

Interpretácia tiažového poľa v oblasti východoslovenského neogénu

LUBOMIL POSPÍŠIL

Geofyzika, Geol. ulica 18, 834 37 Bratislava

(9 obr. v texte)

Doručené 16. 2. 1979

Поле тяжести в районе восточнословацкого неогена и его отличительные черты

Отличительной чертой неогенных впадин внутренней окраины Западных Карпат, является то, что на их территории происходит к инверзии поля тяжести если данные сравниваем с установленными глубинами предтретичного фундамента. С нарастанием глубины предтретичного фундамента величины аномалии поля тяжести постепенно увеличиваются. Это свидетельствует о том, что в фундаменте этих впадин находятся такие массы, которые сыграли основную роль при формировании впадин. Авторы считают, что региональные действия поля тяжести этих масс является как результат диапиризма.

Interpretation of the gravity field in the East Slovakian Neogene area

It is a peculiar feature of Neogene basins located along the inner side of the Western Carpathians that inversions of the gravity field occur on their territory. Values of gravity anomalies increase with the increasing depth of the pre-Neogene basement. The feature points to the presence of such heavy masses in the basement which played substantial role at the time of basinal foundation and considerably influenced the development of basins as well. Regional gravity effects of such masses are interpreted as the result of diapiric processes.

V ostatnom období sa v mnohých geologických publikáciách o oblasti východného Slovenska zjavuje rad interpretácií výsledkov geofyzikálnych meraní, väčšinou poplatných

súčasným geologickým koncepciám. Vyplýva to zo skutočnosti, že geofyzikálne polia tejto oblasti, ale najmä východoslovenského neogénu sú také komplikované, že bez

komplexnej analýzy nemožno získať údaje plne využiť. Preto treba pre toto územie vytvoriť spoločnú a teoreticky podloženú metodiku geologickej interpretácie výsledkov geofyzikálneho prieskumu.

V začiatkoch prieskumu východoslovenského neogénu sa používali geofyzikálne metódy (gravimetria, magnetometria a seizmika) na vymedzenie hlavných geologických jednotiek, resp. štruktúr. V tejto súvislosti treba spomenúť práce R. Běhouňka (1949), M. Blížkovského (1961), R. Rudinca, J. Slávika (1970) a i. V ďalšej etape vystupovala do popredia úloha určiť niektoré parametre daných štruktúr. Išlo predovšetkým o stanovenie mocnosti, resp. hĺbky daného objektu. Na riešenie úloh bol vypracovaný rad spôsobov interpretácie tiažových a magnetických anomálií. Základným produktom tejto interpretácie boli vertikálne rezy. Napr. práce J. Ibrmajera (1954), A. Šutora a V. Čekana (1965) obsahujú niektoré interpretačné rezy cez Potiskú nížinu, ktoré dávali prvú predstavu o stavbe územia, hlavne o jeho centrálnej časti, kde sa zistila veľká mocnosť miocénnych sedimentov.

V súčasnosti možno v oblasti východoslovenského neogénu pristúpiť ku komplexnému spracovaniu nameraných geofyzikálnych údajov, ktoré neposkytnú len údaje o hĺbke podložja, ale aj predstavu o mocnosti jednotlivých stratigrafických súvrství a o charaktere podložja.

Navyše možno v tejto oblasti pomocou gravimetrie, magnetometrie a seizmických meraní riešiť otázky späté s vyhľadávaním a objasňovaním pozície vulkanoplutonických aparátov v oblasti Slanských vrchov, Vihorlatu a pochovaných vulkanických komplexov v oblasti centrálnej depresie.

Tiažové pole

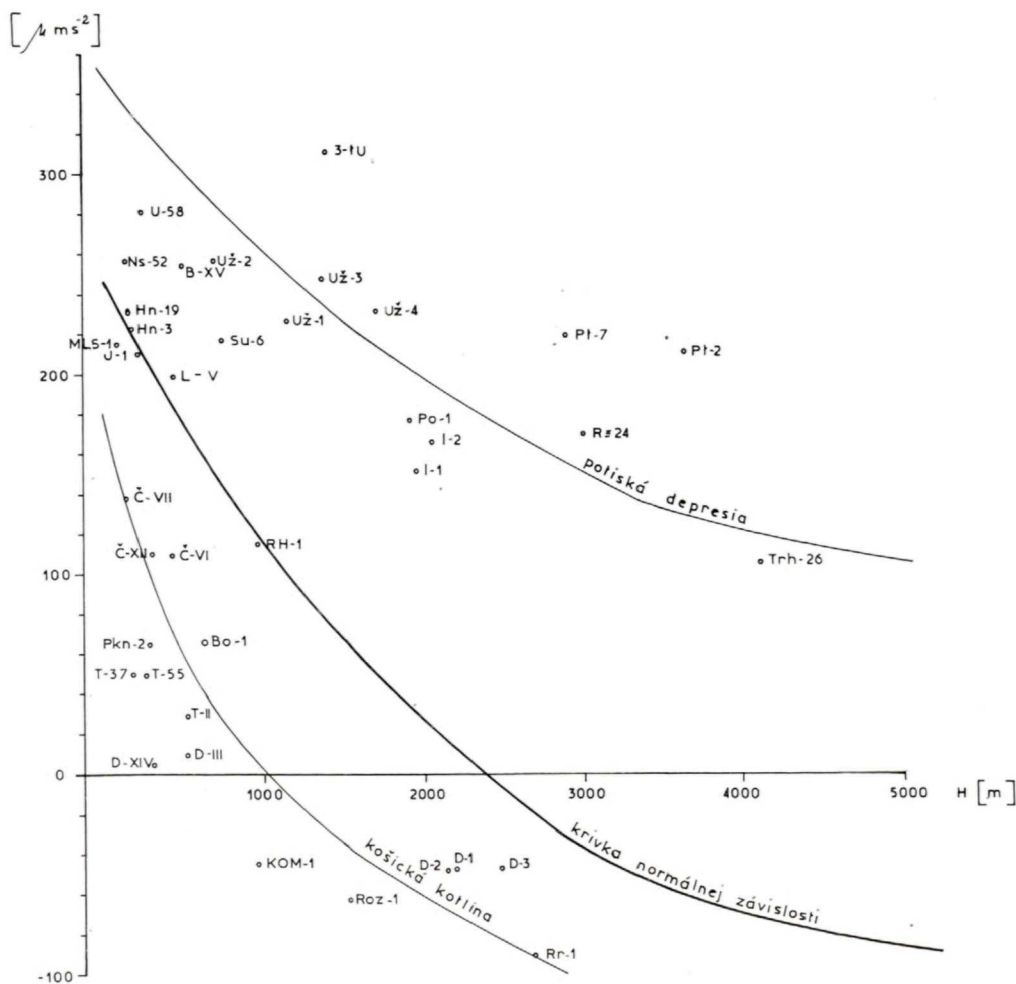
Pri analýze tiažového poľa vo východoslovenskom neogéne sme vychádzali z poznatku, že na väčšine územia je nesúlad medzi nameranými tiažovými anomáliami a hĺbkou predterciérneho podložja. S narastaním hĺbky tohto podložja sa hodnoty tiažových anomálií zvyšujú. Táto „inverzia“ tiažového poľa je oveľa väčšia v smere osi potiskej depresie (t. j. SZ—JV) ako v smere kolmom na ňu. Na vlastné riešenie stavby predterciérneho podložja na základe tiažových meraní je predovšetkým nevyhnutné odstrániť regionálny účinok spôsobujúci inverziu tiažového poľa.

V súčasnosti je niekoľko spôsobov riešenia tohto problému. Možno použiť metódu plošnej interpretácie hustotného rozhrania (R. Válek 1969), ktorá sa veľmi často uplatňuje v panvách s hustotne ľahšou výplňou, alebo druhý spôsob — zostavenie „odkrytej mapy“. Často sa používajú aj odvodené polia, t. j. rozličné typy separácie tiažového

poľa na regionálne a reziduálne anomálie. Tento postup sa nám pre oblasť východoslovenského regiónu javí ako menej vhodný, a to najmä pre citlivosť k okolitým deformujúcim anomálnym hodnotám mezozoika Humenských vrchov, Spišsko-gemerského rudohoria a zem-

plínskeho ostrova. Vo východoslovenskom neogéne sme použili prvé dva spôsoby na stanovenie regionálnej zložky poľa.

