

Príspevek metod dálkového průzkumu k identifikaci zlomů s horizontálním posunem v oblasti Západních Karpat

LUBOMIL POSPÍŠIL*, JÁN NEMČOK**, MAREK GRANICZNY***,
STANISLAW DOKTÓR***

* Geofyzika, n. p., Brno, Ječná 29a, 612 46 Brno

** Geologický ústav Dionýza Štúra, Mlynská dolina 1, 817 06 Bratislava

*** Instytut Geologiczny, Rakowiecka ul. 4, 00975 Warszawa, Polsko

Doručené 25. 3. 1985

Заметка о съёмке спутником для определения передвигающихся разломов в Западных Карпатах

Три большие линейментарные зоны интерпретированные на съёмках спутников части польских и словацких Карпат заслуживают особое внимание. Главные линейментарные зоны следующие: миявско-субтатранская, гронеская и пржемысловская. Анализом расположений линейментов по отношению к геологическим, геофизическим и фотогеологическим данным возможно их считать как региональные транскурентные дислокационные системы. Большинство знаменательных структурно-тектонических элементов, которые чисто связаны с главной системой (ступенчатые складки, малые передвижения, трещины и другие), утвердились как возможные индикаторы горизонтальных передвижений. Существование выше указанных дислокационных систем было доказано на нескольких примерах магурского флиша, центральных Карпат и в районе Пржемышля. Установилось, что комплексный анализ палеофациальных, палеомагнетических и спутнико-исследовательских методов является очень полезным.

Contribution of remote sensing to the identification of the strike-slip faults in the West Carpathians

Three major lineament zones interpreted on the satellite images of the Polish and Slovakian Carpathians deserve special attention. They are as follows: Myjava-Sub-Tatra, Hron and Przemysl. The analysis of the lineament courses in respect to the geological, geophysical and photo-geological data enable to consider them as a regional transcurrent dislocation systems. Several important structural tectonic elements which are often associated with the main system (en echelon folds, small thrusts, joints and others) have been demonstrated as a possible indicators of the horizontal movements. The existence of the above cited dislocation systems has been shown on several examples from the Magura flysch, the Central Carpathians and the Przemysl area. The complex analysis of paleofacies, paleomagnetic and remote sensing methods have been found to be very useful.

Zvláštností současného modelu stavby Západních Karpat, do něhož se už dnes běžně vkládají prvky globální tektoniky, je kromě jiného nepřítomnost výraznějších zlomů s horizontálním posunem (transkurentní zlomy, angl. wrench faults). Přitom jsou tyto zlomy typické pro většinu oblastí orogénu alpinského typu, včetně recentních aktivních území.

Interpretace horizontálních posunů podél transkurentních zlomových systémů v oblasti Alp, dinarid a panonské pánve se objevuje v mnoha publikacích. Důvody a důkazy pro jejich interpretaci uvádějí např. Hadži et al. (1971), Laubscher (1971), Wein (1978), ale i Varga (1978). V prostoru Karpat a panonské pánve se připisuje horizontální pohyb hlavně periadriatické, blatensko-darnóské, záhřebsko-kulezské línii, murešskému zlomu a krajištsko-var-darskému lineamentu.

Z tohoto hlediska byl pro oblast panonské pánve a Karpat vytvořen pozoruhodný model mechanismu otvírání molasových pánví (Royden et al., 1982, Royden - Horváth, 1981).

Většina interpretací horizontálních posunů v Karpatech vycházela hlavně z geologických údajů, i když v mnohých případech značně nepřesvědčivých.

V posledním desetiletí se začalo i v Karpatech, resp. v panonské pánvi, využívat pro identifikaci hlavních zlomových pásem metod dálkového průzkumu Země (dále DPZ).

Konkrétní výsledky přineslo vzájemné srovnání analýzy družicových snímků s vulkanologicko-sedimentologickými informacemi v pohoří Mátra (Balla, 1980), kde byl zjištěn významný horizontální posun bloků ve směru SV—JZ.

Poslední výzkumy v Západních Karpatech, založené rovněž na využití výsledků DPZ, odhalily zcela nové, morfologicky výrazné lineární systémy rozhraní směru VSV—ZJZ (Janků et al., 1983; Klinec

et al., 1985). Podle geologických a geofyzikálních údajů lze předpokládat, že fungovaly jako transkurentní zlomy, s hlavní fází pohybu hlavně v období oligocén — spodní miocén. Určité problémy se však objevují při dokládání a prokazování velikosti a směru horizontálního posunu, který je na mnoha úsecích zastřen vertikální složkou pozdějších příčných pohybů. Tato skutečnost je však typická pro většinu známých transkurentních zlomů.

V této práci předložíme na několika výrazných rozhraních detegovaných z družicových snímků prvky, které svědčí pro jejich interpretaci jako zlomů s horizontálním posunem, a v diskusi se pokusíme objasnit jejich význam v tektonickém vývoji Západních Karpat.

Charakteristické znaky transkurentních zlomů

Všeobecně lze konstatovat, že horizontální posuny podél zlomových pásem se prokazují velice nesnadno, i když se projevují na značnou vzdálenost stykem lineárně uspořádaných horninových komplexů, drcených zón, výrazně členitým reliéfem atp. Obnažení hlubších částí takového zlomu je velice výjimečné. Proto se při analýze horizontálního zlomu sledují všechny dostupné geologické, geomorfologické a geofyzikální údaje.

Za základní prvky, které provázejí dislokace s horizontálním posunem, se považují zóny roztažení i s omezujícími zlomy. Při terénním mapování se sleduje stratigrafická členitost výplně, velikost posunu, směr posunu (levý či pravý), šířka puklin a trhlin, zonálnost vulkanické výplně, žíly vyhojující zlom, orientace a charakter zpeřených trhlin a zlomů atd. (Utkin, 1980; Spencer, 1981). Důležitou informaci poskytují i horniny podílející se na vlastní výplni zlomového systému, jako jsou brekie, tektonické hlíny, mylonity, pro-



Obr. 1. Mapa fotolineací Západných Karpát
Fig. 1. Map of photolineations of the West Carpathians

křemenělé nebo mineralizované komplexy atd.

Někdy je možno usuzovat na přítomnost transkurentního zlomu i ze strukturního obrazu území. Tektonické deprese anebo výzdvihy v koncových částech zlomu, posuny a deformace antiklinálních a synklinálních pásem, stejně jako uspořádání puklin a trhlin, jsou známy u většiny horizontálních zlomů (Moody-Hill, 1956; Wilcox et al., 1973).

Významným kritériem je uplatnění současných představ o mechanismu zlomů s horizontálním posunem, který popsala v minulosti už řada autorů, např. Anderson (1951), Moody - Hill (1956), Wilcox et al. (1973), Burtman et al. (1963) a další. Základním poznatkem bylo zjištění vzniku sérií spojených deformací (trhlin), které svírají zpravidla úhel 30° se směrem působení hlavní síly. Vznikem těchto primárních sil nastává změna místních tlakových podmínek, což vede ke vzniku dalších deformací (II. řádu). Podél struktur II. řádu se analogickým způsobem mohou vyvinout série deformací III. řádu atd. Zlomy s velkým posunem v prostoru dosahují i značné hloubky. Zatímco podpovrchové části takového zlomu formují elastické části kůry i pod vlivem otočného momentu působících sil, spodní části (plastické) reagují pod vlivem vysokého litostatického tlaku a zvýšené teploty.

Výsledky a jejich diskuse

Na základě mapy fotolineací Západních Karpat (obr. 1), která byla sestavena na základě interpretací autorů Doktora - Granicznego (1982) a Pospíšila (nepublikováno), byla vyznačena některá výrazná a směrově rozsáhlá rozhraní (obr. 2). Jejich výrazný a zřetelný projev na družicových snímcích poskytl možnost najít jejich pozici a případný geologický význam. K nejvýraznějším lineárním rozhraním náleží

tyto struktury:

Myjavsko-podtatranský systém rozhraní směru VSV—ZJZ probíhá z prostoru vídeňské pánve přes území Strážovských vrchů, Turčianskou kotlinu a pokračuje na západním okraji Vysokých Tater, kde se zřejmě napojuje na známý podtatranský zlom.

