

JSD.831+ JSD.834.3/4 (432.67)

N. B. 200/04

Podložie flyšových Karpát na východnom Slovensku interpretované z geofyzikálnych meraní

(9 obr. v texte)

B. LEŠKO — J. KADLEČÍK — M. MOŘKOVSKÝ — Č. TOMEK*

Фундамент флишевых Карпат Восточной Словакии на основании интерпретации геофизических измерений

В статье приведён анализ участия отдельных геофизических методов при изучении геологического строения фундамента восточнословацкого флишевого пояса. Предполагается, что его почвой является североевропейская платформа активизированная альпийским орогенезом с миогеосинклинальным составом мезозойских до нижнемiocеновых комплексов горных пород.

The basement of the Flysch Carpathians in Eastern Slovakia as interpreted from geophysical measurements

The paper reviews contributions of single geophysical methods to the knowledge upon structure of the basement beneath the Flysch Carpathians of Eastern Slovakia. This basement is probably built by the North European platform and by miogeosynclinal cover of Mesozoic to Lower Miocene age. This basement was activated during the Alpine tectogenesis and achieved nappe structures.

Východoslovenská časť flyšového pásma je územím, do ktorého sa v ostatných rokoch sústreďuje geologická výskumná a prieskumná aktivita. Jednou zo základných úloh je výskum hlbokých štruktúr a podložia flyšových príkrovov z hľadiska výskytu ropy a zemného plynu. Takýto výskum popri analýze dát povrchovej geológie vyžaduje aj rozsiahlu aplikáciu geofyzikálnych metód a vrtné práce. Cieľom výskumu je odpovedať na otázku, do akej miery sa stavba podložia odráža v povrchových štruktúrach bádaného územia, určiť oblasti, v ktorých podložné komplexy ležia relatívne najvyššie (a pri dnešných technických podmienkach je reálna možnosť prevrtať flyšové súvrstvia). Súbežným cieľom je teda aj overiť vhodnosť jednotlivých geofyzikálnych metód. Študovaná oblasť má z hľadiska riešenia problémov hlbinej stavby špecifické postavenie. Od južného okraja (na povrchu známej) epihercýnskej plat-

* RNDr. Bartolomej Leško, DrSc., Geologický ústav D. Štúra, Mlynská dolina 1, 809 40 Bratislava,

Ing. Ján Kadlečík, RNDr. Milan Mořkovský, CSc., RNDr. Čestmír Tomek, CSc., Geofyzika, n. p., Ječná 29a, 600 00 Brno.

formy je veľmi vzdialená. Na vnútornej strane sa stýka s extrémne zložitou zónou Karpát — s bradlovým pásmom. Táto regionálna geologická pozícia veľmi sťažuje výskumné práce i voľbu pracovných metód, ktoré by jednoznačne odpovedali na otázku hĺbkovej úrovne podložia flyšu, resp. aj na jeho litologickú kvalitu.

V práci predkladáme výsledky komplexného hodnotenia geofyzikálnych materiálov a pokus o ich geologickú aplikáciu. Ide skôr o generalizujúce zhodnotenie kriticky oceňujúce prínos a možnosti jednotlivých disciplín pri riešení základnej úlohy — vyhľadávani štruktúr nádejných na ropu a plyn vo východoslovenskom flyši a v jeho podloží. K práci pristupujeme napriek tomu, že podložie flyšu na východnom Slovensku vrty doteraz nedosiahli. Sme si vedomí toho, že na modelové riešenie problematiky nemáme z podobnej geologickej situácie v západnej časti flyšového pásma u nás. v Poľsku či zo sovietskych Karpát ani jeden priamy údaj. Doterajšie výsledky hlbokého vrtu Zboj-1 napr. ukázali, že interpretované refrakčné rozhrania, ktoré sme pokladali za podložie flyšu, zodpovedali alebo výrazným litologickým (a teda aj rýchlostným) rozhraniam vnútri flyšového komplexu, alebo ich vyvolávali zmeny gradientu rýchlostí seizmických vln. Ťažkosti interpretovať geofyziku v takých podmienkach spočívajú v zložitosti seizmicko-geologických podmienok zvrásnených oblastí. Veľmi dôležitým negatívnym faktorom sú pravdepodobne malé rozdiely základných fyzikálnych vlastností medzi horninami hlbokých štruktúrnych etáží flyšu a jeho podložia.

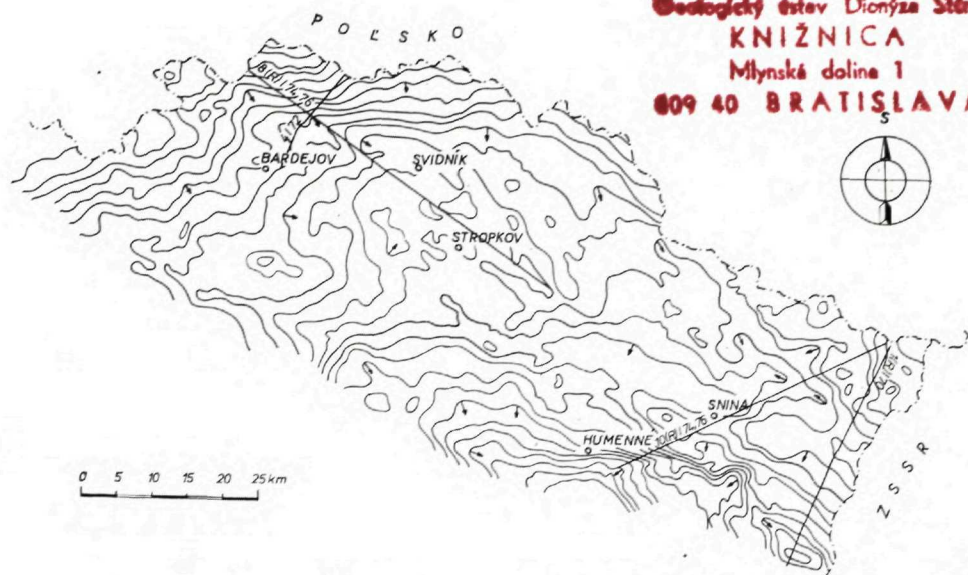
Sme presvedčení, že napriek tomu, či skôr práve preto, je takéto zhodnotenie nevyhnutnou pracovnou etapou a podmienkou na určenie optimálnych metód pri ďalšom výskume.

1. Gravimetria

Oblasť východoslovenského flyšu bola pre gravimetrický prieskum vždy príťažlivá. Ako jedna z prvých sa z nej dokončila štátna gravimetrická mapa v mierke 1 : 200 000 (pozri J. Ibrmajer, J. Doležal 1962), ako aj ďalšie, podrobnejšie mapy. Túto prioritu zdôvodňuje nielen to, že ide o oblasť perspektívnu pre výskum živíc, ale aj to, že je to kľúčové územie na pochopenie a správnu interpretáciu tiažového poľa Západných Karpát a Východných Karpát. (Výsledky starších štúdií a súpis literatúry o tejto metóde je v práci B. Leška a M. Mořkovského, 1975, na ktorú čitateľa odkazujeme.)

Z regionálneho hľadiska leží takmer celé východoslovenské flyšové pásmo mimo oblasti karpatského tiažového minima. Výnimku tvorí územie na S od Bardejova a Svidníka (obr. 1). Z juhu až do flyšovej oblasti zasahuje kladná tiažová anomália, ktorá charakterizuje panónsky bazén. Ďalšou črtou tiažového poľa je intenzívny horizontálny gradient tiaže, ktorého os prebieha od JZ na SV smerom na Cigeľku, tam sa lomí a pokračuje východozápadným smerom (obr. 2). Záporná karpatská tiažová anomália dosahuje maximum až severnejšie (na území PLR) na čiare Nowy Sącz — Krosno — Krosienko. Tieto základné prvky tiažového poľa vidieť v mape trendov (obr. 2).

Prvým základným prvkom tiažového poľa študovanej oblasti je rozsiahla kladná anomália s maximom južne od Humenného. Výrazný tiažový chrbát pokračuje z tohto maxima severozápadným smerom na Giraltovce a Kurimu.



