

Geologická stavba a prieskum uhľovodíkov v súvrstviach paleogénu a jeho podložia v Ľubotínskej pahorkatine

RUDOLF RUDINEC

Nafta, š. p., Gbely, závod Michalovce, Priemyselná 1, 071 01 Michalovce

(Doručené 25. 1. 1990, revidovaná verzia doručená 24. 4. 1990)

Geological structures and hydrocarbon prospection results in Paleogene complexes and basement units of the Ľubotínska pahorkatina Mts. (NE Slovakia)

The Plavnica-1 and 2 wells reached 3.500 m depths in the Ľubotínska pahorkatina Mts. and found a 2.500 to 2.700 m thick flysch sequence of Paleogene age containing intraformational conglomerate and breccia layers together with a block of dolomite (Plavnica-1). The stratigraphic age of Mesozoic basement remains unknown but regional correlations namely with the Šariš-1 wildcat point to probable Jurassic age of the argillaceous facies whereas carbonates are interpreted as the Krížna nappe Triassic. A hitherto unknown complex of Mesozoic and Paleozoic lithologies in cover position to crystalline units is interpreted in the deeper basement. Hydrocarbon prospection results indicate but showings of oil and gas without any economic meaning. Thermal brines with 9.6–12.5 g · l⁻¹ mineralization and maximum discharge temperature of 57 °C reaching yields of 3.9–4.5 l · s⁻¹ are found in fissured carbonate.

Úvod

Štruktúra Plavnica sa nachádza vo vnútrokarpatskom paleogéne pri južnom úpätí bradlového pásma medzi obcami Šambron–Plavnica–Hromoš na JV od mesta Stará Ľubovňa. Geograficky spadá do sz. časti Spišsko-šarišského medzihoria v Ľubotínskej pahorkatine (Mazúr et al., 1980).

Seizmický prieskum indukoval v tejto štruktúre pod paleogénom vysoko elevovanú zónu (Jarý et al., 1976; Wojas, 1977), ktorá v širšom kontexte mala byť súčasťou hromoško-šambronského elevačného pásma. Povrchovo, čiastočne aj hlbšiu stavbu štruktúry Plavnica spracoval v rámci výskumu Čergova Nemček (1987). V rámci prieskumu na ropu a zemný plyn sa na štruktúre Plavnica realizovali dva hlboké vrtý Plavnica-1 a 2 do 3 500 m (obr. 1). Ich výsledky poskytli prvé informácie z tohto územia o vnútrokarpatskom paleogéne a jeho mezozoikom podloží.

Vnútrokarpatský paleogén

Vnútrokarpatský paleogén vystupuje južne od bradlového pásma. Na plavníckej štruktúre má hĺbku 2 715 m (Plavnica-1) a 2 500 m (Plavnica-2).

Podľa povrchových výskumov Chmelíka in Fusán et al. (1963) sa paleogén skladá z viacerých litofaciálnych členov, napr. bazálnych zlepenčov, ílovcových litofácií, prechodnej ílovcovo-pieskovcovej fácie a pieskovcových vrstiev. Na základe nových výskumov (Gross et al., 1984) prináleží paleogénne súvrstvie k novej litostratigrafickej jednotke – podtatranskej skupine s borovským, hutianskym, zubereckým a bielopotockým súvrstvím).

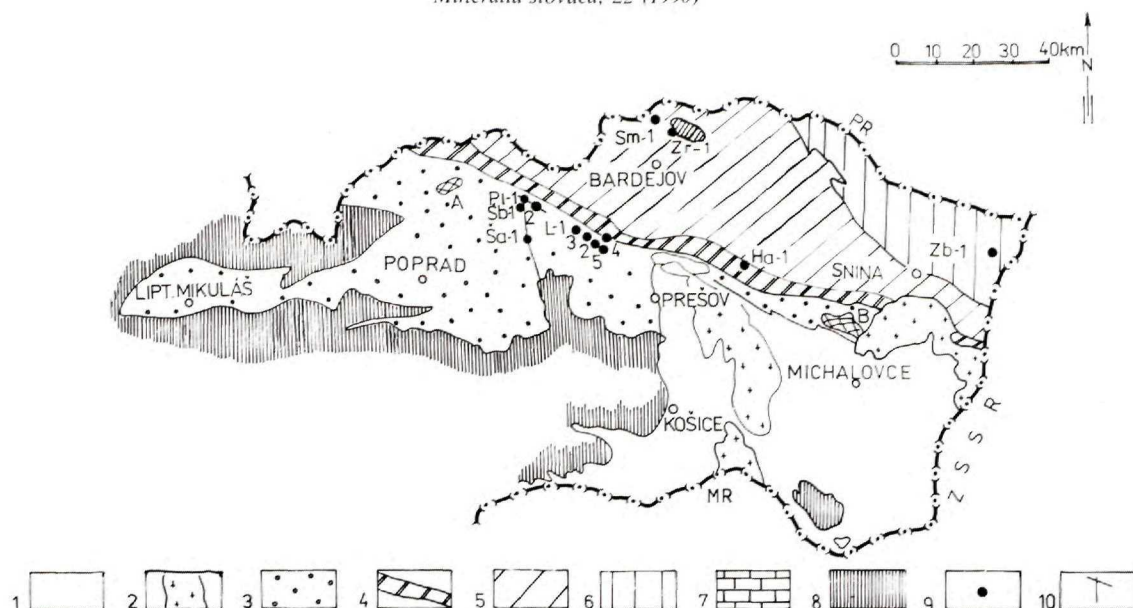
Paleogénne súvrstvie zachytené vrtmi Plavnica-1 a 2 je podľa mikropaleontologických analýz Holcknechta (1986, 1987) sterilné. Vyčlenené bolo hlavne na základe litológie a podrobnej korelácie vrtu Plavnica-1 s neďalekým vrtom Šambron-1 (Pu-1; Nemček et al., 1977), kde je súvrstvie faunisticky preukázané.