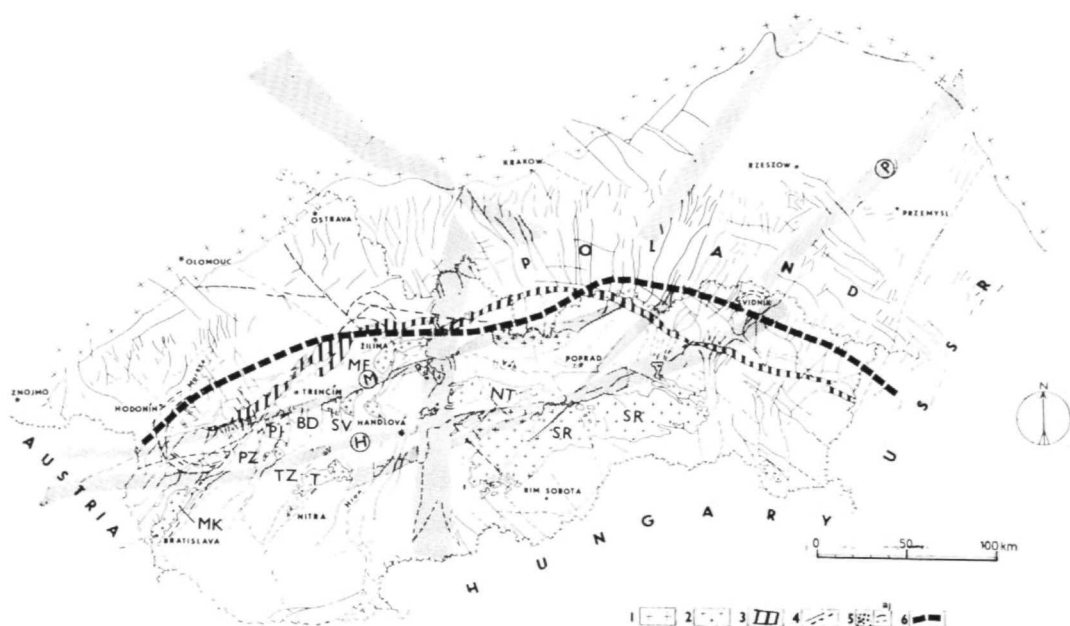
Na polském území je známé rozhraní Nowy Sącz - Stalowa Wola (Doktor - Graniczny, 1982). Toto rozhraní má směr SV—JZ a považuje se za významný prvek z hlediska distribuce uhlovodíků v polské části flyšového pásma. Uvedené rozhraní, které se v prostoru bradlového pásma projevuje dosti nevýrazně, je možno považovat za pokračování myjavsko-podtatranského rozhraní (obr. 2).

Hronský systém rozhraní směru VSV—ZJZ vyběhá rovněž z vídeňské pánve, protíná Malé Karpaty, odděluje topoľčanský záliv od bánovecké kotliny, pokračuje po severním okraji Tríbeče přes Kremnické vrchy, Banskou Bystricu do údolí Hronu. Východní část interpretovaného rozhraní odděluje pohorí Branisko od spišsko-gemerské části Slovenského rudohoří a pokračuje do flyšového pásma směrem na Medzilaborce.

Przemýšlské rozhraní — „lineament“ (Doktor - Graniczny, 1982) má směr SV—JZ. Probíhá od měst Przemysl a Sanok a směřuje do prostoru nelineární struktury svídnicko-stropkovské (Pospíšil et al., 1982), kde se ztrácí. Za jeho jihozápadní pokračování je možno považovat, za předpokladů uvedených dále, hronský systém rozhraní.

Systém rozhraní směru SV—JZ, který se shoduje téměř v celém průběhu se systémem muránsko-malcovského zlomu, podle něhož bude dále označován.

Systém rozhraní směru S—J, který pokrývá poměrně širokou oblast podél spojnice měst Šahy—Dolný Kubín—Námestovo (středoslovenské rozhraní?).



Obr. 2. Schéma tektonické mapy Západních Karpat (Maheř, 1973), doplněné o interpretovaná rozhraní. 1 — platforma, 2 — předmezozoické podloží, 3 — bradlové pásmo, 4 — zlomy, 5 — interpretovaná rozhraní, a) neanalyzovaná v textu, 6 — vodivostní rozhraní v kůře (12–22 km), H — hronský poruchový systém, M — myjavsko-podtatranský p. s., P — przemyslský p. s., MK — Malé Karpaty, PI — Považský Inovec, SV — Strážovské vrchy, MF — Malá Fatra, NT — Nízke Tatry, PZ — piešťanský záliv, BD — bánovecká deprese, TZ — topoľčanský záliv

Fig. 2. Schematic tectonic map of the West Carpathians (Maheř, 1973) supplemented with interpreted boundaries. 1 — platform, 2 — Pre-Mesozoic basement, 3 — the Klippen Belt, 4 — faults, 5 — interpreted boundaries, a) non-analysed in the text, 6 — conductive boundaries (12–22 km) in the crust, H — the Hron system, M — the Myjava-Sub-Tatra system, MK — the Malé Karpaty Mts. system, PI — the Považský Inovec Mts. system, MF — the Malá Fatra Mts. system, NT — the Nízke Tatry Mts. system, PZ — Piešťany bay, BD — Bánovce depression, TZ — Topoľčany bay

Na základě družicových snímků bylo vymezeno také několik nelineárních rozhraní. Jsou to tato rozhraní: systém rozhraní v oblasti vídeňské pánve, v kysuckém prostoru, ve spišsko-gemerské části Slovenského rudohoří a v prostoru východoslovenského flyše (oblast Svidník — Stropkov).

Z výše uvedených rozhraní patří mezi nejvýznamnější myjavsko-podtatranský systém, rozhraní Nowy Sącz — Stalowa Wola, hronský systém rozhraní a prze-

myslský „lineament“. Jejich analýze je věnována hlavní část této práce.

Hlavní geofyzikální a geologické údaje svědčící pro horizontální posuny západní a střední části vnitřních Západních Karpat

Uvedené interpretované systémy rozhraní se při porovnání s geologickými, geofyzikálními a geomorfologickými údaji projevují v západní a střední části Západních Karpat takto:

— Myjavsko-podtatranské rozhraní bylo už detailně popsáno a interpretováno v práci Janků et al. (1984). Proto uvedeme jen základní údaje. Systém rozhraní je významnou hranicí, která ovlivňuje rozmístění a průběh základních bloků v Západních Karpatech. Např. bradlové pásmo, které vystupuje západně od Vídně, probíhá v podloží vídeňské pánve až k myjavsko-podtatranskému rozhraní ve směru JZ—SV (např. Jiříček, 1978; Kocák et al., 1973), v prostoru Kút se jeho průběh stáčí do směru interpretovaného rozhraní (tj. k VSV) a po přibližně 40 km se znovu vrací do původního směru. V této části je registrován i intenzivní vertikální gradient recentních pohybů, s poklesem jižního bloku vídeňské pánve (Vanko-Kvitkovič, 1981). Podobný posun je zaznamenán i mezi elevacemi krystalinických jader Malých Karpat, Považského Inovce a Malé Fatry. Nový významný fakt přinesly výsledky práce autorů Mušky - Vozára (v tisku), kteří zjistili výrazné rozdíly paleomagnetických směrů u paleozoických komplexů jednotlivých bloků jaderných pohoří Západních Karpat (obr. 3). I když jde o horniny jedné a téže jednotky — tatrid (např. ve smyslu Andrusova, 1965), jejich orientace se mění na hranicích stanovených právě myjavsko-podtatranským a hronským rozhraním (obr. 3).