Štatistický rozbor závislosti tiažovej anomálie od hĺbky predterciérneho podložia, ktorú zistili vrty (obr. 1), ukázal, že podľa priebehu



Obr. 1. Graf závislosti tiažových anomálií od hĺbky podložia zistenej vrtmi vo východoslovenskej panve

Fig. 1. Dependence between gravity anomalies and the ascertained basement surface depth in the East Slovakian basin

krivky normálnej závislosti (R. Válek 1969) možno celé územie rozdeliť na tri celky:

- a) Oblasť Potiskej nížiny, pohraničná časť zakarpatského prehybu a širšie okolie zemplínskeho ostrova sa prejavujú ako hustotne prekompenzovaný blok.
- b) Oblasť humensko-užhorodského hrastu a zóna Vihorlat—Popričný patrí k územiu bez výrazných hustotných nehomogenít.
- c) Oblasť Košickej a Moldavskej kotliny sa prejavuje ako blok s hustotným deficitom.

Krivku „normálnej závislosti“ sme zostavili na základe hustôt získaných z niektorých vrto v záujmovej oblasti (Ďurkov-1, 2, 3, Rozhanovce-1, Prešov-1, MLS-1, Sečovce-1 a i.). Krivka má exponenciálny tvar a bola rozdelená na štyri priamkové úseky. Smernice priamok jednotlivých úsekov charakterizujú diferenčnú hustotu úseku. Rozdiel medzi hodnotou tiažového poľa v jednotlivých vrtoch a ich priemtom na krivku „normálnej závislosti“ poskytuje v prvom priblížení účinok regionálnej zložky tiažového poľa. Interpolácia týchto účinkov (obr. 2) ukazuje, že priebeh regionálneho poľa je v celej Potiskej nížine spojitý a tvorí elevačnú zónu smeru SZ—JV, ktorá pokračuje na území MLR. Podobný výsledok poskytuje aj „odkrytá mapa“ tejto oblasti.

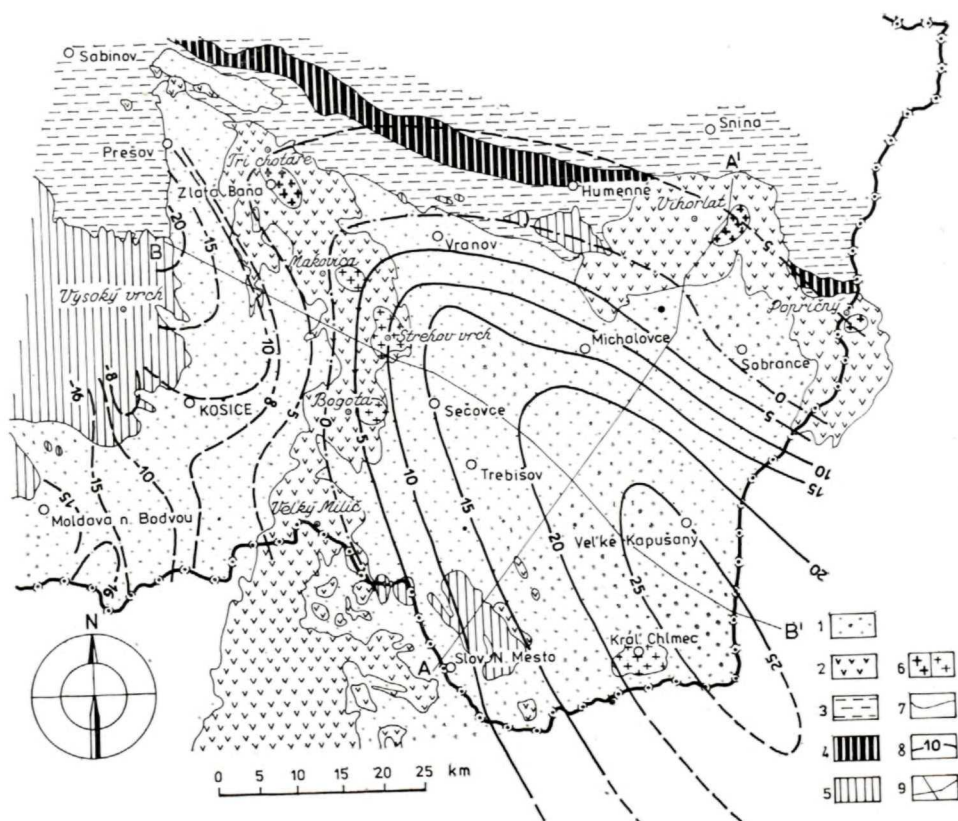
Inverzia tiažového poľa — dôsledok diapirizmu

Vysvetliť regionálnu anomáliu bez dopĺňujúcich údajov z hlbínnej seizmickej sondáže (ďalej HSS) je veľmi ťažké. Ale čiastočne možno využiť výsledky HSS z medzinárodného profilu III (obr. 3). Ukázalo sa (naposledy F. Horváth in M. Boccaletti et al. 1976), že v oblasti pripanónskeho hlbinného zlomu je indikovaných niekoľko nespojitých rozhraní, ktoré môžu mať vzťah k zisteným vulkanitom. Anomálne postavenie oblasti potvrdzuje najmä zistená teplota (I. Marušiač — I. Lizoň 1976). Oblasť východoslovenského neogénu patrí medzi teplotne najaktívnejšie územia Západných Karpát. G. V. Sobak et al. (1975) uvádzajú, že v oblasti medzi Vihorlatom a Gutínskymi vrchmi na jednej strane a Maďarskou nížinou na druhej strane vzrastá tepelný tok až na hodnotu 108,9—117,2 mWm⁻². Celá oblasť sa prejavuje aj znížením mocnosti zemskej kôry (okolo 25 km) a minimálnou hrúbkou bazaltovej vrstvy (6—9 km). Výrazné seizmotektonické zóny (G. V. Sobak et al. 1975, J. Kvítkovič — J. Plančár 1977; obr. 3) so zdrojmi plytkých zemetrasení, ako aj výrazné recentné pohyby poukazujú na výraznú mobilitu územia. Pre túto oblasť sú typické aj intruzívno-extruzívne aparáty (obr. 2), ktoré sa charakteristicky prejavujú v tiažových a magnetických

mapách a viažu sa na priečne a pozdĺžne poruchy regionálneho významu.

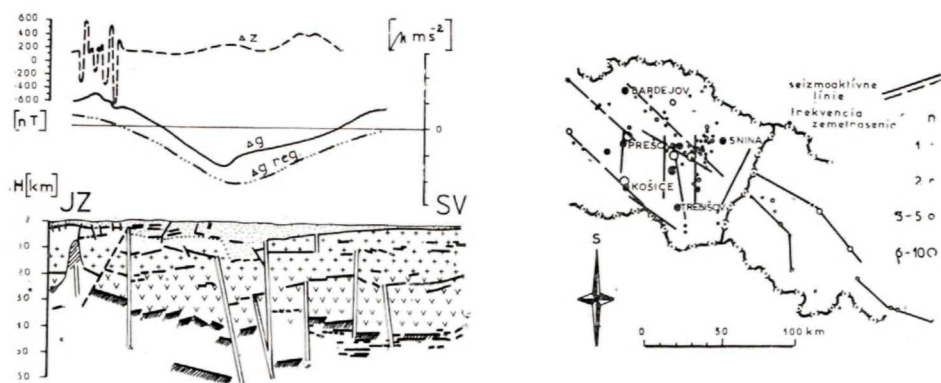
Pri trojrozsmernej interpretácii tejto kladnej anomálie sme použili jednoduché modely typu rotačný elipsoid a hranol na dvoch vzájomne kolmých profiloch (obr. 4). Ukázalo sa, že s nameranou krivkou sa lepšie zhoduje účinok vyvolaný ro-

tačným elipsoidom s ťažiskom v hĺbke 19,5 km, rozmerom osí $a = c = 5$ km, $b = 60$ km a diferenčnou hustotou $+0,2 \text{ kgdm}^{-3}$ predovšetkým na pozdĺžnom profile. Na priečnom profile sa prejavuje zásadný nedostatok hmôt v miestach gradientov. Na dosiahnutie lepšej zhody sme pristúpili k modelovaniu nepravidelných telies. Na obr. 4



Obr. 2. Plošný rozsah regionálnej anomálie. Vysvetlivky: 1 — molasa, 2 — neovulkanity, 3 — flyš, 4 — bradlové pásmo, 5 — predterciérne podložie, 6 — intruzívne komplexy, a) zistené, b) predpokladané, 7 — hranica jednotiek, 8 — regionálne tiažové anomálie, 9 — geologicko-geofyzikálne rezy

Fig. 2. Areal extent of the regional anomaly. Explanations: 1 — molasse, 2 — neovolcanite, 3 — flysch, 4 — the Klippen belt, 5 — pre-Cenozoic basement, 6 — intrusive complex, a — ascertained, b — supposed, 7 — limits of units, 8 — the regional gravity anomaly, 9 — geological and geophysical interpretative profile



Obr. 3. Výsledky geofyzikálnych výskumov v širšom okolí záujmového územia. Vysvetlivky: a — seismotektonické zóny (J. Kvitkovič — J. Plančár, 1977, G. T. Sobakar et al. 1975), b — medzinárodný profil HSS — III (G. T. Sobakar et al. 1975)

Fig. 3. Results of geophysical investigations in the wider surroundings of the area. Explanations: a — seismotectonic zone (J. Kvitkovič — J. Plančár 1977, G. T. Sobakar et al. 1975), b — international DSS profile No III (G. T. Sobakar et al. l. c.)