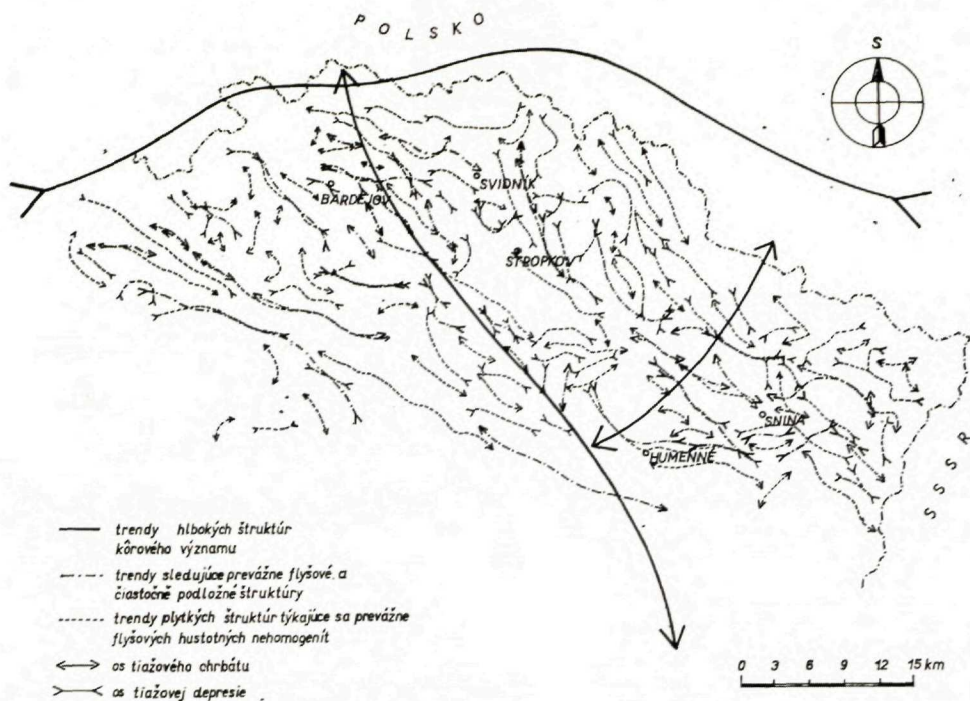
Obr. 1. Mapa rozloženia tiažového poľa so situáciou priložených seizmických profilov
 Fig. 1. Map of the gravity field distribution showing situation of seismic profiles

Severne od Humenného sa kladná anomália vysúva k Papínu a až po čs.-poľské štátne hranice (obr. 2).

Z pozorovania mapy tiaže (obr. 1) s geologickou mapou (obr. 4) vychodí, že flyšová supraštruktúra, jej smerové prvky a už spomenuté základné fenomény tiažového poľa majú rozličnú (navzájom temer kolmú) orientáciu. Geologická štruktúra nesúhlasí s tiažovým obrazom ani v tom, že napr. krynická čiastková jednotka magurského príkrovu sa v Poľsku nachádza v hodnotách asi $400 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$. Tá istá jednotka je na našom území v oblasti severne od Humenného nad hodnotou $+100 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$. Zaujímavé je, že územie s relatívne „ťažším“ podložíom flyšu sa temer zhoduje s orografickým vymedzením Ondavskej vrchoviny, ktorá je jedným z najnižších území karpatského flyšového pásma. V oblasti gradientu a západnej tiažovej anomálie je priemerná výška terénu väčšia.

Na kvantitatívne zhodnotenie intenzívneho horizontálneho gradientu tiaže sú najlepšie podmienky v území na S od Bardejova a Svidníka. Horizontálny gradient citlivo indikuje hĺbku telesa, ktoré je príčinou tiažovej anomálie. Gradient v tomto úseku má hodnotu $20\text{--}25 \text{ E}$ a je známa jeho šírka. Potom povrch anomálneho telesa, ako potvrdzujú aplikácie Parkerovej teórie (L. R. Parker 1975), nemôže ležať hlbšie ako 9 km. Anomálnym telesom môžu prípadne byť horniny neogénnej molasy.

Obrátenú úlohu riešil jeden z autorov (Č. Tomek v spolupráci so Švančarom) na profile Bardejovské Kúpele — Zdynia (obr. 3). Ak sa táto metóda využíva pri viacerých geologických telesách, zväčša neprináša pozitívne výsledky. Profil, ktorý sme spracovali, je výnimkou. Magurský príkrov dosahuje v študovanej oblasti najmenej 4,5 km hĺbku (na základe seizmického profilu 4/73). Hustotne je extrémne homogénny (podľa hodnôt z vrtu Zboj-1 a vrtov v západnej časti flyšového pásma má od hĺbky 1,5—2 km hustotu $2,7 \cdot \text{cm}^{-3}$),



Obr. 2. Mapa trendov tiažového poľa
Fig. 2. Map of the gravity field trends

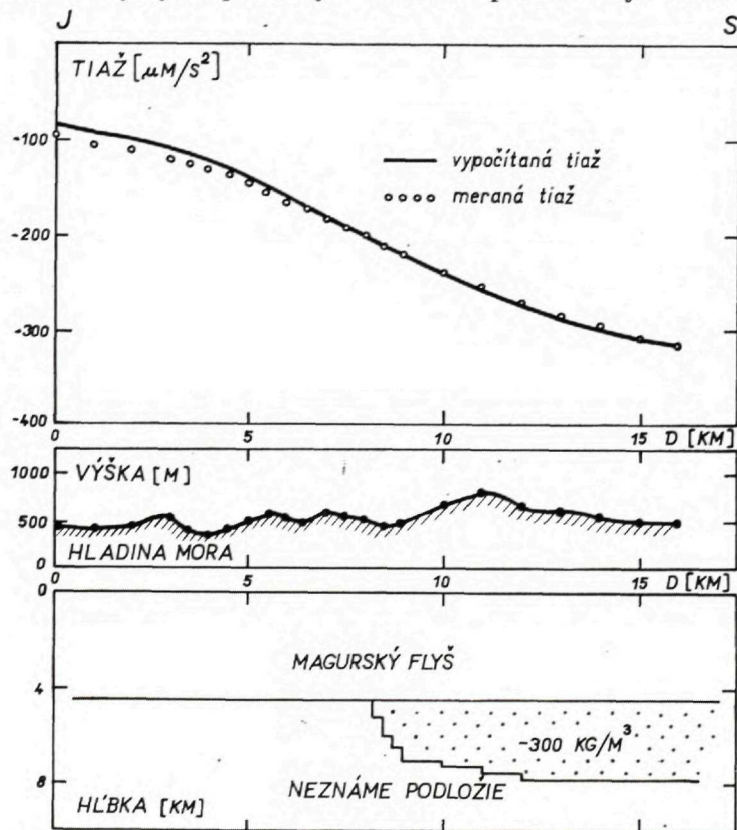
a preto riešenie úlohy prakticky neovplyvňuje. Navyše sú jeho štruktúry na gradient kosé a veľmi ho neovplyvňujú. Obmedzenia, ktoré sme spomenuli, mnohoznačnosť výsledku obrátenej úlohy znižujú. Krivka (na obr. 3) na čs. území je vypočítaná z podrobnej mapy 1 : 25 00 a v poľskej časti územia interpolovaná z tiažovej mapy Poľska. Splynutie teoretickej a nameranej krivky, hlavne v kľúčovej a najcitlivejšej časti inflexného bodu, je uspokojivé. Priebeh krivky naznačuje, že pre teleso, ktoré má približne formu stupňa, za daných geologických a hustotných predpokladov najlepšie vyhovuje anomálna hustota $-0,3 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. Menšiu diferenčnú hustotu možno ťažko predpokladať. Pri diferenčnej hustote $-0,2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ by bol strop anomálneho telesa už v hĺbke 3,5–4,0 km, čo odporuje výsledkom seizmiky (porov. obr. 6). Ak počítame s vyššou diferenčnou hustotou (napr. $-0,4 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$), potom vrchná plocha telesa leží až pod 6,0 km. Táto diferenčná hustota však už nie je celkom reálna. Prikláňame sa preto k náhľadu, že riešenie na obr. 3 je v tejto fáze výskumu najpravdepodobnejšie a v území severne od Bardejova (severne od čiar Regetovka — Becherov) môže v podloží flyšu existovať anomálne ľahké teleso. Strop telesa by mal ležať v hĺbke okolo 5,0 km.