— Hronské rozhraní je poprvé interpretováno už v pracích Graniczny - Doktor (1982)) a Klinec et al. (1985). Hronské rozhraní má zásadní význam při tektonické analýze celé oblasti Nízkých Tater. Na jeho projev, respektive vliv na formování blokové stavby oblasti podunajské pánve a okolí, lze usuzovat z průběhu tíhových anomálií, resp. hustotních rozhraní (obr. 3). Významná je i změna os tíhových anomálií provázejících terciérní deprese (topoľčanský záliv, bánovecká kotlina, piešťanský záliv, bacúrovská deprese) a ohraňování tíhové anomálie Malých Kar-

pat, Tribče, ale i Braniska. Průběh hronského rozhraní lze sledovat i v oblasti flyšového pásma (Pospíšil et al., 1982). Obě interpretovaná rozhraní, t. j. myjavsko-podtatranské a hronské, pokud vycházíme z uvedených skutečností, mají charakter transkurentních zlomů se značným horizontálním pohybem, který se pravděpodobně na těchto rozhraních uskutečnil v období oligocén — pliocén.

Každého jistě ihned napadne otázka, jak je možné, že tak výrazná rozhraní, která jsou viditelná na kosmických snímcích a geofyzikálních mapách či zřejmá z paleomagnetických výsledků, nejsou zachycena v geologických mapách. To může být způsobeno řadou skutečností. Za hlavní však je podle našeho názoru třeba považovat intenzivní vertikální posuny, které zlomy s horizontálním posunem běžně provázejí, i když též mohou být důsledkem mladších pohybů, a tak zastírají vlastní složku horizontálního pohybu. Příkladem může být interpretace gravitačního příkrovu v oblasti jižních svahů Nízkých Tater (Klinec et al., v tisku). Zde se na základě paleogeografické analýzy terciéru ukázalo, že v důsledku horizontálních pohybů bloků podél těchto rozhraní nastal enormně rychlý výzdvih nízko-tatranského bloku a v důsledku jeho kolize se sousedními bloky došlo k utržení gravitační struktury a k úplnému překrytí hronského rozhraní.

Nepřímo poukazuje na existenci myjavsko-podtatranského a hronského systému rozhraní též tektonická mapa Západních Karpat (Maheľ, 1973; obr. 2). Např. zlomy (respektive zlomová pásma) v podunajské pánvi, které mají směr SV—JZ a omezují hlavní strukturní prvky, jsou buďto v prostoru interpretovaných rozhraní amputovány, nebo se stáčíjí do směru VSV—ZJZ, což je v souladu i s tíhovými údaji (Ibrmajer, 1979). Významným prvkem, který je v souladu s teoretickými



Obr. 3. Interpretovaná rozhraní a jejich vztah k hlavním geofyzikálním anomaliím. 1 — platforma, 2 — bradlové pásmo, 3 — rozšíření vnitrokarpatského paleogénu, 4 — vodivostní rozhraní v kůře, 5 — hustotní rozhraní (podle tíhových údajů), 6 — rozhraní interpretovaná na základě DPZ, 7 — směry paleodeklinací pro horniny staršího paleozoika, 8 — ohniska zemětřesení (podle Pospíšila — Schenka — Schenkové, v tisku)

Fig. 3. Interpreted boundaries and their relations to the principal geophysical anomalies. 1 — platform, 2 — the Klippen Belt, 3 — occurrence of the Central Carpathian Paleogene, 4 — conductive boundaries in the crust, 5 — density boundaries (according to the gravimetric data), 6 — boundaries interpreted on the basis of remote sensing, 7 — directions of paleodeclinations for the Lower Paleozoic rocks, 8 — seismic foci (according Pospíšil — Z. Schenk — V. Schenk, in press)

poznatky, jež se vždy uvádějí jako doklad horizontálního posunu, je uspořádání os antiklinál. Vycházíme-li z údajů uvedených Mahelem (1974), identifikují osy popaleogenních antiklinál a synklinál zřetelně směr pohybu i doprovodných deformací podél celého systému rozhraní směřujících od VSV k ZJZ. V prostoru mezi oběma rozhraními jsou „zakonzervovány“ i sedimenty vnitrokarpatského paleogénu (např. Fusán et al., 1971, obr. 3). Nejmarkantněji se obě rozhraní podílejí na formování Turčianské kotliny, kremnického

příkrovu a Žiarské kotliny, a to jak ostrými časoprostorovými změnami vlastní sedimentární výplně, tak i orientací os těchto depresních struktur; např. severní část Turčianské kotliny má paleogenní i neogenní výplň a usměrnění zlomů ve směru VSV—ZJZ, ale jižní část, nacházející se mezi interpretovanými rozhraními, má už jen neogenní výplň a osa pánve je kosá vůči uvedeným rozhraním.

Výrazná recentní seizmická aktivita na těchto liniích, s ohnisky zemětřesení v hloubce 7–10 km, potvrzuje rovněž vý-

jimečnost těchto rozhraní v Západních Karpatech (Pospíšil et al., v tisku).

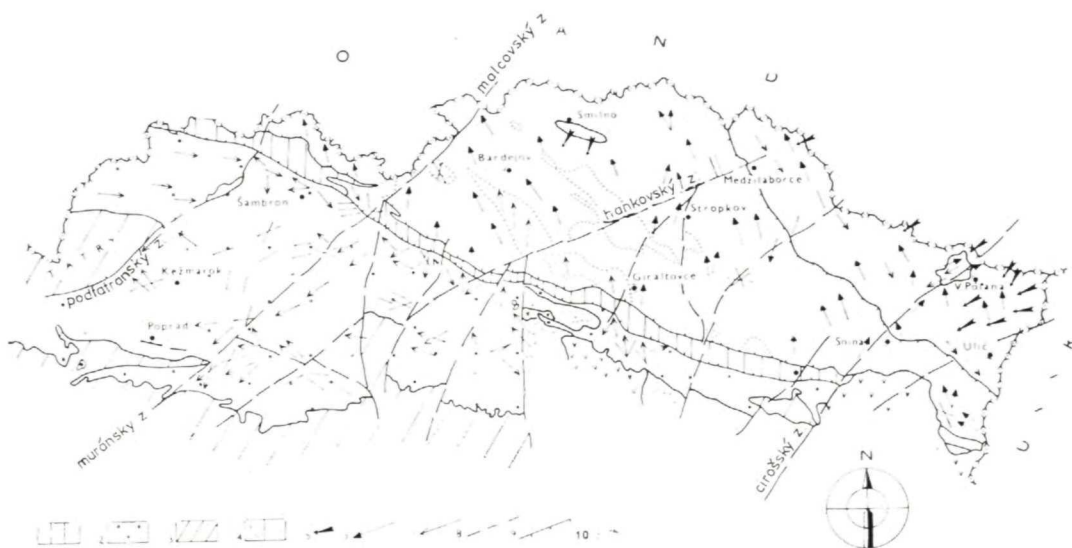
Identifikace tektonických systémů pomocí geologických a sedimentologických metod v oblasti vnitrokarpatského paleogénu a flyšového pásma východního Slovenska

Terénní měření nejen tektonických deformací, ale též paleoproudových systémů, jsou výbornými indikátory tektonických systémů; např. výrazný tektonický systém dříve označovaný jako vihorlatský (Leško - Slávik, 1967) a později jako cirošský poruchový systém (Nemček, 1970) obsahuje ve své poruchové zóně převážně deformace horizontálního charakteru. Sig-

moidální průběhy litofacií jsou nejmarkantnějším projevem pohybu stýkajících se bloků. Menší rotace bloků jsou na cirošském poruchovém systému už dobře známy v oblasti Ruského a Velké Poľany.