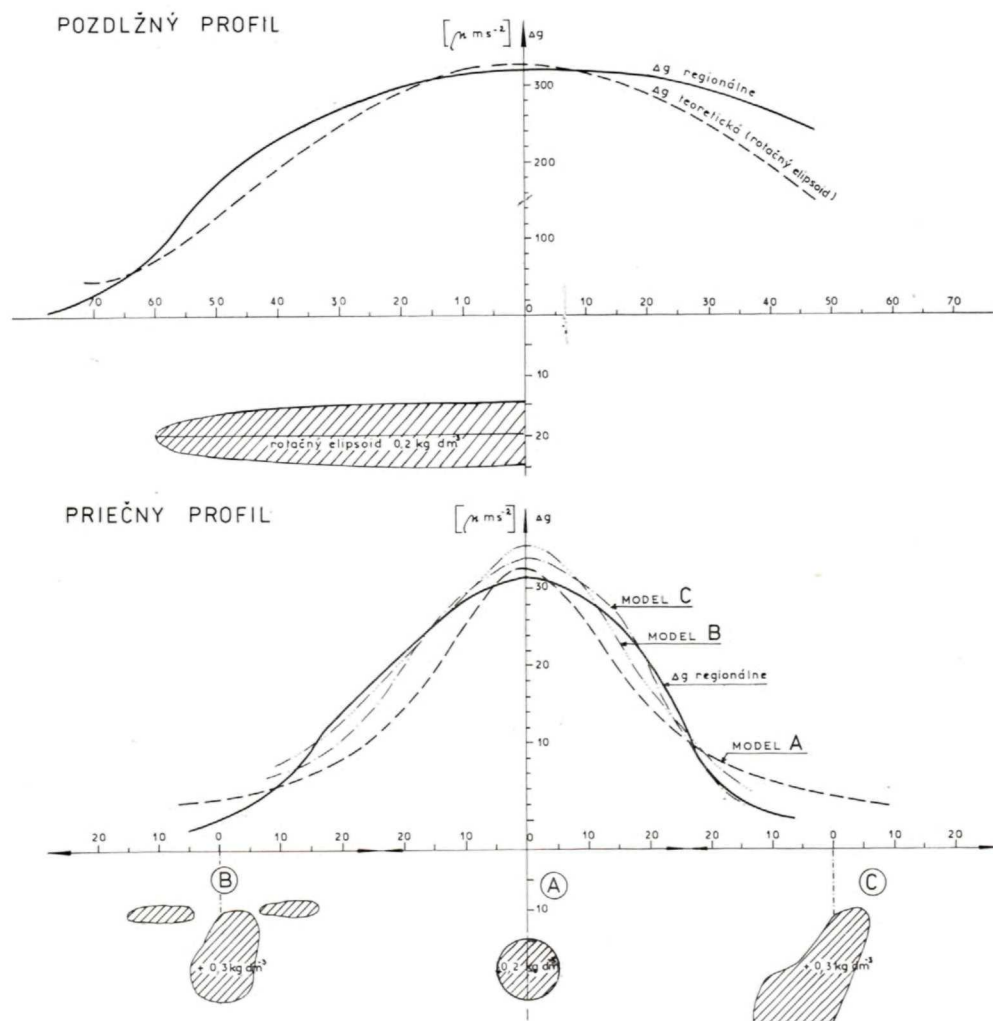
uvádzame dve telesá (model B a C), ktoré najlepšie vyhovujú porovnávaciemu kritériu. Ide o telesá s hornou hranou v hĺbke 10 km a diferenčnou hustotou $+0,3 \text{ kgdm}^{-3}$. Na geologickú interpretáciu regionálnej tiažovej anomálie sme použili výsledky analýzy plošných tiažových a magnetických meraní, seizmické a ostatné geofyzikálne údaje. Nové poznatky sme čerpali aj z geologických prác R. Rudinca — J. Slávika (1970), V. V. Gluška (1971), J. Slávika (1975), V. G. Sviridenka (1976), D. Vassa (1976), P. Greculu et al. (1977), P. Greculu — K. Együda (1977), J. Čverčka (1977). Podľa tejto komplexnej analýzy možno tiažovú regionálnu anomáliu pokladať za prejav čiastkového diapíru plášťa, ktorého hmoty vystúpili pozdĺž

hlbinných zlomov smeru SZ—JV do spodných častí zemskej kôry a ktoré sa zároveň stali magmatickým kozubom vulkanického materiálu v období vulkanickej aktivity. Aktivity sa prejavila výstupom magmatickej hmoty pozdĺž poruchových zón a trhlín, ktoré sa napojili na existujúce regionálne zlomy. Príklad geofyzikálneho prejavu jedného zo zistených vulkanických centier uvádzame na obr. 5 a 6. Na túto alternatívu geologickej interpretácie bol vybratý model C, ktorý najviac vyhovuje známym geologickým skutočnostiam i predstavám o diapíre plášťa.

Zo seizmických meraní na HSS sa zistilo, že bazaltová vrstva sa zúčastňuje na stavbe zemskej kôry v oblasti panónskeho bloku minimálnou mocnosťou. Tiažový účinok

vyvolaný zdroj, ktorý sa nachádza v hĺbke 10–25 km, t. j. od hranice diskontinuity MOHO až po sedimentárnu vrstvu, musí preto mať pôvod v cudzom, najpravdepodobnejšie vo vrchnoplášťovom materiáli, ktorého výstup podmie-

nila existencia hlbinného zlomu. Svedčí o tom aj pretiahnutý tvar telesa, vychádzajúci z interpretácie tiažovej anomálie na pozdĺžnom profile. Za taký zlom možno pokladať zistený pripanónsky zlom (V. V. Gluško 1971, V. G. Sviriden-



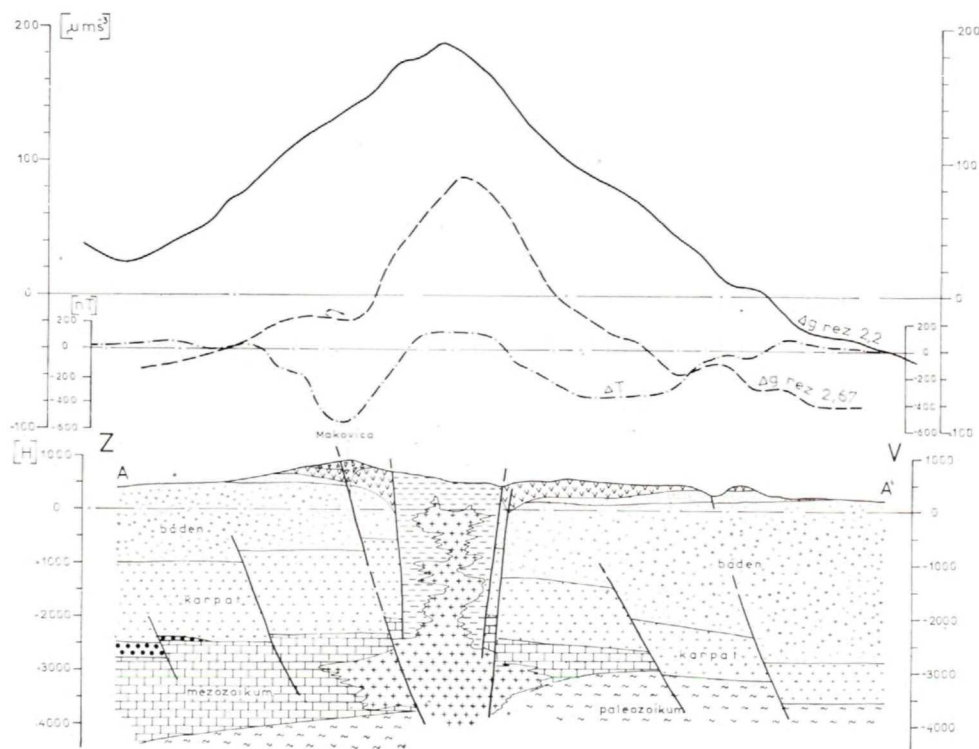
Obr. 4. Interpretácia regionálnej anomálie na pozdĺžnom a priečnom profile
Fig. 4. Interpretation of the regional anomaly along the longitudinal and transversal profile

ko 1976, I. M. Ostafijčuk et al. 1977), ktorého pokračovanie treba podľa geofyzikálnych výsledkov hľadať pod bradlovým a flyšovým pásmom smerom na lineament ohraničujúci z východu hornosliezsky blok (J. Zeman 1977). Toto rozhranie, stotožňujúce sa s hypotetickou hranicou, ktorá spojuje Český a Dobružský masív, považuje A. R. Crawford 1977 za severovýchodné obmedzenie diapirických prejavov v oblasti panónskeho bloku.