Anomálnym telesom môžu byť najskôr sedimentárne horniny s pórovitosťou asi 15 % a s hustotou $2,75 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. Takýmto mocným sedimentárnym komplexom pod flyšom je asi oligocénna až strednomiocénna molasa, cez ktorú sa vnútorné a vonkajšie Karpaty ako gigantický prikrovový blok presunuli na

konci karpátu a v bádene (štajerská fáza). Na základe tohto riešenia možno predpokladať, že na J od Regetovky a Becherova v oblasti smilnianskeho tektonického okna nie je hrúbka flyšu väčšia ako 5,0 km.

Ostatná časť územia patrí do tiažovej elevácie Potiskej nížiny, ktorá v severnom smere vyznieva. Postupné a pravidelné znižovanie hodnôt tiaže na SZ a S od maxima, ktoré leží južne od Humenného, svedčí o hlbinnom pôvode tejto anomálie. Pokles tiaže od kladného centra je zjavne pomalší v dvoch smeroch. Prvý prebieha na Stropkov a Svidník, odkiaľ pokračuje do oblasti smilnianskej elevácie, druhý je orientovaný na SSV od Humenného a Sniny. Tento chrbát prerušuje hlavná depresia medzi Humenným a Sninou, ale hneď za depresiou sa vynára známy sninsko-stakčinský chrbát s osou Hrabovec nad Laborcom — Zubné — Adidovce — Jalová. Sninsko-stakčinskú eleváciu môže vyvolávať alebo elevácia podložia alebo jeho diferencovaná hustota.

Skôr ako venujeme pozornosť opisu tiažového poľa vlastného flyšového pásma, pokladáme za nevyhnutné upozorniť na hustotu hornín magurského príkrovu a duklianskej jednotky. Mineralogická hustota flyšového pieskovca a ílovca je v rozmedzí 2,66—2,74 g. cm⁻³. Ťažšie sú pelity — ich hustota hodnotu 2,70 g. cm⁻³ zvyčajne presahuje. Hustota psamitov je veľmi stála —



Obr. 3. Modelové riešenie tiažového profilu Bardejovské Kúpele — Zdynia

Fig. 3. Solution model of the gravity profile Bardejovské Kúpele — Zdynia

2,69—2,70 g.cm⁻³. Rozdiely medzi mineralogickou hustotou pelitov a psamitov sú také nepatrné, že vo východoslovenskom flyši nemožno vyčleniť ani jednu anomálnu jednotku. Je preto pravdepodobné, že pre vznik menších tiažových anomálií vo flyšových komplexoch je určujúcim faktorom rozličná pórovitosť hornín. Lokálne tiažové anomálie sú výrazne pretiahnuté a v mape trendov (obr. 2) sú vyznačené ich osi.

Pre krynickú čiastkovú jednotku magurského príkrovu v Čergovských vrchoch sú na rozdiel od ostatných častí flyša charakteristické lokálne anomálie, ktoré so smerom flyšových štruktúr nesúhlasia. Relatívne ťažšie sú pieskovcové vrstvy a prejavujú sa lokálnymi kladnými anomáliami. Lahšie malcovské vrstvy vyvolávajú záporné anomálie (napr. na SV od Malcova).

Bystrická čiastková jednotka sa v tiažovom obraze prejavuje monotónne. Lineárne kladné a záporné anomálie sledujú priebeh flyšových štruktúr.

Račianska čiastková jednotka má v skúmanom území najväčšie plošné rozšírenie. Výrazne sa znižuje v smere od SZ na JV. Tiažové pole jednotky je, podobne ako jej hustota, veľmi homogénne. Krátkovlnové anomálie, ktoré sú odrazom flyšových komplexov, sledujú smer antiklinálnych a synklinálnych pásiem. Významné kladné anomálie sú medzi Zborovom a Svidníkom, medzi Ladomirovou a Hrubovom a pokračujú na Sninu. Táto kladná zóna sa v smere na V spája so sninsko-stakčinským chrbtom. Elevácia Zborov—Svidník sa

Obr. 4. (B. Leško — O. Samuel 1968): Geologická mapa východoslovenského flyšu

1 — krosnianske, menilitové (smilnianske) a papínske súvrstvie; 2 — podmenilitové („hieroglyfové“) súvrstvie; 3 — pieskovce Veľkého Bukovca, cisnianske a „inoceramové“ súvrstvie; 1—3 — duklianska jednotka; 4 — malcovské súvrstvie, globigerinové sliene a pestré pelity; 5 — zlínske súvrstvie; 6 — makovické súvrstvie; 7 — lackovské súvrstvie; 8 — strihovské súvrstvie; 9—10 — belovežské súvrstvie; 4—10 — magurský príkrov; 11 — malcovské súvrstvie; 12 — pestré pelity, súľovské zlepenice, pročské súvrstvie; 13 — pestré sliene, slienovce, ílovce (púchovský vývoj), flyšové vrstvy; 14 — jurské vápence; 11—14 — paleogén a mezozoikum pienidného bradlového pásma; 15 — sedimenty východoslovenskej neogénnej molasy; 16 — neovulkanity; 17 — línia okraja magurského príkrovu; 18 — línia nasunutia bradlového pásma; 19 — tektonické línie rozličného druhu; 20 — angulárno-diskordantný styk menilitovo-krosnianskej sedimentácie v magurskom flyšovom a v bradlovom pienidnom pásme; 21 — hranica medzi jednotlivými stratigraficko-litologickými členmi; 22 — smer a úklon vrstiev s označením podložja; 23 — smer geologického profilu; 24 — hlboké oporné vrty realizované a projektované

Fig. 4. Geological map of the East Slovakian flysch (B. Leško — O. Samuel 1968). Explanations: 1 — Krosno, Menilite (Smilno) and Papín member, 2 — Submenilite ("hieroglyph") member, 3 — sandstone of the Veľký Bukovec, Cisna and "Inoceramus" member (1—3 the Dukla unit), 4 — Malcov member, Globigerina marl and variegated pelite, 5 — Zlín member, 6 — Makovica member, 7 — Lackov member, 8 — Strihov member, 9—10 — Beloveža member (4—10 the Magura nappe), 11 — Malcov member, 12 — variegated clay, the Súľov conglomerate, Proč member, 13 — variegated marl, marlstone, claystone (the Púchov development), flysch beds, 14 — Jurassic limestone (11—14 — Paleogene and Mesozoic of the Pieniny klippen belt), 15 — sediments of the East Slovakian Neogene molasse, 16 — neovolcanite, 17 — limits of the Magura nappe, 18 — thrust line of the klippen belt, 19 — tectonic lines of several importance, 20 — angular unconformity of the Menilite-Krosno sedimentation in the Magura flysch belt and Pieniny klippen belt, 21 — limits of stratigraphical and lithological units, 22 — strike and dip of strata with indicated underlier, 23 — direction of the geological profile, 24 — deep reference drill-holes realized and projected

viaže na južný okraj elevácie smilnianskeho tektonického okna. Zápornú anomáliu Bardejov — Hažlín môžu vyvolávať ľahšie, malcovské vrstvy.

Hranica medzi magurským prikrovom a duklianskou jednotkou sa v tiažovom obraze neprejavuje. Najvýznamnejším tiažovým prvkom v duklianskej jednotke je kladný sninsko-stakčinsky chrbát. Môže reprezentovať, ako sme už spomenuli, eleváciu podložja, ale iba jeho kladnú anomáliu hustoty. Je takmer pravidlom, že sa menšie kladné anomálie viažu na podmenilitové vrstvy, ktoré sú v duklianskej jednotke horizontom s kladnými hustotami. Záporným prvkom z hľadiska hustoty sú lupkovské a cisnianske vrstvy. Spodnooligocénne čergovské vrstvy sa prejavujú lokálnymi zápornými anomáliami.

Pri hodnotení lokálneho tiažového poľa treba spomenúť aj územie na juh od bradlového pásma. V severozápadnej oblasti je čiastková pozdĺžna elevácia pri Lipanoch a depresia v smere Plaveč — Kamenica. Tieto anomálie môžu mať pôvod vo variabilnosti hustoty centrálnokarpatského paleogénu. Výbežok hlavnej tiažovej anomálie humenského mezozoika pokračuje na ZSZ od Strážskeho. Severne od tejto elevácie je nevýrazná, ale široká depresia, ktorú pri Hanušovciach prerušuje význačná pripovrchová kladná anomália.

Bradlové pásmo sa prejavuje iba nevýraznými pripovrchovými krátkovlnovými kladnými i zápornými anomáliami, ktoré jeho hlbinnú povahu nepotvrdzujú.