Příklad z vnitrokarpatského paleogénu a magurského flyše

Geologické hranice mezi litofaciálními vývoji, zachycené na povrchu a zakreslené do topografického podkladu, jsou přerušeny hlavně podél směru SV—JZ až VSV—ZJZ (obr. 4). Tento směr je shodný s tektonickými systémy cirošským, hankoveckým (ztotožňujeme jej s hrnským systémem) a malcovským. V magurské



Obr. 4. Náčrt dynamických procesů sedimentace a tektoniky 1 — bradlové pásmo, 2 — vnitrokarpatský paleogén, 3 — vnitřní Karpaty, 4 — vulkanity a sedimenty neogénu, 5 — směr svrchnokřídových paleoproudů, 6 — směr paleocenních až středoeocenních paleoproudů, 7 — směr svrchnoeocenních až spodnooligocenních paleoproudů, 8 — průběh poruchových systémů, 9 — průběh násunových ploch, 10 — malcovské vrstvy

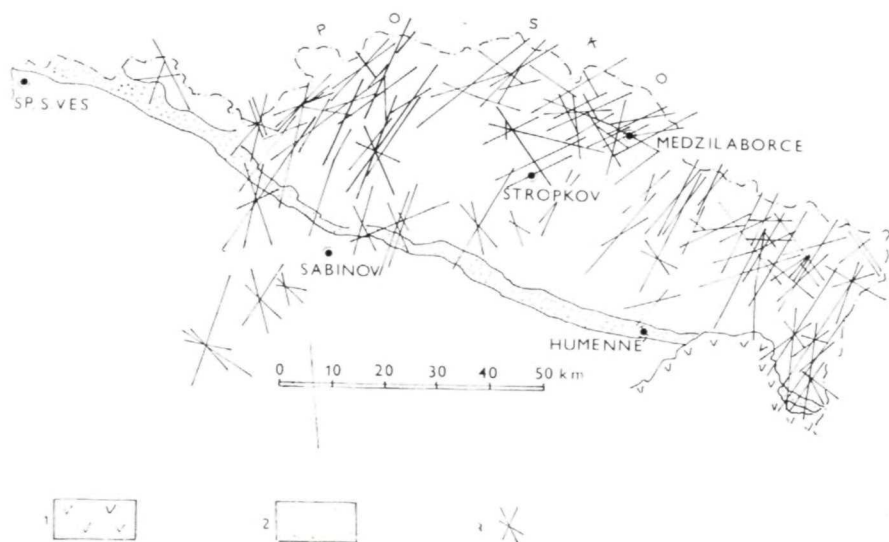
Fig. 4. Outline of dynamic sedimentation and tectonic processes. 1 — the Klippen Belt, 2 — the Central Carpathian Paleogene, 3 — the Central West Carpathians, 4 — the Neogene volcanites and sediments, 5 — directions of the Upper Cretaceous paleocurrents, 6 — directions of the Paleocene — Middle Eocene paleocurrents, 7 — directions of the Upper Eocene to Lower Oligocene paleocurrents, 8 — course of dislocation systems, 9 — course of overthrust planes, 10 — the Malcov beds

oblasti zvýrazňují nejmarkantnější porušenost litofacií malcovsko-menilitové vrstvy jako nejmladší člen magurské jednotky. U Plavče a Malcova je zachování malcovských vrstev vázáno na poruchový systém táhnoucí se ve vnitřních Západních Karpatech jako muráňský poruchový systém (zlom).

U Hankovců, Raslavic a dále směrem na Medzilaborce je porušenost litofacie malcovsko-menilitových sekvencí, stejně jako i otočení paleoproudových systémů, založena na hankoveckém poruchovém systému, který se táhne na Branisko a je vlastně přímým pokračováním hronského poruchového systému. K jeho prokázání v oblasti flyšového pásma přispívá i analýza puklinových zón (Plička, 1968). Mezi nejrozsáhlejší puklinové systémy náleží právě systém směru VSV—ZJZ až SV—JZ (obr. 5), který zřejmě odráží přítomnost interpretovaného, hlouběji založeného hronského rozhraní.

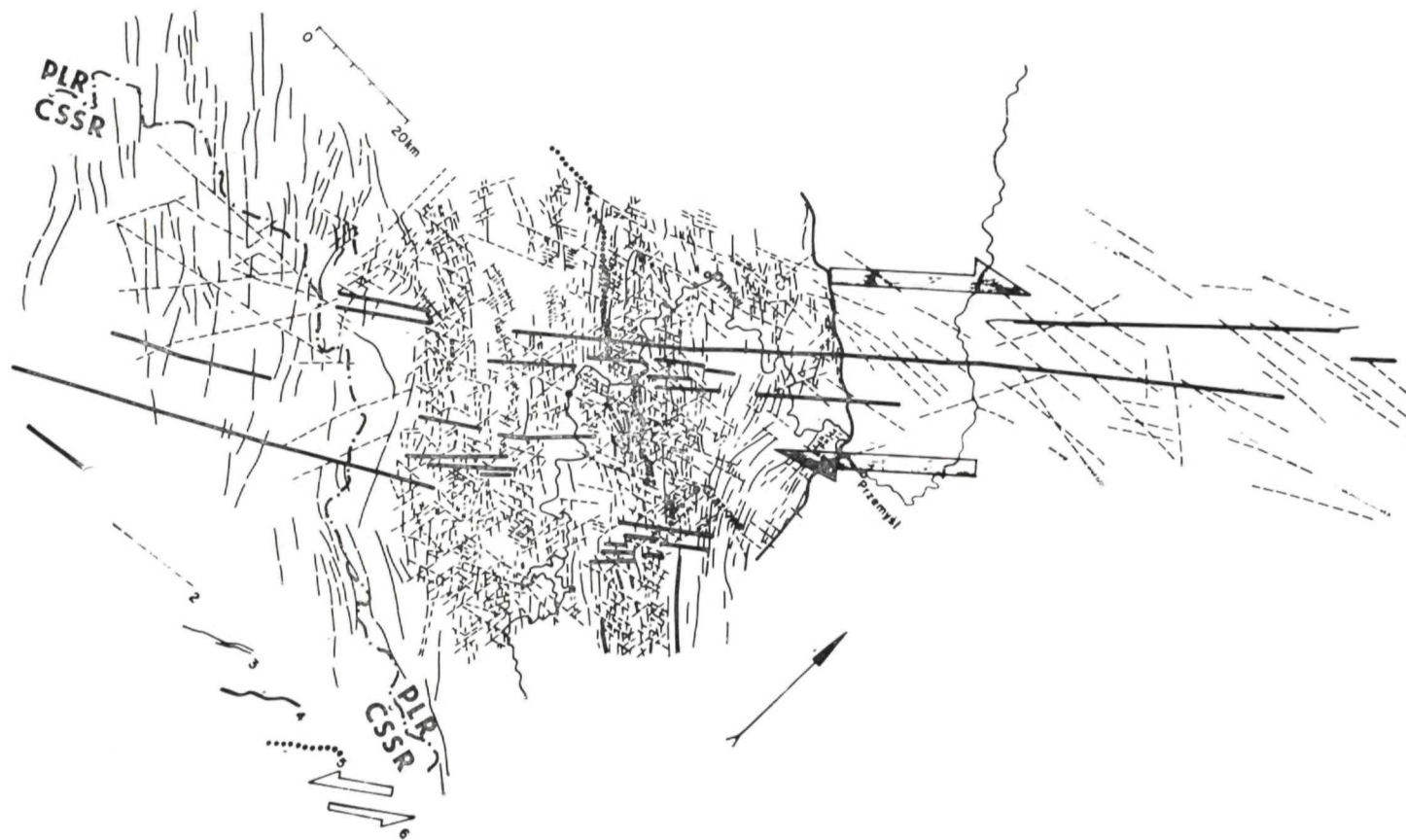
Przemyslské rozhraní

Skupina rozhraní charakterizovaná směrem SV—JZ a protínající Karpaty v blízkosti przemyslské sigmoidální zóny může být považována za pokračování hronské zóny (obr. 6). Hronský systém rozhraní (nacházející se v centrální části vnitřních Západních Karpat) se interpretuje jako zlom s projevy horizontálního posunu. Przemyslské rozhraní, už dříve označované jako jašlisko-hrubieszowské rozhraní, je možno považovat za povrchový projev hluboko založeného zlomu směru SV—JZ (Doktór - Graniczny, 1982). Detailní analýza geologických prvků viditelných na družicových a radarových snímcích podporuje tento názor. Charakter przemyslské zóny s průvodními morfologickými a strukturními prvky naznačuje horizontální posun podél této zóny, což je možno dokumentovat různými údaji v závislosti na místě. Podél przemyslského



Obr. 5. Puklinové zóny v oblasti východního Slovenska (podle Pličky, 1968). 1 — vulkanity Vihorlatu, 2 — bradlové pásmo, 3 — puklinové zóny

Fig. 5. Joint zones in the eastern Slovakia area (according to Plička, 1968). 1 — the Vihorlat Mts. volcanites, 2 — the Klippen Belt, 3 — joint zones



Obr. 6. Interpretace družicových a radarových snímků v oblasti průmyslského rozhraní. 1 — průmyslský poruchový systém, 2 — rozhraní interpretovaná ze snímků LANDSAT a radarových snímků (TIROS), 3 — hlavní hřbety a doliny, 4 — okraj platformy, 5 — okraj nasunutí Karpat, 6 — interpretovaný posun bloků

Fig. 6. Interpretation of the satellite and radar images in the area of the Przemysl boundary. 1 — the Przemysl dislocation system, 2 — boundaries interpreted from the LANDSAT and radar (TIROS) images, 3 — principal ridges and valleys, 4 — edge of the platform, 5 — edge of the Carpathian overthrust, 6 — interpreted shifting of blocks

rozhraní lze rozlišit tři oblasti, které jsou vcelku paralelní s vrásovým systémem Karpat: 1. oblast uvnitř karpatské předhlubně, 2. oblast uvnitř průmyslské sigmoidy, 3. oblast uvnitř flyšového pásma. V jednotlivých oblastech je možno pozorovat jisté odlišné znaky projevu interpretovaného zlomu s horizontálním posunem (obr. 6).