Mechanizmus diapirických proce-

sov a jeho odraz v okolitých štruktúrotektonických jednotkách panónskeho bloku sa neanalyzoval. V tejto súvislosti možno využiť len teoretické poznatky vyplývajúce z experimentálnych prác G. Newalla — N. Rasta (1970), M. Ramberga — H. Sjöstroma (1973), V. V. Belousova (1975).

Diapirizmus rozličného rozsahu a významu podmienila existencia gravitačnej nestability na spodnej hranici litosféry. Napr. Jacoby in De Jong — R. Scholten

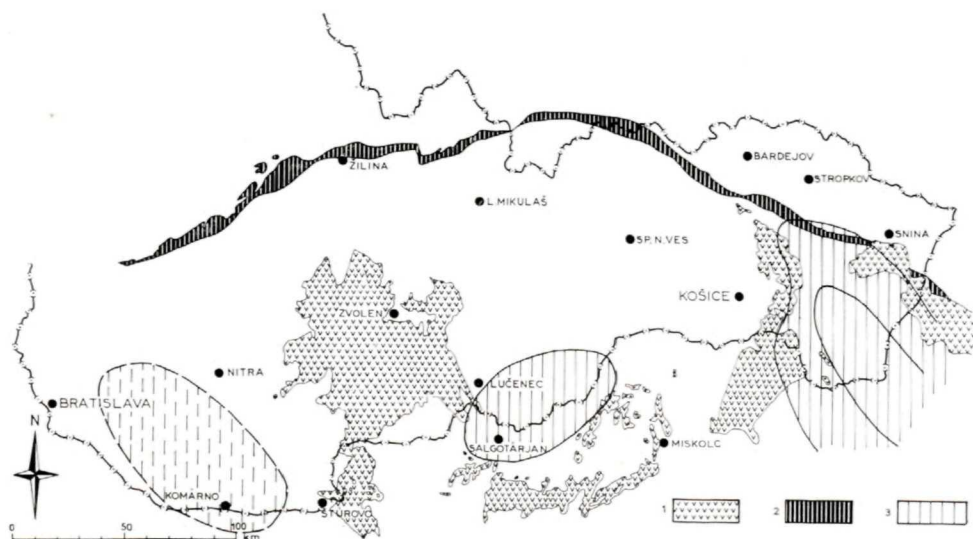


Obr. 5. Geofyzikálny model geologickej stavby — oblasť Makovica
Fig. 5. Geological model solution of the Makovica area

(1973) uvádzajú štyri etapy vývoja diapirizmu. V prvom sa uplatnilo rozpínanie a zdvihnutie litosféry v dôsledku vnikania tzv. klina astenosféry. V druhom štádiu nastalo ochladenie litosféry a zväčšenie jej mocnosti v dôsledku diferenciácie a „primrznania“ astenosféry (mohlo sa prejaviť i zdvojením hranice MOHO). Pritom je zrejmé, že proces mohol mať epizodický a cyklický alebo pulzačný charakter, t. j. s obdobím pokoja sa spájalo ochladzovanie, diferenciácia i „primrznanie“ a zároveň sa formovali podmienky na nové zdvihnutie diapíru (3. štádium), v dôsledku čoho nastalo prekompenzovanie vrchných častí kôry. Aby vznikla rovnováha, nastávali gravitačné sklzy častkových blokov a vznikali

prikrovy (4. štádium). Posledné dve etapy sprevádzal roj zemetrasení a vulkanizmus. Pritom bude treba zvažovať i geometrický rozmer diapirických procesov v jednotlivých fázach. V prvých dvoch fázach išlo o výzdvihy presahujúce hranice rozsiahlejších regiónov, v ostatných dvoch fázach už mohlo ísť o lokálne prejavy v hraniciach jednotlivých blokov. Nemožno odhadnúť, koľko fáz mal diapirizmus v oblasti panónskeho bloku, resp. Západných Karpát, ale pri skúmaní jeho existencie treba hľadať jeho dôsledky v okolitej geologickej stavbe. Ide predovšetkým o prejavy gravitačných pohybov vulkanizmu a s ním spätých rojov zemetrasení.

Oblasť východoslovenskej panvy zaradil D. V a s s (1976) medzi pan-



Obr. 6. Rozmiestnenie regionálnych anomálií (diapírov) a ich vzťah k neovulkanitom Západných Karpát
Fig. 6. Distribution of regional anomalies (diapirs) and their relation to the West Carpathian neovolcanics

vy, ktoré vznikli na obvodě diapíru plášťa (intramontánne panvy).

Z analýzy tiažového a magnetickeho poľa a jeho vzťahu k predterciérnemu podložíu v oblasti východoslovenského neogénu, Vihorlatu, Humenských vrchov i zemplínskeho ostrova vyplynul rad skutočností, ktoré sa dotýkajú hlavne tvaru, rozmiestnenia a nespojitosti anomálií a majú priamy vzťah k osi interpretovanej regionálnej anomálie. Na ich základe možno usudzovať o existencii gravitačných pohybov čiastkových blokov. Predovšetkým symetriu v tvaroch deficitných a anomálnych tiažových účinkov juhovýchodnej časti mezozoika humensko-užhorodského hrastu a zemplínskeho ostrova možno interpretovať ako dôsledok gravitačných pohybov.

Podľa geofyzikálnych výsledkov sa nemožno presnejšie vyjadriť o čase vzniku diapirických procesov, ale aj keď vychádzame z poznatkov o rýchlosti výstupu pláštovej intrúzie a predpokladáme epizodickosť diapirických procesov, tak ako to uvádza napr. Jacoby in K. De Jong — R. Scholten (1973) a vzhľadom na to, že obdobie miocénu sa pokladá za vrchol aktivity tohto diapíru, musíme počiatok vzniku diapíru spájať s niektorou z predmiocénnych fáz vrásnenia najskôr s obdobím kriedy. S týmto obdobím sa spájajú najväčšie pohyby a deformácie predterciérnych jednotiek, zdvojenie rozhrania v rýchlosti $8,1 \text{ kms}^{-1}$ na hranici diskon-

tinuity MOHO, ktoré sa prejavuje na profiloch HSS V a K III a ktoré môže reprezentovať „primrznutú“ vrstvu plášťového materiálu. V tomto období bola pravdepodobne zasiahnutá celá oblasť panónskeho bloku i jeho okrajové zlomy vystupujúcimi plášťovými hmotami.

Po období pokoja a poklesu tektonickej aktivity, ktorá bola spätá s diferenciáciou a chladnutím plášťových hmôt, keď sa formovali podmienky pre ďalší zdvih diapíru, pokračovalo vystupovanie plášťových hmôt pozdĺž pripanónskeho hlbinného zlomu, podobne ako aj v ďalších častiach panónskeho bloku. Toto relatívne lokálne vykľututie povrchu, spojené s niektorou z vrchnopaleogénnych fáz vrásnenia, sa prejavilo jeho rozpadom na rad blokov s rozlične vyzdvihnutými a poklesnutými kryhami a viedlo k laterálnemu stlačeniu priestoru a kĺzaniu flyšoidných komplexov smerom na SV a S. Súčasne sa však mohli utrhnúť a pod vplyvom gravitácie sklznúť čiastkové bloky z vrcholových častí diapíru na SV a JZ (zemplínsky príkrov, juhozápadná časť mezozoika humensko-užhorodskej hraste).

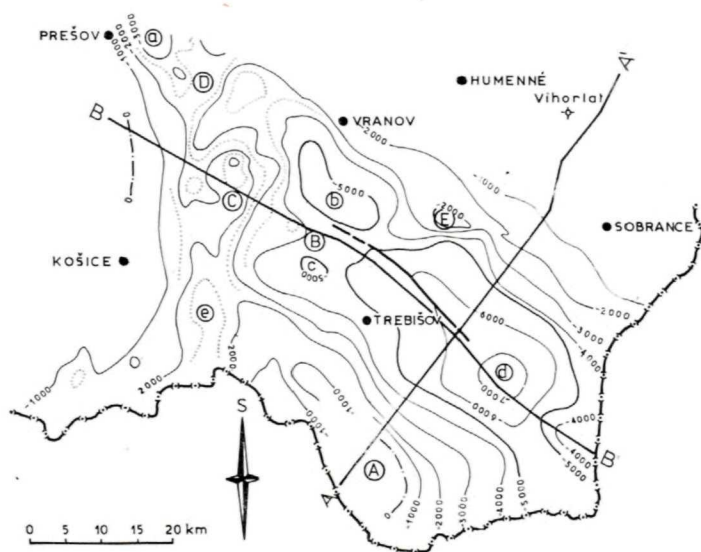
Do poslednej etapy vývoja tohto diapíru, t. j. do obdobia jeho najväčšej aktivity v miocéne, patria výstupy vulkanitov, ochladzovanie hlbinného kozuba, jeho zmršťovanie s intenzívnou subsidenciou a s radom kolapsov vulkanických centier. Pod vplyvom týchto procesov reliéf predterciérneho podložia východo-

slovenskej panvy výrazne poklesol a rozlámal sa.