2. Refrakčná seizmika

Refrakčnoseizmické merania vo východoslovenskom flyšovom pásme sa vykonali v pomerne veľkom rozsahu. Materiály získané touto metódou nemožno korelovať s konkrétnymi hlbinnými geologickými údajmi (výnimkou je hlboký vrt Zboj-1), a preto je interpretácia refrakčnej seizmiky veľmi zložitá. V ostatných rokoch sa dvakrát nezávisle prepracovali základné materiály (G. Plíva 1976, A. Wojs et al. 1977). Preto sa sústreďíme na všeobecnú problematiku refrakčnoseizmických meraní vo vzrásnených oblastiach hlavne vo vzťahu k výsledkom vrtu Zboj-1 (na území ČSSR) a vrtu Černogolovo-1 (na území Zakarpatskej oblasti USSR).

Seizmicko-geologické podmienky v intenzívne vzrásnených flyšových Karpatoch sú veľmi zložené. Prejavujú sa komplikáciami pri identifikácii a korelácii jednotlivých typov vln. Pri malých rozdieloch zdanlivých rýchlostí refragovaných a lomených vln je ich ťažko jednoznačne rozlíšiť. Komplikovaná geologická stavba v seizmickom materiáli sa prejavuje aj v priebehu hodochrón refragovaných vln na jednotlivých odpaloch, difrakciou, častou nerovnoběžnosťou hodochrón čelných vln a útlmom energie užitočných vln. Ťažkosti s koreláciou a rozlíšením užitočných vln sa odrážajú v rozličnom spôsobe ich interpretácie. Na prvom profile sa v bádanej oblasti (1 R/70) za autochtónne podložie flyšu pokladalo relatívne plytké rozhranie s $V_H = 4500\text{--}5520$ m/s (Hrdlička et al. 1971). Ďalšie spracovanie seizmických materiálov (M. Mokovský in J. Jarý et al. 1972) kládlo hranicu flyš — podložie na rozhranie s hodnotou $V_H = 5300$ m/s. Súčasne sa konštruovalo hlbšie rozhranie ($V_H = 5800$ m/s), ktoré by podľa hodnôt z vrtu Cisowa-1 (PER) zodpovedalo reliéfu prekambria alebo reliéfu karbonátových komplexov. Zdôrazňujeme, že túto aj neskoršiu interpretáciu ovplyvnil nedostatok poznatkov o fyzikálnych parametroch z hlbšie ležiacich flyšových útvarov.

Hlboký vrt Zboj-1 ukázal, že sa fyzikálne vlastnosti hlbších flyšových útvarov od parametrov použitých pri spomenutých interpretáciách výrazne odlišujú. Hodnoty hustoty a rýchlosť šírenia elastických vln sú vyššie. Vrt dokázal aj to, že rozhranie s $V_H = 5300$ m/s leží uprostred monotónneho flyšového komplexu vrchnokriedových a eocénnych vrstiev duklianskej jednotky. Hlbšia hranica ($V_H = 5800$ m/s) zodpovedá hĺbke 3600 m, v ktorej je vo vrte výrazná litologická zmena — vrchnokriedový eocénny flyš s prevahou ílovca leží nad súvrstvím s kremeňovým pieskovcom a čiernym nevápnitým ílovcom.

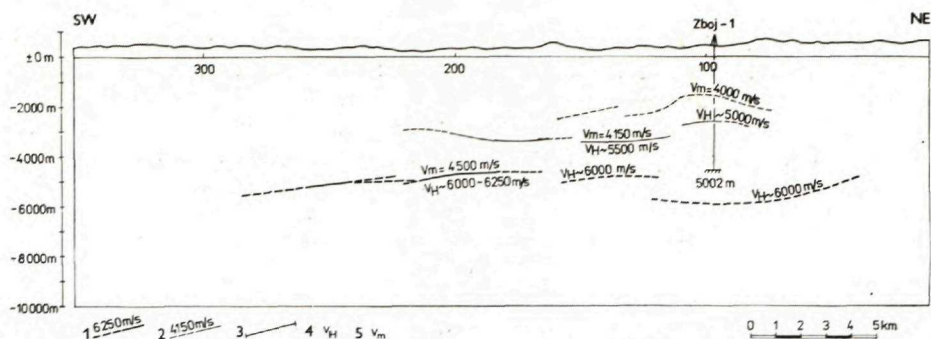
Z uvedeného vychodí, že pri súčasnom stave vedomostí o fyzikálnych vlastnostiach hlbších flyšových komplexov možno s hranicou flyšu a jeho podložia spájať iba hodnoty V_H vyššie ako 6000 m/s. K podobným záverom sa v analogickej geologickej situácii prikláňajú sovietski a poľskí geológovia.

Refrakčné seizmické profily bádanej oblasti sa nedávno komplexne prehodnotili (G. Plíva 1976). Výsledkom je poznatok, že vo flyši východného Slovenska možno počítať iba s jednou lomenou vlnou, ktorá by mohla zodpovedať podložíu flyšu. V práci (l. c.) sú však prvky (napr. na križovatkách profilov nesúhlasné hĺbky; anizotropia hraničných rýchlostí v priečnych a pozdĺžnych smeroch), ktoré jednoznačnosť uvedeného riešenia znižujú. Poľská seizmická skupina súčasne pracovala na predĺžených starších profiloch a prehodnotila všetky profily (A. Wojaś et al. 1977). Porovnali sme výsledky a konfrontovali s doterajšími poznatkami vrtu Zboj-1 i s novým prístupom k riešeniu refrakčnej seizmiky v poľských flyšových Karpatoch. Výsledkom sú niektoré odporúčajúce si závery. Na účely tejto práce sme prehodnotili tieto tri profily: 1 R/71, 72; 8 R/74, 76; 10 R/74, 76 (obr. 5, 6, 7). Zo spracovania opäť vyplýva, že sa v celej oblasti prejavuje jedna vlna, ktorú možno najskôr pokladať za lomenú vlnu vznikajúcu na povrchu podložia flyšu s hraničnou rýchlosťou 6000—6250 m/s. Jej priebeh vyznačujeme na profiloch hrubou čiarou. Na spracovanie sme použili extrapolovanú strednú rýchlosť 4500 m/s.

Oblasť východoslovenského flyšu charakterizujú popri základnej, od flyšu ako celku refragovanej vlny, ďalšie refragovane lomené vlny. Napr. na profile 1 R/71, 72 v okolí vrtu Zboj-1 je vlna s $V_H = 5000$ m, ktorá v hĺbke asi 2 km tvorí klenbu. Ďalšej refragovane lomenej vlne pri vrte Zboj, s $V_H = 5500$ m/s, zodpovedá rozhranie v hĺbke asi 3 km. Vlna s $V_H = 5500$ m/s sa vyskytuje aj na profile 10 R/74, 76 a podobné vlny sa zaregistrovali na všetkých profiloch. Z porovnania týchto dát s údajmi seizmokatolíže, fyzikálnymi vlastnosťami prevrtávaných hornín a s geologickým profilom vrtu Zboj-1 vychodí, že indikujú fyzikálne rozhrania vnútri flyšu.

Refrakčné rozhranie v hĺbke 2000 m na vrte Zboj-1 zodpovedá skoku vrstvových rýchlostí zo 4000 m/s na 4400 m/s. Aj druhé refrakčné rozhranie, s hraničnou rýchlosťou $V_H = 5500$ m/s, odráža reliéf komplexu v intervale 2980—3480 m, v ktorom sa vrstvová rýchlosť zvyšuje na 5500 m/s.