V 1. oblasti (v prostoru předhlubně) je to přítomnost menších rozhraní, protínajících šikmo průmyslskou zónu (směr VSV). Takovýto kosý směr je obvykle charakteristický pro tenzní napětí na zlomu s horizontálním posunem (např. zlomy San Andreas, levantský atd.).

Je zajímavé, že tyto směry nejsou zatím zachyceny v morfologii miocenního podkladu. Na druhé straně jsou však viditelné jako linie (rozhraní), které vtiskly svůj obraz do reliéfu. Tato skutečnost může naznačovat, že průmyslská zóna byla tektonicky aktivní od sarmatu až do současnosti.

2. oblast se nachází v území silně zvrásněném, kde vrásy mají SZ—JV směr a posun nastal směrem k severu (průmyslská sigmoida). Sigmoidální ohyb vrás je též klasickým příkladem deformací v oblasti vyvinutého regionálního zlomu s horizontálním pohybem, i když v průběhu tvorby tohoto specifického karpatského prvku hrály důležitou roli příčné deprese (Świdziński, 1952). Na druhé straně příčinou vzniku těchto příčných depresí může být právě uvažovaný hluboko založený zlom.

Nejkomplikovanější a protichůdný obraz průmyslské zóny je zjištěn v území na JZ od linie Graziwa — Dynów (3. oblast). Nemáme přímé indikace o pohybu hlubokého podloží v této oblasti, avšak existují určité zajímavé prvky, viditelné na družicových a radarových snímcích. Jsou to tyto prvky:

— přítomnost vrstevních deformací

(ohnutí, zakřivení), porušení vrstev, malé sigmoidální formy, zvláště v dukelských vrásách;

— přemístěné a ohnuté vrstvy jsou porušené ve směru deformovaného poruchového systému.

Hlavní směry odpovídající vzniku deformací jsou přibližně S—J v oblasti dukelských vrás a VSV—ZJZ v území na SV od dukelské jednotky. Na základě uvedených skutečností lze naznačit takovou tektonogenezí: V prvním období začala zanikat původní flyšová pánev mezi východoevropskou platformou a vnitřními Karpaty a vyvrásnila se její výplň.

Vytvoření příčné deprese v blízkosti Przemysle by se mělo spojovat s tímto obdobím. Tato deprese v blízkosti Przemysle vznikla za predispozice a podmínek vytvořených hluboko založeným zlomem téhož směru. Pro zjištěné vystupující přesmyky (násuny) neexistovaly žádné překážky na území deprese, objevovaly se však na SV od Przemysle. Je též možné, že hluboko založený zlom byl zvláště aktivní ve směru, který byl silně zdůrazněn pohyby hlavních hmot Karpat.

Přítomnost množství deformací ve třetí oblasti průmyslského rozhraní podporuje takovéto vysvětlení. Výjimečně velká intenzita deformací je zaznamenána v magurské jednotce a v blízkosti bradlového pásma. Největší deformace a vliv hronského rozhraní by měly být zjištěny v této oblasti. Některé důkazy tohoto vlivu poskytují ohyby a trhliny porušující spojitě uspořádání vrstev.

Jistý nesoulad však vzniká právě v prostoru flyšového pásma, kde průmyslské rozhraní a hronský poruchový systém vykazují určitý vzájemný posun (asi 10 km). Tento posun je právě v prostoru vodivostního rozhraní, které považují Adam - Pospíšil (v tisku) a Pospíšil - Vass (1983) za styčnou zónu epivariské platformy a Karpat, tzn. za jizvu signalizující zánik původní

flyšové pánve. V prostoru této jizvy se zřejmě také mohl kompenzovat tlak, kterým působily Karpaty na platformu při svém pohybu k SV. Připočteme-li i jistý vliv pohybu litosféry Českého masívu v průběhu neogénu při otvírání ohareckého riftu (Pospíšil - Vass, 1983), vychází, že pohyb v prostoru této jizvy musel být levostranný. To je ovšem v zásadním rozporu se současnými názory a představami (např. Unrug, 1984).

Sumarizace výše uvedených skutečností více než jenom podporuje předpoklad, že pro určité neogenní období lze průmyslový lineament a hronské rozhraní považovat za funkční celek, který měl v tomto období jednotný režim. Současná seizmická aktivita v jeho středním úseku mezi Banskou Bystricí a Breznem (Pospíšil et al., v tisku) umožňuje odhadnout jeho hloubkový dosah (10 km).

Pozice transkurentních zlomů v tektonickém plánu Karpat

Hledisko, z něhož se díváme na pozici transkurentních zlomů směru VSV—ZJZ v tektonickém schématu Karpat (obr. 7), je založeno na těchto předpokladech:

— Styk epivariské platformy a Karpat probíhá v prostoru vodivostního rozhraní (Pospíšil - Vass, 1983; Ádam - Pospíšil, 1984). Centrální tíhové minimum indikuje pouze lehké hmoty výplně předhlubně a flyšového pásma.

— Pohyb litosféry je primárním a podmiňujícím činitelem, vyvolávajícím pohyb povrchových částí, resp. bloků.

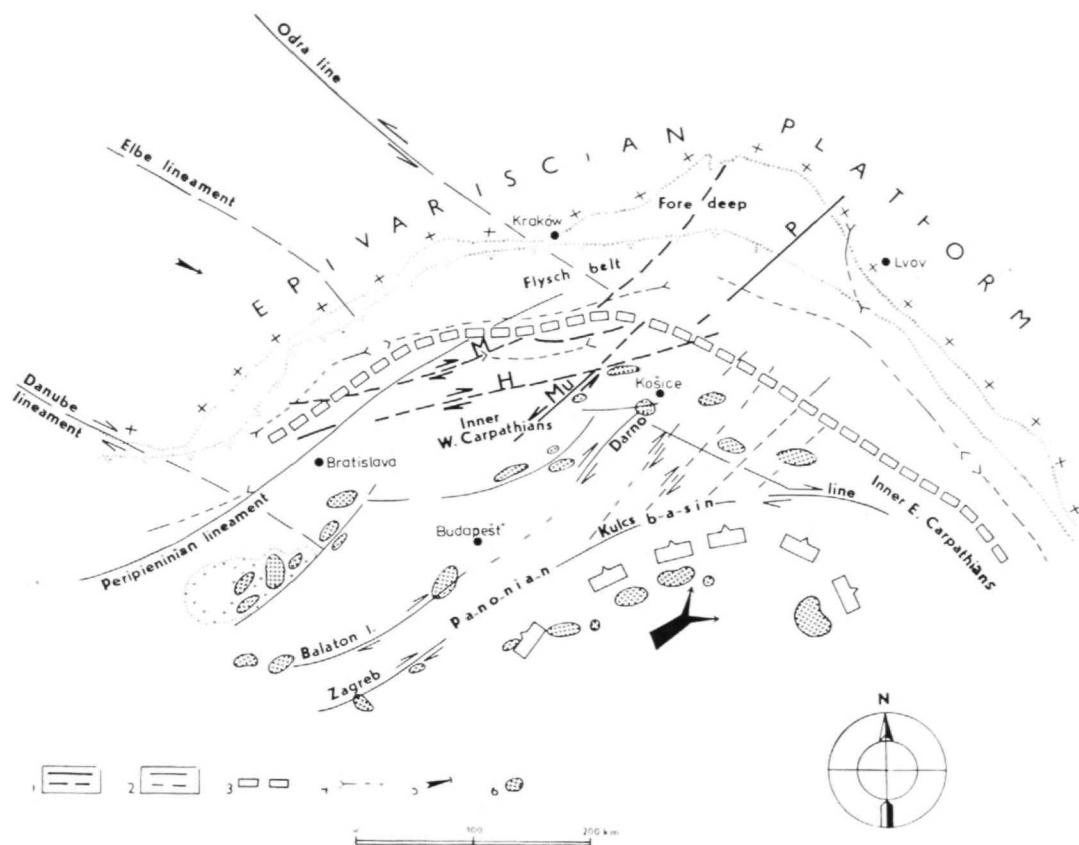
— Předpokládáme existenci středo-evropského riftového systému (Kopecký, 1979) s úplně vyvinutým litosferickým mechanismem (Jacoby, 1976), který fungoval hlavně v období neogénu (Pospíšil - Vass, 1983).