Oblasťou hlavných diapirických procesov je územie panónskeho masívu a centrálna zóna transylvánskeho bazénu, ktorá je centrom (R. A. Crawford 1977). V tejto oblasti sa križuje niekoľko lineamentov na okraji platní. Predpokladá sa výstup plášťových hmôt smerom od JV, resp. J, čo je v súlade s migráciou vulkanických centier v priebehu vývoja vulkanickej činnosti. Migrácia prebiehala v smere od centrálneho masívu k vyvrásnenej geosynklinále.

Reliéf predterciérneho podložia

Reliéf predterciérneho podložia, ktorý sme získali z tiažových anomálií po odseparovaní regionálneho účinku predpokladaného diapírového plášťa, predstavuje centrálnu depresiú ako grabenovú štruktúru s priečnou prepadlinou v oblasti na JV od Malčíc (obr. 7). Pokračovanie tohto grabenu je interpretované pod Slanskými vrchmi a ďalej smerom na Prešov. Na okraje priečnej prepadliny sa viažu stratovulkanické telesá zistené v okolí Malčíc — Beše a Voján a prejavujú sa



Obr. 7. Štruktúrna schéma reliéfu predterciérneho podložia zostavená na základe tiažových a seizmických meraní (izohypsy v metroch). Interpretované štruktúry podložia: A — zemplínska, B — albinovská, C — herlianska, D — hanušovská, E — pozdišovská (A až E elevácie), a — prešovská, b — vranovská, c — sečovská, d — centrálna s priečnou prepadlinou, e — myšlianska (a až e depresie)

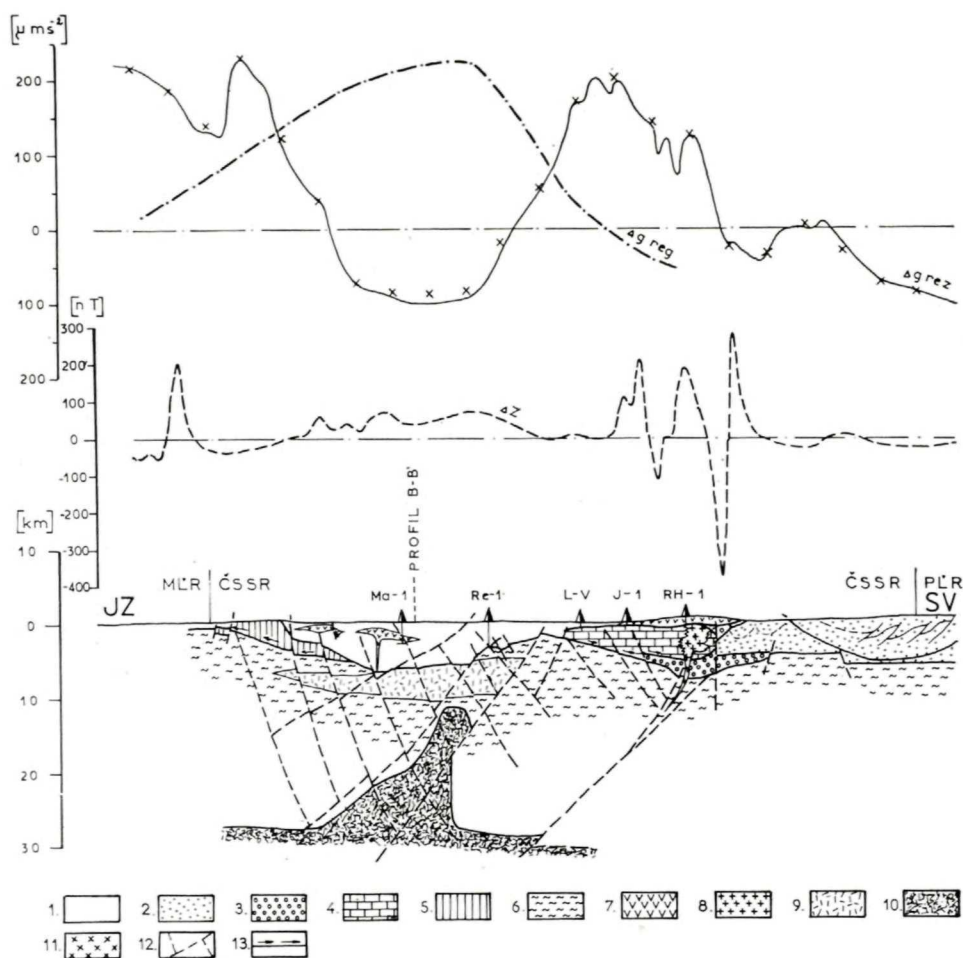
Fig. 7. Structural scheme of the pre-Cenozoic basement relief compiled from gravimetric and magnetometric data (isohypses in metres). Interpreted basement structures; elevations: A — Zemplín, B — Albinov, C — Herľany, D — Hanušovce, E — Pozdišovce elevation, depressions: a — Prešov, b — Vranov, c — Sečovce, d — the central graben with the transversal trough, e — Myšľa depression

výraznými magnetickými anomáliami. Na zostavenie mapy reliéfu predterciérneho podložia sme použili aj výsledky reflexných seizmických meraní a magnetometrie, ktoré poskytujú dobré informácie o mocnosti neogénneho súvrstvia a pochovaných vulkanických pohorí. Zjednodušená geologická interpretácia na dvoch kolmých geofyzikálnych profiloch (obr. 8 a 9) ukazuje vzťah povrchových jednotiek k predpokladaným anomálnym vrchnoplášťovým hmotám. Z obr. 8 je zrejmé, že diapiricky vystúpená hmota sa vo svojej najvyššej polohe nachádzala len niekoľko km pod povrchom (6–7 km), čo je v súlade so zistenou hĺbkou kozubov pod niektorými súčasnými vulkánmi (G. Newall — N. Rast 1970, I. V. Lučickij 1971, G. McDonald 1972).

Gravitačná tektonika

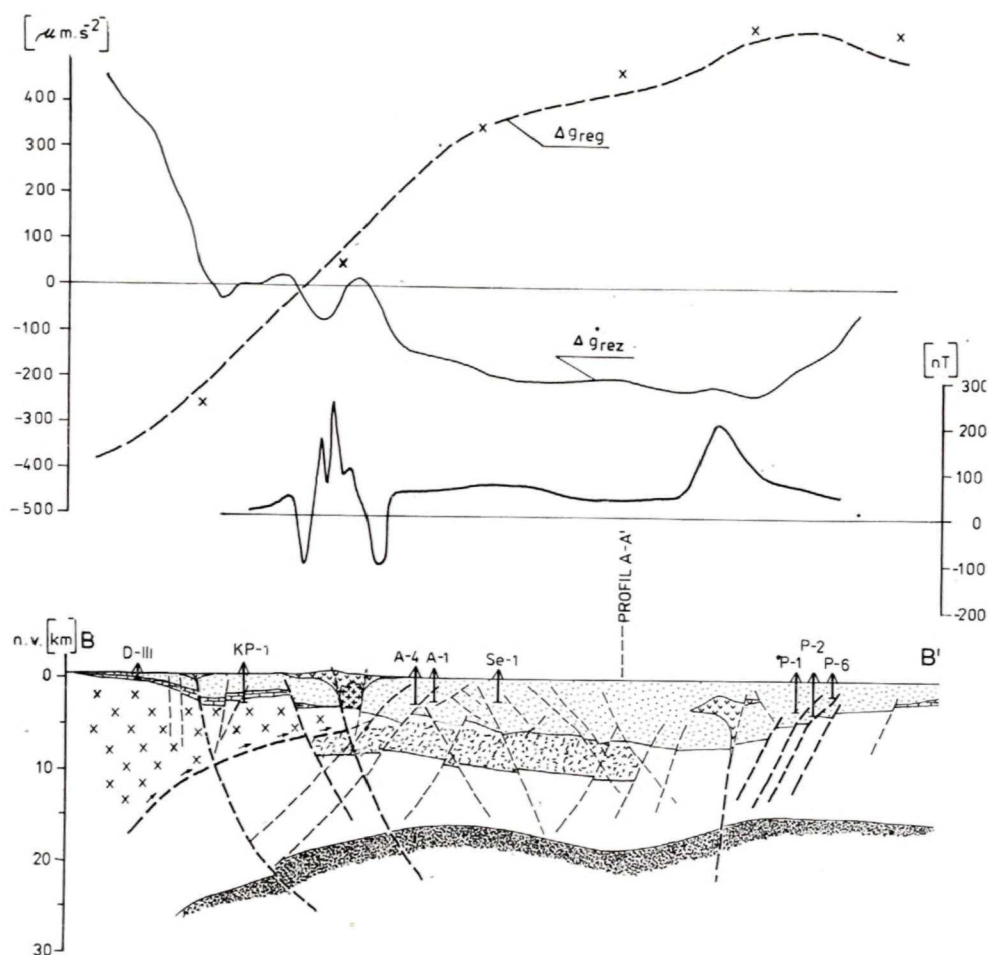
V krátkosti sa zmienime o dôsledkoch diapiricky vystúpenej plášťovej hmoty, a to o laterálnych presunoch blokov vyzdvihnutých diapírom plášťa. Z korelácie tiažových anomálií, z porovnania rozloženia hmoty a tvarov jednotlivých anomálií, ako aj modelu vystupujúcej plášťovej intrúzie možno za dôsledok gravitačných sklzov pokladať uloženie zemplinskeho prikrovu (P. Grecula — K. Együd 1977) a mezozoika humensko-užhorodského hrastu a jeho juhovýchodnej časti. Tieto najviac sa prejavu-