Poznamenávame, že nové spracovanie materiálu nepotvrdilo anizotropiu hraničných rýchlostí. Podľa nášho náhľadu interpretáciu A. Wojaś et al. (1977) ovplyvňujú tieto faktory: Nie vždy dôsledné nadviazanie hlavnej lomenej vlny (priradili sa k nej aj refragované lomené vlny s vyššou hraničnou rýchlosťou, napr. profil 10 R/74, 76). Autor (l. c.) použil strednú rýchlosť 4150 m/s, ktorá podľa seizmokatolíže vrtu Zboj-1 zodpovedá zmene fyzikálnych parametrov v hĺbke 2900 m. Hodnota strednej rýchlosti flyšových súvrstiev do hĺbky 3480 m

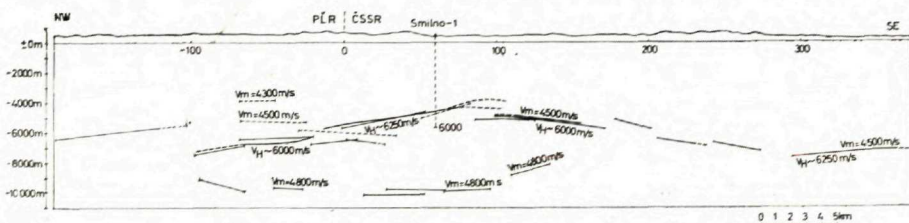


Obr. 5. Refrakčnoseizmický rez 1 R/71, 72

1 — refrakčné rozhranie, 2 — refragované refrakčné rozhranie, 3 — reflexné rozhranie, 4 — hraničná rýchlosť, 5 — stredná rýchlosť

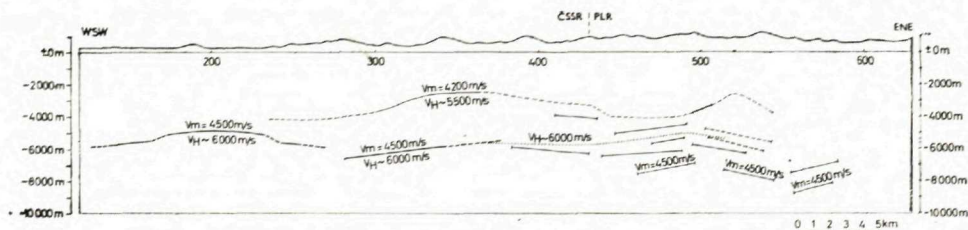
Fig. 5. Refraction—seismic profile 1 R/71, 72

Explanations: 1 — refraction boundary, 2 — refracted refraction boundary, 3 — reflection boundary, 4 — limit velocity, 5 — average velocity



Obr. 6. Refrakčnoseizmický rez 8 R/74, 76

Fig. 6. Refraction—seismic profile 8 R/74, 76



Obr. 7. Refrakčnoseizmický rez 10 R/74, 76

Fig. 7. Refraction—seismic profile 10 R/74, 76

je 4300 m/s a to podmienilo extrapoláciu strednej rýchlosti predpokladaného reliéfu flyšového podkladu na hodnotu 4500 m/s.

Na záver tejto problematiky treba spomenúť, že hlboké refrakčné rozhranie s hodnotami hraničnej rýchlosti 6000—6250 m/s v rámci prvej pracovnej hypotézy pokladáme za podložie flyšových útvarov.

Niektoré okolnosti, napr. dynamika a zložitá kinematika tejto vlny, spolu s existenciou miernej zbíhavosti hodochrón na väčšie vzdialenosti, svedčia o slabšej refrakcii vlny. Refrakciu možno vysvetľovať tak, že v hĺbkach tohto

rozhrania je skoková zmena rýchlostí, ktorú vyvoláva alebo podložie flyšu, alebo aj hlbšie ležiaci komplex flyšu s odlišnými fyzikálnymi vlastnosťami. Rýchlosť šírenia elastických vln v hrubšom komplexe by potom mala byť väčšia ako vo vrstvách, ktoré zachytil vrt Zboj-1 pod hĺbkou 3800 m. Navyše vrstvy tohto komplexu by mali byť podstatne menej porušené tangenciálnou tektonikou. Tento jav možno vysvetliť aj tak, že sa predpokladá podstatné zmenšenie gradientu rýchlostí, obdobne, ako sa prejavujú aj vyššie rozhrania. Posledná možnosť sa dá interpretovať dvojako: V prvom prípade tento rýchlostný komplex pokračuje aj do väčšej hĺbky a priebeh rozhrania zodpovedá hrúbke prostredia so zvýšeným gradientom rýchlostí. V druhom prípade by pod týmto komplexom existovalo prostredie inverzných rýchlostí, ktoré ešte presnejšie identifikovať nemožno.

Prikláňame sa k náhľadu, že hlboké refrakčné rozhranie zodpovedá reliéfu flyšového podkladu. Svedčia o tom aj výrazné reflexy v materiáloch vlnových polí refrakčne seizmického merania, ktoré sú v blízkosti refrakčného rozhrania a v jeho podloží. Predpoklad je zároveň v súlade s výsledkami migrovaných reflexnoseizmických profilov, ktoré sa v študovanej oblasti odmerali. V podloží hlbokého refrakčného rozhrania s $V_H = 6000\text{--}6250$ m/s sa v refrakčných materiáloch v hĺbke 8—10 km zistili veľmi výrazné reflexy. Tie sa v geofyzikálnej praxi vzhľadom na výraznú dynamiku a nízku frekvenciu všeobecne zaraďujú do povrchu kryštalinika.

3. Reflexná seizmika

Použitie reflexnoseizmických meraní vo flyšovom pásme Karpát má podobný vývoj ako aplikácia refrakčnej seizmiky. Na styku Karpát s východoeurópskou platformou (t. j. v oblasti menšej hrúbky Karpát presunutých cez čelnú predhlbeň) sa už metódou jednoduchého prekrytia získali dobré výsledky, najmä pri sledovaní hranice neogénu a jeho podložia.

Zisk užitočného signálu z jednoduchého prekrytia sa v smere do vnútra Karpát znižuje a pri 2—3 km hrúbke flyšových hornín prakticky mizne. Materiál, ktorý registrujeme, je veľmi zložitý. Interferencia, časté prejavy difragovaných vln, silný útlm energie, ako aj neprítomnosť odrážajúcich horizontov, ktoré by sa dali sledovať na väčšie vzdialenosti, sú prejavom intenzívnej vrásovej a zlomovej tektoniky.

Metóda smerovo riadeného príjmu (RNP) bola v porovnaní s klasickou metódou efektívnejšia. Pri pokusných prácach sa južne od Stropkova a medzi Adidovcami a Zubným, južne od Papína, z račianskej jednotky magurského flyšu získalo množstvo odrazených elementov, a to do hĺbky okolo 2 km. Hlbšie, v dôsledku útlmu, užitočné signály miznú.

A. P. Samojluk a i. sledovali metódou RNP tektonické zóny a detailnejším porovnávaním s výsledkami klasickej metódy sa zaoberal M. Madej et al. (1974). Spôsob smerovo riadeného príjmu dovolil autorom interpretovať oveľa väčší počet odrážajúcich prvkov. Poukazujú však na okolnosť, že geologickú identifikáciu týchto prvkov sťažuje nedostatok konkrétnych údajov. Reflexné plošky, ktoré títo autori interpretovali na grafických prílohách, znázorňujú hlavne vrstvomé (?) elementy so sklonom na J. Sklon vrstiev na S, ktorý vo vrásnených súvrstviach flyšu iste existuje, na niektorých profiloch nie je registrovaný, na iných je zaregistrovaný iba v malej miere.

Podobný charakter reflexnoseizmického materiálu sme získali aj na čs. území na profile 3/71 (profil je súbežný s profilom 1 R/71, 72, porov. obr. 1) pri analógovej registrácii. Číslicové spracovanie tohto profilu výrazne zlepšilo celkový materiál do reflexných časov okolo 3 s, ukázalo veľký počet reflexných údajov, ktoré sú však navzájom silne interferenčné. Z materiálu možno usudzovať, že vlnový odraz je výsledkom superpozície viacerých energeticky vyrovnaných reflexných aj difrakčných elementov.

Metóda SRB sa vo východoslovenskom flyši použila na krátke (rekognoskačné) profile s cieľom overiť jej účinnosť v zložitých seizmicko-geologických podmienkach flyšového pásma. Základný materiál z profilov ukázal, že ich vrchná časť (asi do 2,0—2,4 s), ak ju porovnáme s metódou jednoduchého prekrytia, má viac dynamicky výrazných reflexov. Výsledky však majú interferenčný charakter. Smerom k vyšším časom sme zaznamenali úbytok výrazných reflexov. Na pozadí energeticky vyrovnaného zápisu sa vyskytujú kratšie aj dlhšie úseky užitočnej energie. Pri zaužívanom spôsobe spracovania hĺbkových rezov je objektívnosť interpretácie problematická. Preto sme všetky údaje z profilov spracovali metódou váženého difrakčného sumovania — migráciou, ktorá dovoľuje vyčleniť korelovateľné úseky odrazených vln, znižuje šum i efekt difragovaných vln.

Zložité seizmologické podmienky a iba orientačná znalosť rýchlostných pomerov vo východoslovenskom flyši nás vedú k tomu, aby sme aj tento variant spracovania pokladali za pracovnú hypotézu, za prvý zdokonalený variant základného spracovania.