— Souběžně s terciérním pohybem

adriatické desky (Channel - Horvát, 1976) fungoval aktivní litosferický systém, jehož recentní podobu je možno ztotožnit s modelem uvedeným v práci Pospíšil - Vass (1983).

Kinematika předsenonských deformací zahrnuje severojižní a východozápadní korové zkrácení prostoru Karpat. Kromě toho existují pro toto období významné odlišnosti v typu deformací mezi Východními Alpami a Západními Karpaty. Např. příkrovy zformované v austroalpínské faciální oblasti Západních Karpat byly transportovány dále k S a SV již v předsenonském období, a v paleogénu už nebyly sunuty k severu, což je naopak typické pro Východní Alpy (Andrusov, 1965; Mahel, 1974). To lze vysvětlit skutečností, že v této zóně mezi Východními Alpami a Západními Karpaty existoval transkurentní zlom (Unrug, 1984). Unrug (1984) předpokládá, že v průběhu terciéru pokračoval tektonický vývoj Karpat ve vnitřní části, která byla ovlivněna křídovými pochody, a byl řízen různými liniemi. To značí, že během terciérního vývoje Karpat vznikla celá řada normálních a transkurentních zlomů. Jak je patrné z obr. 7, většina významnějších zlomů je orientována ve směru VSV—ZJZ, což svědčí o tom, že tento směr hrál tektonicky dominující úlohu.

Mezi základní pásma diskontinuity náleží: rábsko-rožňanské, blatensko-darnóské, záhřebsko-kulczsko-zemplínské, trebišovsko-samošské pásmo (Grecula - Varga, 1979; Wein, 1980) a peripieninský lineament. Všechny uvedené diskontinuity byly klasifikovány jako hlubinné zlomy. Na liniích blatensko-darnóské a záhřebsko-kulczsko-zemplínské předpokládal Wein (1978) dokonce významné pravostranné horizontální posuny. Důkazy pro jejich přetrvávající existenci však nejsou vždy přesvědčující. Nehledě na tuto skutečnost, ohraničují hlavní tekto-



Obr. 7. Schematické znázornění hlavních zlomových systémů a jejich vztah k interpretovaným rozhraním. 1 — interpretovaná rozhraní (M — myjavsko-podtatranské, H — hronské, P — przemyské, Mu — muráňsko-malčovské), 2 — hlavní pásma diskontinuit, 3 — vodivostní rozhraní, 4 — osa tíhového minima, 5 — hlavní pohybové směry v terciéru, 6 — regionální magnetické anomálie (bazika, ultrabazika)

Fig. 7. Scheme of principal fault systems and their relations to the interpreted boundaries. 1 — interpreted boundaries (M — Myjava-Sub-Tatra, H — Hron, P — Przemysl, Mu — Muráň-Malčov, 2 — main discontinuity zones, 3 — conductivity boundaries, 4 — axis of the gravity minimum, 5 — main movement directions during the Tertiary, 6 — regional magnetic anomalies (basic and ultrabasic rocks)

nické systémy různý tektonický styl před-neogenních struktur. Sám tento fakt např. Grecula - Varga (1979) velmi zdůrazňují, neboť dokazuje, jak důležitou úlohu sehrály tyto diskontinuity ve vývoji Karpat.

Nově detegovaná rozhraní hronsko-przemyské a myjavsko-nowosączské proto musí být nutně a logicky interpretována

jako severní ekvivalent transkurentních zlomů, kterými se Západní Karpaty řídily při svém terciárním pohybu k SV.

Na interpretovaných systémech směru VSV—ZJZ došlo nejen k sigmoidálnímu ohybu flyšových komplexů, ale i k otočení, popřípadě i vytržení rozsáhlých podložních bloků; jsou to např. ružbašské me-

zozoický ostrov, Branisko, Levočské vrchy, Velká Poľana a jiné. V záp. části vnitřních Karpat i ve východoslovenské části flyšového pásma představují uvedené tektonické linie poruchový systém, podél něhož se pohybovaly okolní podložní bloky. V záp. části Západních Karpat navíc vše nasvědčuje tomu, že některé vnitro-horské pánve se na těchto rozhraních otvíraly (např. bányevská deprese, kremnický příkop), jiné zase uzavíraly (zánik propojení mezi bulínskou a vnitrokarpatskou pávní). Zatím nevyřešen zůstal vztah hronského a muráňského rozhraní k hronskému a severogemeridnímu synklinoriu (Maheľ, 1953; 1964), jejichž vějířovitá stavba se připisuje laramijskému vrásnění (Maheľ, 1984). Vějířovitá stavba je však spíše typická pro konvergentní pohyby na transkurentních zlomech, což by svědčilo spolu s osami popaleogenních antiklinál a synklinál o posunech na výše uvedených rozhraních směru VSV—ZJZ.

Závěr

Vymezení nových systémů rozhraní a jejich interpretaci jako poruchových systémů s horizontálním posunem považujeme za významný příspěvek metod dálkového průzkumu Země k poznání tektonické stavby Západních Karpat. Je pochopitelné, že důkladné poznání úplného mechanismu i celkového významu uvedených rozhraní ve vývoji karpatského oblouku bude vyžadovat další, podrobné výzkumy, především při zpřesňování detailů těchto komplikovaných transkurentních prvků.

Literatura

Adam, A. — Pospíšil, L. 1984: Crustal conductivity anomalies in the Carpathian region. *Acta Geodect. Geophys. et Montanist. Hung.*, Vol. 19, 1—2, pp. 19—34.
 Anderson, E. M. 1951: The dynamics of the faulting. *Edinburg, Oliver and Boyd*.
 Andrusov, D. 1965: Geológia českosloven-