júce pohyby na SZ kontroluje výrazné priečne ulomenie pozdĺž hranice Sečovce—Michalovce—Vihorlat a na JV zlomový systém, ktorý prebieha v smere od Kráľovského Chlmca na Perečín. Na obr. 8 je oblasť, na ktorej nastalo ulomenie v smere SZ—JV. Rozhranie je na SV od vrtu Rebrín-1. Túto oblasť najviac postihol tlak vyvolaný vystupujúcou hmotou plášťového diapíru. Oživenie tohto zlomu smerom SZ—JV predstavuje močarianske zlomové pásmo, ktorého funkciu v neogéne detailne opísal M. Mokovský (1971). Zatiaľ čo sa mezozoikum humensko-užhorodského hrastu posúvalo vlastnou váhou na SV, paleozoický obal zemplinskeho prikrovu sklzol vo forme niekoľkých šupín na JZ na susednú jednotku. Z obr. 8 vidieť, že na tiažovej krivke sa anomália zemplinskeho prikrovu prejavuje ako „lokálny“ účinok. Ani šupinatost stavby v susednom území zakarpatskej priehlbieniny (V. V. Gluško 1971, V. G. Sviridenko 1976) nevyučuje existenciu a dôsledky gravitačných pohybov. Sklznuté bloky zároveň tvoria akési tesniace „zátky“, cez ktoré (s výnimkou porušených zón) nenašla vulkanická hmota cestu na povrch. Ale možno očakávať rad vulkanických telies v spodných častiach týchto blokov. Tieto otázky sa v súčasnosti analyzujú a venuje sa im pozornosť pri interpretácii geofyzikálnych podkladov v oblasti východoslovenského neogénu.



Obr. 8. Geologicko-geofyzikálny interpretačný profil A — A'. Vysvetlivky: 1 — molasa ($2.0\text{--}2.6\text{ kgdm}^{-3}$), 2 — hustotne nediferencované jednotky flyšu (2.55 kgdm^{-3}), 3 — bradlové pásmo (2.6 kgdm^{-3}), 4 — jednotka mezozoika Humenských vrchov ($2.7\text{--}2.8\text{ kgdm}^{-3}$), 5 — paleozoikum zemplinského priekrovu (2.7 kgdm^{-3}), 6 — nerozlíšené podložie (2.7 kgdm^{-3}), 7 — neovulkanity ($2.2\text{--}2.6\text{ kgdm}^{-3}$), 8 — intruzívny komplex (dioritový porfyrít) ($2.7\text{--}2.8\text{ kgdm}^{-3}$), 9 — magnetické prostredie, 10 — sv. plášťové hmoty ($+0.3\text{ kgdm}^{-3}$), 11 — predpokladané granitoidy (2.6 kgdm^{-3}), 12 — predpokladané poruchové systémy, 13 — sklzová (násunová) plocha.

Fig. 8. Geological and geophysical interpretative profile A — A'. Explanations: 1 — molasse (average density of $2.0\text{--}2.6\text{ kgdm}^{-3}$), 2 — flysch units with undifferentiated densities (2.55 kgdm^{-3}), 3 — the Klippen belt (2.6 kgdm^{-3}), 4 — Mesozoic unit of the Humenné — Uzhorod horst ($2.7\text{--}2.8\text{ kgdm}^{-3}$), 5 — Paleozoic of the Zemplin nappe (2.7 kgdm^{-3}), 6 — undifferentiated basement (2.7 kgdm^{-3}), 7 — neovolcanite ($2.2\text{--}2.6\text{ kgdm}^{-3}$), 8 — intrusive unit of diorite porphyrite ($2.7\text{--}2.8\text{ kgdm}^{-3}$), 9 — magnetic environment, 10 — the upper mantle material ($+0.3\text{ kgdm}^{-3}$), 11 — supposed granitoids (2.6 kgdm^{-3}), 12 — supposed fault system, 13 — sliding (upthrusting) surface.



Obr. 9. Geologicko-geofyzikálny interpretačný profil B — B'. Vysvetlivky rovnaké ako pri obr. 8.

Fig. 9. Geological and geophysical interpretative profile B — B'. Explanations as in Fig. 8

Záver

Zistenie regionálneho účinku vo východoslovenskom neogéne dáva možnosť využiť tiažové údaje na riešenie niekoľkých problémov, najmä na spresnenie priebehu predterciérneho reliéfu. Deformu-

júci efekt, ktorý sa nepriaznivo odráža v kvantitatívnej interpretácii tiažových anomálií, má svoje opodstatnenie v hlbších častiach kôry a pravdepodobne ho vyvolala plášťová intrúzia. Veľmi závažné výsledky z hľadiska rozmiestnenia, časového rozpätia vývoja možného

diapíru plášťa a jeho vplyv na formovanie karpatského oblúka podľa A. R. Crawford (1977), ktorý porušenie celej zóny medzi Českým a Dobrudžským masívom pokladá za jeho dôsledok. O opodstatnenosti tohto náhľadu svedčí aj inverzia tiažového poľa v rade neogénnych panví po obvode panónskeho bloku. Ako príklad sme uviedli regionálnu anomáliu z východoslovenskej neogénnej panvy i s jej alternatívnou interpretáciou. O tom, že nejde o jediný anomálny prejav v Západných Karpatoch, svedčia výsledky tiažového prieskumu v oblasti Rimavsko-lučeneckej kotliny (J. Bodnár et al. — ústna informácia) i regionálna anomália v „granitovej vrstve“, zistená v Podunajskej ní-

žine (A. Šutor 1971). Pri jednotlivých anomáliách môže ísť o rozličné časové obdobie ich vzniku, ako o tom svedčí aj rozličná orientácia osí jednotlivých anomálií (obr. 6).

Predložená analýza tiažového poľa vo východoslovenskom neogéne sa vykonala mimo projektovanej úlohy a obsahuje poznatky, ktoré sme získali analýzou všetkých údajov v tomto regióne. Pokladáme za nevyhnutné nové poznatky zverejniť, lebo dávajú možnosť vysvetliť rad problémov a nejasností spätých s vývojom štruktúrnotektonického plánu územia, rozšírení stratigrafických súvrství a vulkanizmu v tejto oblasti.

Recenzoval J. Plančár, R. Rudinec

LITERATÚRA

- Belousov, V. V. 1975: Osnovy geotektoniki. Moskva, Nedra. 257 s.
- Běhounek, R. 1949: Zpráva o tíhovém průzkumu v oblasti východního Slovenska. *Manuskript — ÚUG Praha*
- Bližkovský, M. 1961: Závěrečná správa o podrobném gravimetrickém průzkumu východoslovenského neogénu v r. 1960. *Manuskript — ČND Hodonín*.
- Boccaletti, M. — Horváth, F. — Loddo, M. — Mongelli, F. — Stegena, L. 1976: The Thyrrenian and Pannonian basins: A Comparison of two mediterranean interarc basins. *Tectonophysics (Amsterdam)*, 35, pp. 45—69.
- Crawford, A. R. 1977: Danubian deviations and mantle diapirism: a possible origin of the Carpathian. *Arc. Geol. Mag.*, 114 (2), pp. 115—125.
- Čverčko, J. 1977: Zlomý vo východoslovenskej neogénnej oblasti a jej tektonogenetický vývoj. *Manuskript — GÚDS Bratislava*. 122 s.
- Gluško, V. V. 1971: Geologičeskoe strojenije i gorjuščije iskopajemyje Ukrain-skich Karpat. Moskva, Nedra. 389 s.
- Grecula, P. — Kaličiak, M. — Varga, I. 1977: Hornádske zlomový systém a jeho problémy. *Mineralia slov.*, 9, s. 419—448.
- Grecula, P. — Együd, K. 1977: Pozícia zemplínskeho ostrova v tektonickom pláne Karpát. *Mineralia slov.*, 9, s. 449—462.
- Ibrmajer, J. 1954: Gravimetričeskaja razvedka jugovostočnoj Slovačkoj vpadiny. *Stud. geophys. geod.* 1957, 1/2, s. 233—242.