Další faktor, ktorý interpretáciu výsledkov reflexnej seizmiky limituje, je nespôsobilosť registrovať väčšie sklony reflexných elementov (do času 1,5—2 s nad 55—60°, do času 4 s asi 40—50°).

Analýza a pozorovanie materiálov študovaného územia s inými flyšovými oblasťami ukazuje, že celý rad dynamicky výrazných rozhraní zodpovedá najskôr tektonickým plochám. Ale tieto kritériá jednoznačne nehovoria v prospech zaradenia jednotlivých reflexov do tektonických či zvrstvených plôch. Interpretácia vychádza skôr z celkovej analýzy a do veľkej miery ju ovplyvňuje subjektívny náhľad interpretátora.

Na materiáloch, ktoré sme interpretovali, možno odlíšiť vrchnú, komplikovanejšiu časť. a spodnú, relatívne pokojnejšiu, s menším počtom reflexných elementov. Ďalej na profiloch vidieť, že celkový útlm energie sa zväčšuje s rastom reflexných časov. Aj keď je útlm energie vo vzťahu k hĺbke všeobecný, hrúbka vyššieho komplexu býva rozličná. Najvyššiu hrúbku má na profile 3/75 (oblasť Zboja) a profile 17/75, najmenšiu hrúbku, a teda aj štruktúrne najvyššie sa hranica oboch komplexov prejavuje v oblasti smilnianskeho tektonického okna a v severnom okolí Stakčína. Napriek menším rozdielom vychodiacim hlavne z nepoznania rýchlosti šírenia elastických vln možno všeobecne nájsť koreláciu medzi refrakčným rozhraním s $V_H = 6000\text{--}6250$ m/s a po- vrchom hlbšieho, menej zložitého komplexu.

Prikláňame sa k náhľadu, že toto hlboké refrakčné rozhranie zodpovedá reliéfu flyšového podkladu. Vedie nás k tomu aj prítomnosť spomenutých reflexov v materiáloch refrakčného merania.

Ale ani tak nemožno vylúčiť, že toto seizmické rozhranie vzniká na styku dvoch flyšových komplexov. Potom by sa hlbší komplex litologicky výrazne odlišoval, t. j. rýchlosť šírenia elastických vln by musela byť podstatne väčšia

v eocénnych vrstvách zastihnutých vrtom Zboj-1 v hĺbke 3800—5002 m. Okrem toho by súvrstvie komplexu bolo tangenciálnou tektonikou porušené oveľa slabšie.

Prínos geofyzikálnych metód k poznaniu geologických pomerov

Gravimetrická metóda aj napriek zložitej problematike hustotných nehomogenít vnútri flyšových útvarov pravdepodobne odráža hlavné morfológické prvky podložia flyšu a najvýraznejšie zmeny v jeho hustote (porov. E. Menčík 1963, A. Šutor — V. Čekan 1965 a i.). Jej prínos pre poznanie geologickej stavby oblasti je v tom, že upozorňuje na netradičný pôvod zdroja regionálnej karpatskej zápornej anomálie tiaže. Ďalej dokumentuje, že flyšová supraštruktúra a štruktúry podložia sú navzájom kolmo orientované a štruktúry podložia flyš neovplyvňujú. Pozitívne anomálie veľkých rozmerov (Zborov — Svidník, sninsko-stakčinský chrbát) môžu byť alebo odrazom elevácie podložia, alebo signalizujú prítomnosť más v podloží. Plošne menšie anomálie sú odrazom inhomogenosti flyšových súvrství.

Význam údajov vertikálnej magnetickej intenzity nie je doteraz celkom jasný. Obdobne ako pri hustote hornín sa aj pri magnetických susceptibilitách zistilo, že pelity lupkovských vrstiev intervalu 1600—2800 m vrtu Zboj-1 vykazujú čiastočne zvýšené hodnoty. Potom aj anomálie vertikálnej magnetickej intenzity zodpovedajú vyrovnaniu alebo narastaniu mocnosti komplexu hornín so zvýšenými hodnotami magnetických susceptibilit. Okrem toho môže ísť aj o anomálie podmienené rozličnou susceptibilitou podflyšových komplexov.

Celková analýza refrakčnoseizmických meraní spolu s výsledkami ďalších geofyzikálnych metód a doterajšími výsledkami vrtu Zboj-1 priniesla závažný poznatok, že za hranicu flyšu a jeho podložia možno pokladať iba refrakčné rozhrania s V_H vyššími ako 6000 m/s. Ak predpokladáme, že rozhranie s $V_H = 6250$ m/s patrí podloziu flyšu, potom toto podložie v elevovaných oblastiach pri Stakčine a pri smilnianskom tektonickom okne leží v hĺbke asi 5 km. V depresných zónach sa ponára do 8 km. Ak spomínané rýchlostné rozhranie zodpovedá styku dvoch flyšových komplexov, ktoré sa odlišujú litológiou i tektonickým postihnutím, aj tak indikuje elevačnú stavbu hlbokých štruktúrnych etáží flyšu.

Reflexná seizmika potvrdila väčšie tektonické porušenie vrchnej štruktúrnej etáže flyšu (do 2500—3000 m) a pokojnejšie tektonické formy hlbších štruktúr, čo dokázal aj vrt Zboj-1 (5000 m). Reflexy, ktoré vo vrásovom flyši zaznamenávame, odrážajú vrstvomové plochy aj tektonické zóny.

Výsledky dokazujú, že podložie vrásneného flyšu je imbrikované, ale v seizmických materiáloch sa prejavuje relatívne pokojným uložením reflexných elementov.

Geologická charakteristika podložia

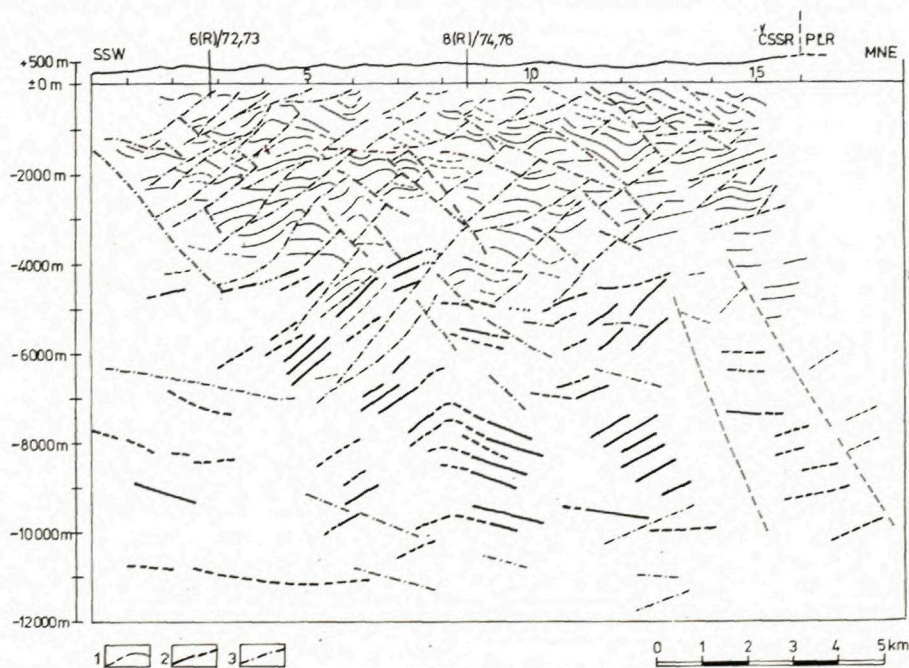
Ak sa kriticky zhodnotia všetky poznatky v kontexte vývoja Západných Karpát, možno vlastnosti fundamentu flyšového pásma a jeho geologické pomery charakterizovať takto:

Tektonické podložie flyšového pásma v priestore magurského a duklianskeho prikrovu nie je doteraz v celom úseku čs. Karpát známe. Keďže o jeho

litologicko-stratigrafickom obsahu a tektonickej príslušnosti sú iba nepriame dôkazy, má naša interpretácia povahu hypotéz a teoretických úvah.