ských Karpát. *Bratislava, SAV*.
 Balla, Z. 1980: Neogene volcanites in the Geodynamic Reconstruction of the Carpathian Region. *Geofyzikai Közlemények*, 26, pp. 5—33.
 Burtman, V. S. — Lukjanov, A. V. — Pejve, A. V. — Ruzencev, S. V. 1963: Razlomy i gorizontaľnyje dviženija zemnoj kory. *Trudy Akad. Nauk SSSR (Moskva)*, Doktor, S. — Graniczný, M. 1982: On possible utilization of satellite photos to prospecting for oil and gas deposits. *Tech. Poszuk. (Warszawa)*, 21, *Zeszyt* 2, 98, pp. 51—56.
 Doktor, S. — Graniczný, M. 1983: Fotogeologiczna analiza zdjec satelitarných Karpat. *Kwart. geol. (Warszawa)*, 27, 3, s. 645—656.
 Fusán, O. — Ibrmajer, J. — Plančár, J. — Slávik, J. — Smíšek, M. 1971: Geologická stavba podložia zakrytých oblastí južnej časti vnútorných Západných Karpát. *Zbor. geol. Vied, Západ. Karpaty (Bratislava)*, s. 7—173.
 Grecula, P. — Varga, I. 1979: Main discontinuity belts on the inner side of the Western Carpathians. *Miner. slov.*, 11, 5, pp. 389—403.
 Chanell, J. E. T. — Horváth, F. — Royaden, L. M. 1981: Mechanism for the formation of intra — Carpathian Basins: A Review. *Earth evolution sciences*, 3—4, pp. 307—316.
 Ibrmajer, J. 1979: Tíhové mapy ČSSR a jejich geologická interpretace. [Doktorská dizertační práce.] *Manuskript — Geofyzika*, n. p., Brno.
 Jacoby, W. R. 1976: Gravity instability and Plate Tectonics. In: *Gravity and Tectonics*. Ed. DeJong — Scholtan. New York, London, John Willey and sons, pp. 39—56 (in Russian).
 Jiříček, R. 1978: Paleogeografie spodního miocénu v Západních Karpatech. *Zem. Plyn Nafta (Hodonín)*, 23, s. 21—38.
 Klinec, A. — Pospíšil, L. — Pulec, M. — Feranec, J. — Stankovian-ský, M. 1985: Identifikácia gravitačného príkrovu v Nízkych Tatrách pomocou kozmických snímkov. *Miner. slov.*, 17, s. 485—499.
 Kocák, A. — Mayer, S. — Němec, F. 1973: Zpráva o reflexním seismickém měření metodou SRB — Vídeňská pánev, 1971—1972. *Manuskript — Geofond Bratislava*, 148 s.
 Kopecký, L. 1979: Magmatism of the Ohře rift in the Bohemian Massif its relationship to the deep fault tectonics and to the geological evolution and its ore mineralization. In: *Czechoslovak geology and global tectonics*. Bratislava, Veda, pp. 167—181.

- Koráb, T. — Nemček, J. — Ďurkovič, T. — Marschalko, R. 1962: General Investigation of Oriented Sedimentary Structures in East Slovakia Flysch. *Geol. Zbor. Geol. carpath.*, 13.
- Kvitkovič, J. — Vanko, J. 1980: Recent Vertical movements of the Earth Crust in the West Carpathians. *Geogr. Čas. Slov. Akad. Vied (Bratislava)*, 32, pp. 171—179.
- Laubscher, J. 1971: The large — scale kinematics of the Western Alps and the Northern Apennines and its Palinspatic Implications. *Amer. J. Sci.*, 271, pp. 193—226.
- Leško, B. — Slávik, J. 1967: Les traits fondamentaux de la structure géologique de la région située entre les Karpatés Occidentales et les Karpatés Orientales. *Geol. Zbor.*, 18, 1.
- MaheI, M. 1953: Niektoré problémy severogemeridnej synklinály. *Geol. Zbor. Slov. Akad. Vied*, 4, s. 1—2.
- MaheI, M. 1964: Severogemeridné a hronské synklinorium v Centrálných Karpátoch. *Čas. Mineral. Geol. (Praha)*, 9.
- MaheI, M. 1973: Tectonic map of the Carpathian Balcan mountain system and adjacent areas. *GÚDS Bratislava — Kartografia Praha*.
- MaheI, M. (red.) 1974: Tectonics of the Carpathian — Balcan System. Explanation of the Tectonic map Carpathian — Balcan mountain system and adjacent areas 1:1 000 000. *Bratislava*, 453 p.
- Moody, J. D. — Hill, M. J. 1956: Wrench fault tectonics. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 67, pp. 1207—1246.
- Múška, P. — Vozár, J. (v tlači): Rozdielne smery remanentnej magnetickej polarizácie kryštalinika Západných Karpát. *Geol. Práce, Spr.*
- Nemček, J. 1970: Príspevok k poznaniu niektorých tektonických zmien východoslovenského flyša vo vzťahu k paleoprúdovým systémom. *Geolog. Práce, Spr.*, 53, s. 101—113.
- Nemček, J. 1978: Deformácie flyšových sedimentov ako odraz dynamiky podložia. *Záp. Karpaty, Sér. Geol.*, s. 35—58.
- Plička, M. 1968: Joint zones in the flysch of the Czechoslovak Carpathians and in the Paleozoic of the SE border of the Czech Massif. *Geolog. Práce, Zpr.*, 44—45, pp. 44—55.
- Pospíšil, L. — Nemček, J. — Feranec, J. 1982: Analýza „nelineárnej štruktúry Svidník — Stropkov“ identifikovanej interpretáciou kozmických snímok. *Miner. slov.*, 14, 6, s. 539—548.
- Pospíšil, L. — Vass, D. 1983: Vplyv stavby litosféry na vznik a vývoj vnútrohorských a tylových molasových panví Karpát. *Geol. Práce, Spr.*, 79, s. 169—184.
- Pospíšil, L. — Schenková, Z. — Schenk, V. (v tlači): Fotolineace a jejich vztah k ohniskům zemetřesení. *Čas. Mineral. Geol. (Praha)*.
- Royden, L. M. — Horváth, F. — Burchfiel, B. C. 1982: Transform faulting, extension and subduction in the Carpathian Pannonian Region. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 93, pp. 717—725.
- Spencer, E. W. 1982: Introduction to the Structure of the Earth. *International Student Edition*. McGraw-Hill, Kogakusha, Ltd. Tokyo, Ausland Düsseldorf, London, Sao Paulo, Sydney.
- Swidzinski, B. 1952: Z zagadnień tektoniki Karpat północnych. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, 8, Tom VIII.
- Unrug, R. 1984: Geodynamic evolution of the Carpathians. *Rocz. Pols. Tow. Geol. (Kraków)*, 52, 1/4, pp. 39—66.
- Utkin, V. P. 1980: Sdvigovyje dislokacii i metodika ich izučeniya. *Moskva, Nauka*, 143 s.
- Varga, I. 1978: Palealpine geodynamics of the Western Carpathians. *Miner. slov.*, 10, 5, s. 358—441.
- Wein, G. 1978: A Kárpátmedence Kialakulásának vazlata. *Általános Földtani Szemle (Budapest)*, 11, pp. 5—34.
- Wilcox, R. E. — Harding, T. P. — Seely, D. R. 1973: Basic wrench tectonics. *Am. Ass. Petrol. Geol. Bull.*, 57, 1, pp. 74—96.
- Zuchiewicz, W. 1984: Neotectonic movements in the Carpathians. *Tectonophysics*, 104, 1/2, pp. 195—204.

Contribution of remote sensing to the identification of the strike-slip faults in the West Carpathians

The presently accepted model of the Carpathians is based on the Plate Tectonic principles. One peculiar feature of the structure of the Carpathians is the absence of significant transcurrent or wrench faults. However

the displacements along transcurrent faults systems were found by many authors in the Alps, the Dinarides and the Pannonian basin. Reasons and evidence for such an interpretation were stated by J. Laubscher (1971),

G. Wein (1978), I. Varga (1978).

The following interpretation of the satellite images has revealed quite new linear boundary systems of the ENE—WSW direction. According to the geophysical and geological data (Janků et al., 1983; Klínek et al. in press) it is possible to suggest some horizontal displacement along these systems. The length and direction of the displacements along these systems are ambiguous which can be due to the vertical component of the consequent movements. This is typical for many known transcurrent faults. In this work some significant lineaments are analyzed by the remote sensing methods.

The Landsat 1, 2 and 3 satellite images of the Carpathians available in Geological Institute (Warszawa) and Geofyzika n. p. (Brno) were used to interpret the data. The radar images (Tirtos) were also applied for the analysis of selected areas, e. g. the Przemyśl sigmoid zone.

Results of interpretation and discussion

On the basis of the satellite interpretation maps (Fig. 1 — Doktor — Graniczny, 1983; Pospíšil, unpublished) some conspicuous lineament systems have been distinguished in the West Carpathians. Their evident expression in the satellite images predetermines to the possibility of being found in situ. Then their position as well as geological significance can be both determined. Major lineament systems in the Carpathians are:

— The Myjava — Sub-Tatra zone, running ENE—WSW, extends from the Vienna basin through the Strážovské vrchy Mts., the Turiec basin to the western border of the Vysoké Tatry Mts. — it coincides in this place with the known Sub-Tatra fault. The continuation of the above cited zone can be seen over the Polish territory (Fig. 2) as the boundary system Nowy Sacz — Stalowa Wola (Doktor — Graniczny, 1982). Along this latter segment of NE—SW trend, there occur some oil deposits in the section of the Flysch Carpathians.

