is the analysis of this network the aim of which is to find some order and some spatial system in it. The third step is the analysis of this network with regard to other networks and the aim is to establish its relationship to the fault network. It means to validate or falsify the hypothesis stated by E. Mazúr, i.e. that the major features of the West Carpathians resulted from the young tectonic movement.

Even an elementary analysis of topographic maps shows that geomorphologically relevant lines are elements of hierarchically organized system. Its hierarchic levels are geomorphological line, geomorphological grid, geomorphological mosaic, geomorphological block and geomorphological dome of the West Carpathians.

Geomorphological line. Existence of geomorphologically relevant lines was already pointed to by M. Lukniš and E. Mazúr (1986). They noticed this phenomenon below the Muránska planina Plateau. However, numerous lines occur almost everywhere in form of foothills, furrows, terrain steps, saddle lines etc. Nature of geomorphologic lines is that of dividing lines, which separate certain forms or systems of forms. Geomorphological lines can be identified not only on topographic maps (Urbánek 1993) but also on space images (Kvitkovič and Feranec 1986), radar images (Jakál et al. 1992) etc. In spite of it *geomorphological line* did not become the subject of systemic geomorphological research. This is the reason why this study represents an attempt at attributing a methodological status to *geomorphological line* and to show that it is the element of a complex hierarchic system of forms and as such it must be analyzed within this system.

Geomorphological grid. Geomorphological lines do not occur as singularities; they cross each other. They form a certain network in a form of grid. Geomorphological grid is a network of the type different from the tree-like networks formed by valley bottoms or dividing ridges (Urbánek 1993). This is the case of two different principles of com-

position. These principles, however, overlap in terrain. Many stretches of valleys or ridges are also elements of geomorphological grid. Geomorphological grids normally boast composition properties, which suggest that the grid is not an accidental cluster of lines but a system with certain arrangement. Grids show a certain kind of spatial order, certain pattern. As a rule, lines in two or three directions dominate in a grid and are accompanied by secondary lines in other directions. This order is similar to the order that is subject of many geological studies. These studies mention regions where faults in two or three directions dominate while less conspicuous faults of other directions also occur there. Grids are clearly differentiated in the sense that their pattern changes from place to place. Grids are spatial forms with certain size that often overlap with *sub-units* or *sections* of hierarchic system of units on the map Geomorphological *units* (Mazúr and Lukniš 1980).

Geomorphological mosaic. Individual grids, pattern of which is different, the neighbour on each other thus forming a higher form – geomorphological mosaic. Geomorphological lines within the mosaic are distinctly differentiated. Some lines divide the individual grids. Other lines cross several neighbouring grids. Their function is rather that of an element that unifies the individual grids into a superior unit, mosaic. Other lines delimit the mosaic of grids against its environment as a distinct geomorphological whole. In many cases, geomorphological mosaic quite precisely correlates with the hierarchic level, the *whole* on the above quoted map.

Figure 1 presents part of the Little Carpathians. Four grids compose geomorphological mosaic. N-S and E-W lines dominate in the southern part. The mountain range is broken here into several independent blocks. In the northerly part is the grid where three N-S, NE-SW and NW-SE lines dominate. The mountain range in this area is massive. In the third area the N-S and E-W lines dominate. The mountain range is divided into the system of deep narrow valleys and narrow dividing ridges. In the fourth northern-most areas the NE-SW lines dominate and also the E-W oriented lines occur here. Again the mountain range is massive. These four grids are united into the whole – geomorphological mosaic – by long NE-SW oriented lines. These lines delineate the Little Carpathians with respect to both of the neighbouring lowlands. Both foothills and systems of rampart of the mountain range are linked to these lines. The mountain range is determined by these systems of slopes as a distinct convex form. The second group of lines, the function of which is rather unifying are the long N-S lines which cross three grids. But there is no such distinct vertical differentiation of terrain along these lines as along the NE-SW oriented lines that delimit the mountain range. The function of the E-W or NW-SE direction is to divide the individual grids of the mosaic

The *block and dome*. Geomorphological mosaics form certain spatial groups of *blocks*. Hypothetic location of blocks is outlined in an independent study (Urbánek and Lacika 1998). Lines of high hierarchic level separate the individual blocks. Blocks are simultaneously joined into the highest form, which is the dome of the West Carpathians.

If the hierarchically organized system of geomorphological lines is drawn on the map, the following step is the geomorphological analysis. It is the analysis of the relationship – spatial correlation – between the network of geomorphological lines and other networks. The aim is to find out whether the network of geomorphological lines correlates with the network of faults, as Mazúr presumed, or it correlates with other networks. If the network of geomorphological lines reflects petrovariance or if it reflects spatial arrangement of climatically determined generations of forms, the hypothesis on tectonic origin of large forms in the West Carpathians would be falsified.