- De Jong, K. A. — Scholten, R. 1973: Gravity and tectonics. *New York, S. Wiley and Sons*. 502 p.
- Kvitkovič, J. — Plančár, J. 1977: Recentné vertikálne pohyby zemskej kôry vo vzťahu k zemetraseniam a seizmoaktívnym zlomom v Západných Karpatoch. *Geogr. čas. Slov. akad. vied*, 29, s. 239—253.
- Lučickij, I. V. 1971: Osnovy paleovulkanologii. Tom 1, 2. *Moskva, Nauka*.
- Marušiak, I. — Lizoň, I. 1976: Geotermické pole Záp. Karpát. *Záp. Karpaty, sér. geol.*, 1, s. 181—206.
- Mc Donald, G. A. 1972: Volcanoes, Prentice — Hall, Ing. Englewood cliffs. *New Jersey. Preklad Moskva, Mir* 1975. 430 s.
- Newal, G. — Rast, N. 1970: Mechanism of Igneous Intrusion. *Callery press, Liperpool. Preklad Moskva, Mir*, 1972. 315 s.
- Ostafijčuk, I. M. — Moľavko, V. G. — Gasanov, J. L. 1977: Srovnávací charakteristika vulkanizmu zon pripanenského i zakarpatského glubinných zlomov (Sovetskoje Zakarpate). *Geol. Z.*, 37, vyp. 1, s. 110—120.
- Ramberg, M. — Sjöström, H. 1973: Experimental geodynamic models relating to continental drift and orogenesis. *Tectonophysics (Amsterdam)*, 19, pp 105—132.
- Rudinec, R. — Slávik, J. 1972: Geologická stavba podložia východoslovenského neogénu. *Geol. práce, Spr. (Bratislava)*, 53, s. 145—155.
- Slávik, J. 1975: Zemplínium — možná nová tektonická jednotka centrálnych Karpát. *Geol. práce, Spr. (Bratislava)*, 65, s. 7—19.
- Sobakar, G. T. — Somov, V. I. — Kuznecova, V. G. 1975: Sovremennaja dinamika i struktura zemskoj kory Karpat i prilagajščich territorii. *Kiev, Naukovaja dumka*. 63 s.
- Sviridenko, V. G. 1976: Geologická stavba predneogénneho podložia zakarpatskej prehľbeniny. *Mineralia slov.*, 8, s. 395—406.
- Sutor, A. — Čekan, V. 1965: Regionálny gravimetrický a geomagnetický průzkum v oblasti východného Slovenska. *Sbor. geol. věd. Ř. UG*, 4, s. 35—55.
- Sutor, A. 1970: Geofyzikální výzkum vídeňské a podunajské pánve. [Kand. dizert. práce.] *Manuskript — Geofyzika Brno*. 124 s.
- Válek, R. 1969: Gravimetrie, Sv. III. *Praha, SPN*, 307 s.
- Vass, D. 1976: Genéza vnútromolasových panví Záp. Karpát z hľadiska dirigujúcej funkcie plášťa pri vývoji zemskej kôry. *Sympózium Globálna tektonika. Smolenice, Bratislava, SAV*, s. 111—117.
- Zeman, J. 1977: Prognóza rozšíření uhlonosiho karbonu pod vnějším flyšem Záp. Karpát. *Geol. průzk.*, 19, č. 12, s. 353—357.

Interpretation of the gravity field in the East Slovakian Neogene area

LUBOMIL POSPÍŠIL

It is the peculiarity of Neogene basins situated along the inner side of the Carpathians that inversions of the gravity field occur on their territory when comparing results with ascertained depths of their basement. Values of gra-

vimetric anomalies gradually increase with growing depths of the basement. The feature points to the presence of such masses in the basinal basement which played substantial role at the time of their foundation and considerably

influenced the development of such molasse basins. One of this basins is the East Slovakian Neogene area.

An analysis of geophysical data, mainly of gravimetry and of magnetometry, allowed to deduce the main deforming effect represented by a positive regional gravimetric anomaly (Fig. 2). The relative anomaly attains a value of $300 \mu\text{ms}^{-2}$ with axis of NW—SE orientation. It is very difficult to explain the source for such a regional anomaly without complementary data from deep seismic sounding (DSS). However, DSS results along the international profile No III may be also partly used.

Informations about the depth of the Moho were deduced from these DSS data for the Pannonian block and the bordering Carpathians. Data were already interpreted by several authors (lastly by F. Horváth in M. Boccaletti et al. 1976). Results point also to the presence of several seismic interfaces within the Peripannonian deep-seated fault zone but continuations beyond this zone have been not proved.

Further geophysical data gave evidences that the whole territory concerned appears as anomalous when compared with its surroundings. Also the ascertained data of heat flow (I. Marušiak — I. Lizoň 1976) range the East Slovakian Neogene area among thermally most active regions of the Western Carpathians. Heat-flow values increase to $108.9\text{--}117.2 \text{ mWm}^{-2}$ in the area between the Vihorlat and Gutin Mts. range and the Hungarian lowland (G. T. Sobakov et al. 1975). An attenuated crust of 25 km thickness approximately and a minimum thickness of basalt layer (6 to 9 km) are peculiar for the territory. Well expressed seismotectonic belts comprise shallow seismic foci here (G. T. Sobakov et al. 1975, J. Kvitkovič — J. Plančár 1977, Fig. 3) and intense neotectonic movements complete the high recent mobility of the area.

Volcanoplutonic edifices originated during the Neogene are peculiar for the area as well. These edifices appear by specific patterns in both gravimetric and

magnetometric maps being located on intersections of longitudinal and transversal fault systems of regional importance.

The interpretation of the ascertained regional gravity anomaly started from an analysis of gravimetric and magnetometric data. Results of seismic measurements as well as other available geophysical data were used, too. Even new geological informations from the East Slovakian Neogene area (R. Rudinec — J. Slávik 1970, V. V. Glushko 1971, J. Slávik 1975, V. G. Sviridenko 1976, D. Vass 1976, J. Čverčko 1977, P. Grecula et al. 1977 and P. Grecula — K. Együd 1977) were utilized.

The regional gravity anomaly may be interpreted as the influence of a partial mantle diapir. The diapiric uprise occurred to lower crustal levels along deep-seated faults or on intersections with further fault systems. The diapiric mass has a rough NW—SE orientation here and it acted as reservoir (magmatic chamber) for volcanic masses erupted during the Neogene. Reasons for such interpretation are introduced further.

Available DSS data point to the minimal thickness of the basalt layer on the territory of the Pannonian block. The gravity effect of a source located in 10—25 km depth interval (i. e. between the Moho and the sedimentary layer) points to its origin from upper mantle material rising along deep-seated faults if one considers the regional extent of the anomaly. Also the interpretation of the anomaly along its axis (Fig. 4) points to such source. The Peripannonian deep-seated fault (V. V. Glushko 1971, V. G. Sviridenko 1976, I. M. Ostafiyuk et al. 1977) may have served for such purposes. Its continuation is to be searched below the Klippen belt and the Carpathian flysch towards the lineament limiting the Upper Silesian block from the E (J. Zeman 1977). J. R. Crawford (1977) assumes this hypothetical interface, which is identical with the boundary between the Bohemian and Dobrudzha massifs, to represent the NE limit of diapirism within

the Pannonian block. According to D. Vass (1976), the East Slovakian Neogene basin originated on the periphery of a mantle diapir. However, the basin is located quite above the mentioned regional gravity anomaly. The basin may have originated by activity of a partial mantle diapir which simultaneously caused the volcanic activity in the area. Interpreted source models for the regional anomaly point to the possibility of such explanation (Fig. 4). These sources are irregular bodies with a differential density of $+0.2-0.3 \text{ kgdm}^{-3}$ having their upper limit at 11 km depth and of elongated shape (about 60 km long) in NW—SE direction.

Geophysical data do not allow to assume the age of the anomalous body. But if one starts from supposed velocities of uprising mantle diapir assuming episodic uprise as well (e. g. W. Jacoby in K. de Jong — R. Scholten 1973), and as the main volcanic activity is considered to occur in the Miocene, the beginning of the diapiric uprise may be ascribed to influence of some pre-Miocene phase of folding and most probably already to Upper Cretaceous processes. The most intense movements and deformations of pre-Cenozoic units in the Carpathians are related to Upper Cretaceous processes. Then, probably, the ascending mantle material influenced the whole area of the recent Pannonian block and the deep-seated faults bordering it.