— The Hron boundary system, extending ENE—WSW begins also in the Vienna basin. It runs further throughout the Malé Karpaty Mts., separates the Topoľčany bay of the Danube Neogene basin from the Bánovce depression, then it runs along the northern margin of the Tribeč Mts., the Kremnické vrchy Mts., the town of Banská Bystrica and

the Hron river valley. Its eastern section separates the Branisko Mts. from the Spiš-Gemer part of the Slovenské Rudohorie Mts.

— The Przemyśl linear boundary zone (Doktor — Graniczny, 1982), of the NE—SW direction runs north of towns of Przemyśl and Sanok, and to the SW of the non-linear structure "Svidník — Stropkov" (Pospíšil et al., 1982) where it disappears. The Hron zone can be considered as its SW continuation.

— The linear boundary system directed NE—SW, that coincides with the Muraň — Malcov tectonic system (in the following it will be designated as the Muraň — Malcov tectonic system).

— The linear boundary system running in the N—S direction that coincides with the broad zone between the towns of Sahy — Dolný Kubín and Námestovo (the Central-Slovakian lineament zone).

On the basis of satellite images several non-linear structures have been interpreted as well (circular, semicircular, and the ring-type structures). They were discovered in the following areas: the Vienna basin, Kysuca region, Spiš-Gemer part of the Slovenské Rudohorie Mts., East-Slovakian Flysch (Svidník — Stropkov).

The following from the above cited systems appear to be the most important: Myjava — Sub-Tatra, Nowy Sacz — Stalowa Wola, Hron and Przemyśl. The geological analysis of the mentioned systems is the main task of this paper.

Geological and geophysical data in favour of the horizontal displacements in the western and central parts of the Inner West Carpathians

The Myjava-Sub-Tatra zone constitutes a significant boundary between the main blocks of the West Carpathians. For instance, the Pieniny Klippen Belt, changes its trend near the town of Kúty into ENE—WSW (which is characteristic of the lineament discussed). In this region intense gradients of contemporary vertical movements were also noted (Kvitkovič-Vanko, 1980), where some evidence exists for a subsidence of the southern part of the Vienna basin. The important facts were revealed by P. Muška-J. Vozár (in press) who reported the distinct differences in paleomagnetic directions of the Lower Paleozoic complexes in the Považský Inovec Mts., the Tribeč Mts. and the Malá Fatra Mts. (Fig. 3).

The paleomagnetic directions change at individual systems such as the Myjava — Sub-Tatra and Hron even though according to D. Andrusov (1965) these Paleozoic complexes belong to the same unit — Tatrides.

The Hron boundary zone was important for the development of block tectonics of the Danube basin and surroundings areas. It can be identified from the pattern of gravity anomalies or from the map of the vertical density boundaries (Linsser's map — Fig. 3). The traces of the Hron linear zone can also be seen in the East Slovakian Flysch. Paleocurrent observations are excellent indicators of this tectonic systems.

The geological boundaries between the lithofacies which were mapped at the surface and registered at the topographic map (Fig. 4) had been shifted along the NE—SW and ENE-WSW direction.

These directions coincide with the tectonic systems: Hankovce (which corresponds to the Hron boundary) and Malcov. The biggest disturbances of lithofacies are reported within the Malcov-Menilite strata in the youngest part of the Magura unit.

The Hankovce fault system is the continuation of the Hron boundary as indicated also in the flysch area thanks to the joint analysis (Plička, 1968). The majority of joints are characterized by the ENE—WSW and NE—SW direction which coincides with zone of the deep-seated Hron linear boundary (Fig. 5).

Considering all these facts one can conclude that both boundaries (i. e. the Myjava — Sub-Tatra and the Hron) are of a transcurrent character exhibiting a significant horizontal displacement (about 40 km) that probably took place during the Oligocene — Pliocene period.

The question arises, why the zone which is clearly visible on the satellite images and imprinted in the geophysical and paleomagnetic data was not discovered during geological mapping? Several reasons could be responsible for it. Probably, the main reason was the existence of vertical movements which either accompanied the horizontal displacements or occurred later. In both cases the horizontal component of displacement was obliterated. Good example is the interpretation of gravity nappe in the southern slope of the Nízke Tatry Mts. (Klinec et al., in press). The paleogeographical analysis of the Tertiary proved to be very useful in this

case. It was stated that the very fast uplift of the Nízke Tatry Mts. block took place after the horizontal displacement of blocks along this lineament. The gravity structure was torn out as a result of block collision and the Hron boundary was entirely covered by it.

The Tectonic Map of the West Carpathians (Maheľ, 1973 — Fig. 2), points indirectly to the presence of the Myjava — Sub-Tatra and Hron linear boundaries. For example, the NE—SW fault zones appearing in the Danube basin are twisted or turned into the ENE—WSW trend in the vicinity of linear zones. It is also in agreement with the gravity data (Ibrmajer, 1979). In the graben between the two linear zones the deposits of Central — Carpathian Paleogene are preserved (see Fúšán et al., 1971 — Fig. 3). The two boundary zones have most markedly affected the formation of the Turiec basin, the Kremnica graben and the Žiar depression. The facies changes and the trends of axes of the mentioned depressions prove that fact.

The recent higher seismic activity evidence in this region (earthquake foci at the depth of 7—10 km — Fig. 3) stress the exceptional significance of discussed boundary zones in the West Carpathians (Pospíšil et al., in press), mainly in the central part of the West Carpathians.

The Przemysl lineament — continuation of the Hron zone

The group of boundaries of the NE—SW direction, cutting the Carpathians near the Przemysl sigmoid zone can be also recognized as a continuation of the Hron zone (Fig. 6).

The NE—SW part of this system, called Jaslička — Hrubieszów or Przemysl zone has been considered as a superficial part of a deep-seated fault (Doktor — Graniczny, 1982, 1983). The detailed analysis of the satellite and radar images supports this opinion and suggests the strike slip displacement along this line.

There exist different signs of probable strike — slip displacement within these segments (Fig. 6).

In the first segment (within the Carpathian foredeep) it is the presence of smaller boundaries of the ENE trend cutting obliquely the Przemysl zone.

It is also significant that these directions

are not recorded in the morphology of the Miocene basement. On the other hand, they are visible as lineaments which express the phenomena on the Earth's surface. These facts suggest that the Przemyśl zone has been tectonically active since the Sarmatian until the present.

The second segment is located in the area of fold bends from the NW—SE direction towards the north (Przemyśl sigmoid zone). The sigmoidal bends of folds are also a characteristic feature within the strike-slip zones although during the formation of this specific Carpathian feature the transversal depression has played an important role (Swiderski, 1952).

The most complicated and inconsistent picture of the Przemyśl zone exists in the SW area from the line Graziowa — Dynów (third segment). There is no clear indication of deep basement movements in this area. However, there are some interesting phenomena visible on the satellite and radar images. They are as follows:

- presence of bedding disturbances (bends, curvatures), breaks in the continuation of strata, small sigmoidal forms, especially within the Dukla folds,

- displacements and bends of strata are distributed along the directions of the conjugate fracture system.

A concluding presumption is made that the Przemyśl boundary system and the Hron system could be considered as a functional unit that underwent unique development during the Neogene.

The sigmoidal bendings of all flysch complexes and also torsion and displacing of entire basement blocks took place along the ENE—WSW boundaries (e. g. the Ružbachy Mesozoic island, Branisko Mts. and near Velká Polana town). In the East-Slovakian part of the flysch belt these tectonic lines represent the dislocation systems along which the subjacent blocks moved. On the contrary, in the western part of the West Carpathians some basins or their parts were probably opened along these fault systems (e. g. Bánovce depression, Kremnica graben etc.) or closed (disappearance of the connection between the Buda and Central Carpathian Paleogenes).

It should be emphasized that there is a certain discrepancy between our observations of surface deformations and previous opinions, e. g. published by W. Zuchiewicz (1984). This author, analysing the deep part of the platform basement, showed the opposite movement of blocks in the Przemyśl area. This fact testifies to the great complexity of the investigated problem.