Flyšové prikrovy sa všeobecne pokladajú za masy transportované na veľkú vzdialenosť, ktorých koreňové časti nie sú známe. Ich transport sa odhaduje na 150—200 km smerom na S, pričom sa z časového hľadiska presun más odohrával v niekoľkých etapách, a to vo vrchnom eocéne, v oligocéne — spodnom miocéne a v bádene. Z. Roth (1974) odhadol transport flyšových más v západnej časti flyšových Karpát v bádene na 40 km. Príčiny, ktoré vyvolali ich pohyb a transport, boli v skracovaní a pohlcovaní okrajových častí severoeurópskej platformy v hlbších etážach zemskej kôry. Takýmto procesom sa flyšové prikrovy postupne dostali na viacej alebo menej tektonicky postihnutý povrch platformy.

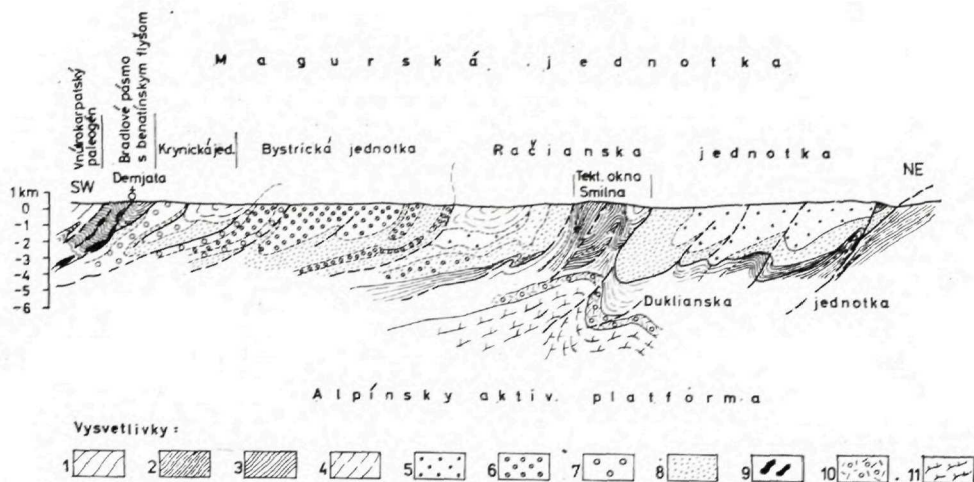
Z paleogeografického hľadiska sa prijíma názor, že bradlové pásmo a magurské flyšové pásmo patria do vonkajšej, severnej časti karpatskej eugeosynklinály (Z. Prey 1974), ale sliezska (duklianska), podslezska a ďalšie vonkajšie jednotky flyšového pásma sa vyvinuli na okraji platformy, a teda vo svojom vrchnom vekovom rozsahu už na miogeosynklinálnej časti karpatskej geosynklinály (porov. B. Lešek 1978). Z toho vyplýva, že ak boli tieto jednotky premiestnené na platformu z veľkej vzdialenosti, ich pôvodná kore-



Obr. 8. Hĺbkový rez reflexnoseizmického profilu 4/72 (migrovaný)

1 — reflexné rozhranie vrchného komplexu, 2 — reflexné rozhranie spodného komplexu, 3 — interpretované tektonické línie

Fig. 8. Deep section of the reflection—seismic profile 4/72 (migrated). Explanations: 1 — reflection boundary of the upper complex, 2 — reflection boundary of the lower complex, 3 — interpreted tectonic lines



Obr. 9. Geologický profil flyšového pásma v priestore smilnianskeho tektonického okna a reflexnoseizmického profilu 4/72

1 — krosníanske menilitové a papínske súvrstvie, 2 — podmenilitové („hieroglyfové“) súvrstvie, v bradlovom pásme pročské súvrstvie, 3 — pieskovce Veľkého Bukovca, inoceramové, cisnianske, lupkovské a v bradlovom pásme púchovské súvrstvie, 4 — malcovské súvrstvie, 5 — zlínske a makovické súvrstvie, 6 — lackovské súvrstvie, 7 — strihovské súvrstvie, 8 — belovežské súvrstvie, 9 — jurské vápence bradlového pásma, 10 — paleogénne a miocénne súvrstvie platformného vývoja, 11 — paleozoikum a mezozoikum platformy.

Fig. 9. Geological profile of the flysch belt in the area of the Smilno tectonic window and the reflection—seismic profile No. 4/72. Explanations: 1 — Krosno, Menilite and Papín member, 2 — Submenilite („Hieroglyph“) member, Proč member in the Pieniny klippen belt, 3 — sandstone of the Veľký Bukovec, Inoceramus, Cisna, Lupkov member, Púchov member in the Pieniny klippen belt, 4 — Malcov member, 5 — Zlín and Makovica member, 6 — Lackov member, 7 — Strihov member, 8 — Beloveža member, 9 — Jurassic limestone of the Pieniny klippen belt, 10 — Paleogene and Miocene of the platform development, 11 — Paleozoic and Mesozoic of the platform development

ňová oblasť zostala v tyle, a preto na nej dnes môžu čiastočne ležať elementy eugeosynklinálnych zón čiže bradlové a magurské flyšové pásmo.

Seizmický obraz na profiloch R 8/75, 76, 4/72 a ďalších v hĺbke približne pod 4500 m na štruktúrne vyvýšených oblastiach severovýchodného Slovenska sa vyznačuje kvalitatívnym prejavom seizmických vln. Ako sme už uviedli, pripisujeme ho odrazu neflyšového prostredia. Za predpokladu, že je naša analýza správna, môžu fundament flyšových príkrovov v hĺbke pod 4000—5000 m tvoriť paleozoické a mezozoické sedimenty platformného vývoja, ktoré v dôsledku alpínskej aktivizácie boli v oligocéne — miocéne, a najmä v bádene počas príkrovového formovania vonkajších flyšových pásiem inkorporované do karpatskej vrásovej sústavy. Stupeň alpínskej tektonickej angažovanosti sa zo seizmického obrazu spoľahlivo určuje ťažko, pretože prvky s veľkými úklonmi reflexné vlny verne nezaznamenávajú. Avšak hlbinný seizmický obraz v 9—14 km (napr. na profile 4/72) signalizuje alpínsky tektonický zásah až do kryštalinika severoeurópskej platformy. V Alpách vytvára analogické pásmo

tektonicky angažovanej platformy s miogeosynklinálnym vývojom mezozoika a paleogénu grandióznu zónu helvétskych príkrovov a vrásky dofinského pásma (porov. R. Trümpy 1970 a J. Debelmas 1974).

Litológico-stratigrafický obsah fundamentu flyšových príkrovov v našej oblasti v zmysle opísanej geologickej úvahy môžu tvoriť analogické kryštálicko-sedimentárne horniny predkambria a paleozoika, aké sú známe napr. z vrtu Cisowa-1 v Poľsku. Mezozoické sedimenty by mohol reprezentovať detritický, organogénny a gravelový vápenec, slieň a ílovec. Paleogén až (?) spodný miocén od línie Bardejovské Kúpele — Regetovka smerom na SZ—S a SV môžu reprezentovať flyšoidné a molasové sedimenty budujúce čelnú predhlbeň ukrajinských a rumunských Karpát. Hrúbka uvedených sérií sa v podmienkach tektonickej angažovanosti určuje ťažko, ale na elevovaných častiach (Stakčín—Humenné, Zborov—Smilno a pod.) je pravdepodobne v rozpätí 4500 až 12 000 m.