After a state of rest and decreased tectonic activity when differentiation and "freezing" of the mantle material occurred, the uprise continued along deep-seated fault zones and also in other parts of the Pannonian block. Crustal portions above partial diapirs became elevated due to the activity of rising masses. Such relative and local uparchings were evidently responsible as a source of movements during folding phases of Upper Paleogene age and caused disintegration of the whole territory into a mosaic of elevated and descended block units. Within the flysch belt, movements caused lateral compression and sliding of flysch units

towards the N—NE. Simultaneous movements may have tore away blocks from apical parts of the partial diapir which slid by gravity induced movements toward the periphery (the Zemplín nappe and the SW portion of the Humenné—Uzhgorod Mesozoic). The last period of activity related to the partial diapir appeared during the Miocene. Then an intensive volcanic activity started and it has been accomplished by subsequent cooling of the deep magmatic chamber. Its cooling and the related contraction induced considerable subsidences and collapses of volcanic centres in the area. Caused by these processes, the pre-Neogene relief in the basement descended to considerable depths and disintegrated.

The area of the Pannonian block and the central part of the Transylvanian basin are considered as the main areas of diapirism within the Carpathians (A. R. Crawford 1977) where several lineaments, assumed also as plate boundaries, intersect. Therefore a supposed migration of the mantle material from the S or SE agrees well with the migration of eruption centres during the volcanic activity. The volcanism migrated roughly from the central massif towards the fold system of the original geosyncline.

The relief of the pre-Cenozoic basement

In the model relief of the pre-Cenozoic basement obtained from gravity anomalies when separating the regional effect induced by the mantle diapir, a central graben structure appears with a transversal trough SE from Malčice (Fig. 7). The longitudinal graben continues beneath the Slanské vrchy Mts. towards Prešov. Stratovolcanic edifices near Malčice, Beša and Vojany along the graben are indicated by gradients on a transversal trough but they are indicated by pronounced magnetic anomalies as well. Also the results of reflection seismic measurements and that of magnetometry were used for a relief map of the basement. These data yielded well

utilizable indications on the thicknesses of basin filling and on the shape and extent of buried volcanic bodies among sediments. The geological interpretation (Figs. 8, 9) shows relations of surficial units with the anomalous mass ascended. According to Fig. 8, diapiric masses reached only to some kilometres below the surface (6 to 7) and this depth agrees well also with assumed depths of magmatic chambers beneath some contemporaneous volcanoes (G. Newall — N. Rast 1970, I. V. Luchitskiy 1971, G. McDonald 1972).

The appearance of volcanoplutonic edifices in geophysical fields

An extensive geophysical investigation led to the discovery of several volcanoplutonic edifices where intrusions reached subvolcanic levels in the Slanské vrchy Mts. and Vihorlat Mts. area (Fig. 2). It appeared that such volcanoplutonic edifices are well expressed in areal magnetometric and gravimetric maps. According to the knowledge deduced from results of geological and geophysical investigations (P. Grecula et al. 1977), the location of volcanoplutonic edifices along belts of maximal mobility in the area is assumed. It is supposed that one of conditions for the location of uprising eruptive masses is the presence of tectonic junctions on intersections of fault belts having NW—SE and SW—NE orientations (Fig. 2). Majority of volcanic centres in Eastern Slovakia and in the neighbour Soviet and Hungarian territory occurs along the periphery of supposed diapiric uprise of the mantle material. Volcanic masses utilized probably the belts of tensional dislocations originated as a consequence of diapiric uprise (J. Roberts in G. Newall — N. Rast 1970). Such dislocations joined well expressed regional fault belts of the area and at places of tectonic junctions the volcanic masses reached the surface. Therefore volcanic masses and related subvolcanic intrusions may be assumed as part of differentiates from secondary magmatic chambers.

The peculiar geophysical field of the Makovica volcanoplutonic edifice may serve as explanation for such idea (Figs. 5, 6).

The gravitational tectonics

A short mention should be deserved to consequences of the diapirism in lateral movements of blocks formerly elevated by uprising mantle masses. Experiments stimulating gravitational forces in the crust (e. g. M. Ramberg — H. Sjöström 1973) point to the immediate generation of a nappe structure when equilibrium failure occurs due to a gravitationally unbalanced system (V. Škvor — J. Zeman 1976). Hence, the assumed diapirism had to cause gravitational sliding of partial units. From correlations of single anomalies but also from the distribution of masses and assumed shapes satisfying the model of ascending mantle diapir, the emplacement of the Zemplín nappe (P. Grecula — K. Együd 1977) and of the SW portion of Mesozoic within the Humenné—Uzhgorod horst may be explained due to gravitational sliding. These most pronounced movements are limited to the NW by a well expressed transversal fault between Sečovce — Michalovce — the Vihorlat Mts. For the SE limitation, the fault system between Kráľovský Chlmec and Perečín seems to be responsible as well. A geophysical interface of NW—SE course appearing northeastward from Rebrin-1 drilling (the Močarany fault belt) occurs at places where the most intensive compressions concentrated owing the rised diapir. While Mesozoic rocks in the Humenné — Uzhgorod range moved due to their own weight towards NE, the Zemplín nappe slid in several slices towards SE (Fig. 8). Recently, the Zemplín nappe appears in the gravitation curve as a local anomaly. The imbricated edifice within the Transcarpathian depression basement (V. V. Glushko 1971, V. G. Sviridenko 1976) may be accounted for gravitative movements in the time of generation. The slid nappe blocks

created some kinds of "plugs" across which volcanic masses could not have reach the surface (except for crushed belts). A set of intrusive volcanic bodies may be expected in lower levels of such blocks.

Conclusions

The paper introduces such a crustal model where the internal structure has been induced by an ascending mantle diapir into upper crustal portions. The model is based mainly on theories of magma intrusion (J. Roberts — N. Rast in G. Newall — N. Rast 1970, G. McDonald 1972, M. Ramberg in K. de Jong — R. Scholten 1973, V. V. Belousov 1975 a. o.).

The size of anomalous masses, their probable stadial development and relations to volcanism and tectonics give explanation to some different views on the East Slovakian basin genesis (D. Vass 1976, J. Čverčko 1977). The determination of regional mass effect within the East Slovakian Neogene area allows to utilize gravimetric data also for further interpretations

mainly in more detailed scale. This concerns mainly the accuration of the pre-Cenozoic basement relief. The unfavourable deforming effect, which did not allow until a quantitative interpretation of gravity anomalies, has its source in deeper crustal level being probably caused by diapiric mantle mass uprise. According to A. R. Crawford (1977), the whole disturbed belt between the Bohemian and Dobruška massifs generated by the action of mantle diapirism. The existence of inversed gravity fields over a set of Neogene basins along the margin of the Pannorian block justifies this viewpoint as well. The regional anomaly in the East Slovakian basin may serve as an example. This anomaly is by no means the sole one within the Western Carpathians and similar features appear from gravimetric researches of the Rimava — Lučenec basin and from the presence of a regional anomaly in the "granite layer" of the Danube lowland area (A. Šutor 1971). Single anomalous masses may have generated, however, in different times as their longitudinal axes have also different orientations.

Preložil I. Varga

ZO ŽIVOTA SPOLOČNOSTI

M. Mišík: Predkvartérne sintre (speleotémy) a fosílné zvetrávacie kôry typu caliche (calcrete) v Západných Karpatoch (Bratislava 20. 3. 1980)

V Malých Karpatoch sa na lokalitách Dúbravka, Devín, Záhorská Bystrica a Rožňavík zistili spodnobádenské speleotémy (sintre) vrátane stalaktitov, drapérií, hrachovcov atď. Ich datovanie je založené na vzťahu k transgresným vrchnobádenským sedimentom (stopy vŕtavcov v sintroch obnažených v niekdajšom pobrežnom zrubu, staršia výplň v neptunických dajkách s vrchnobádenským pieskom, valúny sintrov v transgresných zlepenoch). Najstaršími speleotémami zo Slovenska sú valúny sintrov z kriedovej pieninskej kordiléry.

Na lokalite Dúbravka a Devín sú aj zvetrávacie kôry typu calcrete (caliche), ktoré vznikli v semiaridnom prostredí na obnaženom vápencovom substráte v bádene. Fosílné kôry calcrete vznikali aj v turóne — spodnom senóne na vápencoch v oblasti Dobšinskej ľadovej jaskyne. Doteraz jediný prípad týchto kôr z karbónu je z lokality Ochtná, kde obsahujú typické vadózne pizolity a sú dôkazom dočasného vynorenia sa biohermy.