Doručené 21. 9. 1978

Odporučil M. Maheľ

LITERATÚRA

- Bojko, V. N. — Kruglov, S. S. — Sasin, G. G. — Černobrovov, V. V. 1976: Geológia a nerastné suroviny flyšovej zóny sovietskych Karpát. Mineralia slov. 8, s. 407—418.
- Čekunov, A. V. 1970: Pannonsko-volynskij poperečnyj progib v Vostočnych Karpatach. Geofiz. sbor., Kiev.
- Debelmas, J. et al. 1974: Géologie de la France. Vol. II. Paris, p. 387—442.
- Dolenko, H. N. — Danilovič, L. G. 1976: Novoje učenije o geosinklinalach i jeho priminenije k Ukrajinskim Karpatam. Geol. zbor. Slov. akad. vied, 27, s. 1—9.
- Grant, F. S. — West, G. F. 1965: Interpretation theory in applied geophysics. New York, Mc Graw Hill Book C.
- Ibrmajer, J. — Doležal, J. 1962: Souborné zpracování a interpretace gravimetrických měření ve flyšové oblasti ČSSR. Sbor. prací Úst. užité geof. Praha.
- Jariš, M. S. — Turčanenko, N. T. — Zajac, Ch. B. 1969: Glubinoje strojenije Karpat i sopredeľnych regionov po profilu Čop — Rudki — Gorochove — Luck — Voronicka. In: Geofizičeskije issledovanija na Ukrajině. Kiev, Technika.
- Jarý, J. — Kadlečík, E. — Mořkovský, M. et al. 1973: Zpráva o seizmickém průzkumu východoslovenského flyše — profily RS-1/R/72, 4/72. Manuskript — GÚDŠ Bratislava.
- Jarý, J. — Mořkovský, M. 1975: Současný stav, problematika a možnosti geof. průzkumu ve flyši vých. Slovenska. Sbor. 6. celost. konference geofyziků, Plzeň.
- Koráb, T. — Ďurkovič, T. 1973: Sedimentológia a paleogeografia podmienilových vrstiev dukelskej jednotky. Geol. práce, Spr. (Bratislava), 60, s. 85—119.
- Leško, B. 1978: Perspektíva ropy a zemného plynu v mimopanvových oblastiach Záp. Karpát. (Časť hl. referátu II. celošt. naftársko-geol. konferencie v Gottwaldove.) Manuskript — GÚDŠ Bratislava.
- Leško, B. — Mořkovský, M. 1975: Príspevok ku geológii podložia východoslovenských flyšových Karpát. Geol. práce, Spr. (Bratislava), 64, s. 219—236.
- Leško, B. — Samuel, O. 1968: Geológia východoslovenského flyšu. Bratislava, SAV, 245 s.
- Maheľ, M. — Rejman, I. — Samojluk, A. — Utazsew, W. 1974: Ocena možnosti metod refleksyjnych do badania utworów flizsu v Karpatoch Polskich. Geofiz. Geol. naft., 7—8.
- Marschalko, R. — Koráb, T. 1975: Postavenie východoslovenského flyšu v karpatskom oblúku. Mineralia slov., 7.

- Menčík, E. 1963: Naftové-geologický výzkum a zhodnocení karpatského flyše. Manuskript — Geofond Bratislava.
- Nemčok, J. 1978: Deformácia flyšových sedimentov ako odraz dynamiky podložia. Záp. Karpaty, sér. geológia 3, s. 35—58.
- Parker, R. L. 1974: Best bounds on density and depth from gravity data. Geophysics (Tulsa), 39, p. 644—649.
- Parker, R. L. 1975: The theory of ideal bodies for gravity interpretation. Geophys. J. Roy. astron. Soc. (Oxford), 42, p. 315—334.
- Píchová, E. 1976: Fyzikální vlastnosti hornin vrtu Zboj-1. Manuskript — Geofyzika Brno.
- Plíva, G. 1976: Reinterpretace refrakčně-seismických dat v oblasti východoslovenského flyše. Manuskript — Geofond Bratislava.
- Prey, S. 1974: External Zone. In: Tectonics of the Carpathian Balkan Regions. Bratislava, Geol. úst. D. Štúra, — UNESCO, p. 75—90.
- Roth, Z. 1974: The western sector of the outer Carpathians in Czechoslovakia. Tectonics of the Carpathian Balkan regions. Bratislava, p. 163—172.
- Samojluk, A. P. 1976: Głównie rysy budowy podłoża Zapadliska Przedkarpaciego i Karpat Ukrainskich.
- Ślaczka, A. 1975: Remarks on morphology of the substratum of the Polish Carpathians. X. Congr. CBGA. Section III. Bratislava, s. 281—290.
- Šutor, A. — Čekan, V. 1965: Regionální gravimetrický a geomagnetický průzkum v oblasti vých. Slovenska. Sbor. geol. věd, UG, 4.
- Tomek, Č. — Obr, J. 1975: Problémy separace potenciálních polí. [Zpráva PVÚ, Geofyziky, n. p., Brno.] Manuskript — Geofond Praha.
- Wojas, A. et al. 1977: Refrakčněseismický prieskum vo východoslovenskom flyši. [Výročná správa PPG, Warszawa.] Manuskript — Geofond Bratislava.
- Zajac, Ch. B. — Turčanenko, N. T. — Jariš, M. S. 1969: Seismogeologičeskie uslovija sz. časti Ukrainskich Karpat. Kiev, Technika.
- Bullard, E. C. — Cooper, R. I. B. 1948: The determination of the masses necessary to produce a given gravitational field. Proc. Roy. Soc. Lond., A 194, p. 332—347.
- Trümpy, R. 1970: Aperçu générale sur la géologie des Grisons. Extrait du „C. R. Sommaire des Sciences d. l. Soc. d. France“. Fasc. 9, pp. 330—364, 391—394. Gan.

The basement of the Flysch Carpathians in Eastern Slovakia as interpreted from geophysical measurements

B. LEŠKO — J. KADLEČÍK — M. MOŘKOVSKÝ — Č. TOMEK

Contributions of single geophysical methods to the present knowledge upon deep structures of the East Slovakian flysch belt are appraised.

Estimating so far achieved gravity measurements, the relation of the East Slovakian flysch belt to the course of the main Carpathian gravity minimum has been accurated. The main gravity minimum may be caused by a bulk of rock complexes having light densities (probably also elevated porosity) and occuring in relatively shallow depths. It was ascertained that structural belts of the Carpathians are here directed in oblique manner to main features of the gravity field.

Refraction seismic materials allow to interpret as main boundary the one having wave velocities $V_H = 6,000\text{--}6,250 \text{ ms}^{-1}$. This boundary was ascribed to the basement surface below the surficial Flysch Carpathians on a working

hypothesis base. In reflection seismic results, the boundary corresponds to a surface of two units manifesting pronounced different internal characteristics.

The geomagnetic field of the East Slovakian flysch belt appears as monotonous one and it contains only local anomalies. From characteristics of anomalies as well as from correlations to physical properties, a relation to changes of magnetic susceptibility may be deduced.

Achieved geophysical knowledge allows to predict the most probable lithological and stratigraphical content of the basement below the Flysch Carpathians in agreement with the West Carpathian development. The basement in Eastern Slovakia is probably built by crystalline to sedimentary rocks of the Precambrian and Paleozoic belonging to the North European platform as well as Mesozoic sediments (organogenous, detritic and gravel limestone) of miogeosynclinal development. Sediments of Paleogene to Lower Miocene age beneath the flysch nappes, assumed on hypothetical ground mainly to NW, N and NE from Bardejovské Kúpele settlement, may have flysch and molasse developments known both from the belt of the Carpathian fore-deep and Ukrainian or Roumanian Carpathians.

The degree of tectonic activation of the North European platform margin into the Alpine folded system below the flysch belt is hardly detectable from the seismic picture. Nevertheless, conditions under which the Flysch Carpathians were formed into nappes since the Upper Eocene up to the Upper Badenian, may have tectonically activated also southern marginal parts of the platform into the Alpine edifice.

The deep structure of the area reflects active tectonic intervention in depths between 9–14 km and reflects here already probable relations of the crystalline basement. According to an analogy with the Alps it is expected that below the Flysch Carpathians there may be developed Alpine units of folded or even nappe structure, similarly to the Dauphiné or Helvetic zone of the Western Alps. The presumption seems to be supported by analysis of deformations in flysch sediments, reflecting dynamics of the basement according to J. Nemček (1978).

Preložil I. Varga

ZO ŽIVOTA SPOLOČNOSTI

A. Bakoň: **Paleogeografický prehľad numulitovej fauny Bakonského lesa**
(Prednesené v Bratislave 1. 3. 1978)

Prednáška je prehľadom o zložení a priestorovom rozšírení bohatých numulitových spoločenstiev v spodnom eocéne, v spodnom a strednom lutéte, ako aj vo vrchnom eocéne. Rozdiely v zložení fauny v južnom, vysokom a severovýchodnom Bakonskom lese vo vrchnom lutéte oprávňujú vyčleniť tri menšie biogeografické jednotky. Podľa porovnaní s inými faunami a na základe kvantitatívneho rozboru príbuznosti fauny poukazuje bakonská numulitová fauna na príbuznosť s faunou vzniknávajúcou na severnom okraji mediteránnej faunistickej provincie. Signalizuje aj spojenie s východoatlantickou a ázijsko-indickou provinciou. Vo vrchnom eocéne v severovýchodnom Bakonskom lese poukazuje na prítomnosť boreálnej faunistickej zložky na spojenie so severnou faunistickou provinciou.