Vo vrte Plavnica-2 bolo možné pomerne presne vyčleniť rozhranie paleogén – mezozoikum na základe hustotnej karotáže (ílovec – dolomity). Bázu paleogénu vo vrte Plavnica-1 bolo možné určiť na základe fauny vo výbrusoch jadra č. 18 (hĺbka 2 699–2 704 m), na čo upozornil Zádrapa (1986). Fauna je tu zastúpená jedincami *Discocyclina* sp., *Globigerina* sp., *Orbitoides* sp., *Solepora* sp. a *Lenticulina* sp., ktoré Salaj in Kullmanová (1987) radí do lutétu.

Po výsledku z vrtu Plavnica-2 (intraformačné zlepence prevrtané do 1 000 m) sa zdá, že paleogénne súvrstvie na plavníckej štruktúre nebude možné rozdeliť tak výrazne ako na lipianskej na vrchnú a spodnú časť (Rudiniec, 1987b, 1988a).

Litologicky paleogénne súvrstvie plavníckej štruktúry predstavuje flyšovú sedimentáciu šambronských vrstiev (Nemček et al., 1977) s vrásovo-šupinovitou stavbou. V súlade s novým litostratigrafickým členením vnútrokarpatského paleogénu (Gross et al., 1984) ide o ekvivalent hutianskeho a zubereckého súvrstvia s pucovskými zlepencami. V profile vrtov sa striedajú tmavé až čierne slabopiesčité až piesčito-dolomitické ílovce, prachovcové ílovce so svetlosivými jemno- až hrubozrnnými dolomitovo-vápnitými pieskovecami, sporadicky až vápnito-dolomitovými zlepencami. Piesčité polohy sú vo všeobecnosti málo výrazné.

Podľa petrografických analýz Řehánka (1987–1988) majú prachovcovo-dolomitické ílovce pelitickú až psa-



Obr. 1. Geologická mapa východného Slovenska so situáciou hlbokých vrtov na štruktúre Plavnica (podľa Tektonickej mapy ČSSR 1 : 100 000, Buday et al., 1960). 1 – neogénna výplň, 2 – neovulkanity, 3 – vnútrokarpatský paleogén, 4 – bradlové pásmo, 5 – magurský príkrov, 6 – duklianska jednotka, 7 – mezozoikum, A – ružbašský ostrov, B – humenský hrast, 8 – staršie predpaleogénne súvrstvia vcelku, 9 – hlboké vrt: L – Lipany, Ša – Šariš, Šb – Šambron, Pl – Plavnica, Zb – Zboj, Ha – Hanušovce, Sm – Smilno, Zr – Zborov.

Fig. 1. Geological map of Eastern Slovakia with location of deep wells on the Plavnica structure (base map: Tectonic map of Czechoslovakia, 1 : 100 000 scale, Buday et al., 1960). 1 – basin filling of Neogene age, 2 – volcanite, Neogene, 3 – Central Carpathian Paleogene, 4 – Pieniny Klippen Belt, 5 – Magura nappe, 6 – Dukla nappe, 7 – Mesozoic, A – the Ružbachy Inlier, B – Humenné horst, 8 – older Pre-Paleogene unit, 9 – deep well: L – Lipany, Ša – Šariš, Šb – Šambron, Pl – Plavnica, Zb – Zboj, Ha – Hanušovce, Sm – Smilno, Zr – Zborov.

miticko-pelitickú štruktúru. Prevládajúcu základnú hmotu tvorí sivohnedá ílovitá substancja s nerovnomerne rozptýlenou prímiesou kalových vápnitých komponentov (kalcit, dolomit). Bežne je rozptýlený pyrit, sporadicky uhoľný detrit.

Vápnité pieskovec so zrnitosťou od 0,10 do 0,80 mm obsahujú subangulárny kremeň, sericitizovaný K-živce, zriedkavo nachádzame plagioklas, šupinky muskovitu, ojedinele chlorit, kvarcit a stredozrnný vápenec a dolomit, vzácné sú reliktu foraminifer, rias a lamelibranchiátov.

Vo vrte Plavnica-2 je vrchná časť paleogénu zastúpená hlavne piesčitou faciou. Do hĺbky 970 m boli navŕtané hrubozrnné dolomitovo-vápnité pieskovec až zlepenec (80–90 %) s nevýraznými vložkami tmavých ílovcov. V úseku 70–970 m pozorovať zvýšený podiel dolomitu v tmeli (35–50 %).

Charakteristickým rysom spodnej časti paleogénneho flyšového súvrstvia je výskyt viacerých intraformačných telies. Vo vrte Plavnica-1 sú výraznejšie a početnejšie už do hĺbky 1 350 m, vo vrte Plavnica-2 sú menej výrazné v intervale 1 700–2 500 m (obr. 2). Na základe petrografických analýz (Zádrapa, 1986; Řehánek, 1986, 1988) intraformačné telesá predstavujú polymiktne, kompaktné, viac alebo menej vytriedené drobno-, stredno- a hrubozrnné zlepenec, miestami až brekcie. Dominantné postavenie v zlepencoch majú valúny karbonátov, a to tak vápencov, ako aj dolomitov. Ďalej sa tu vyskytujú valú-

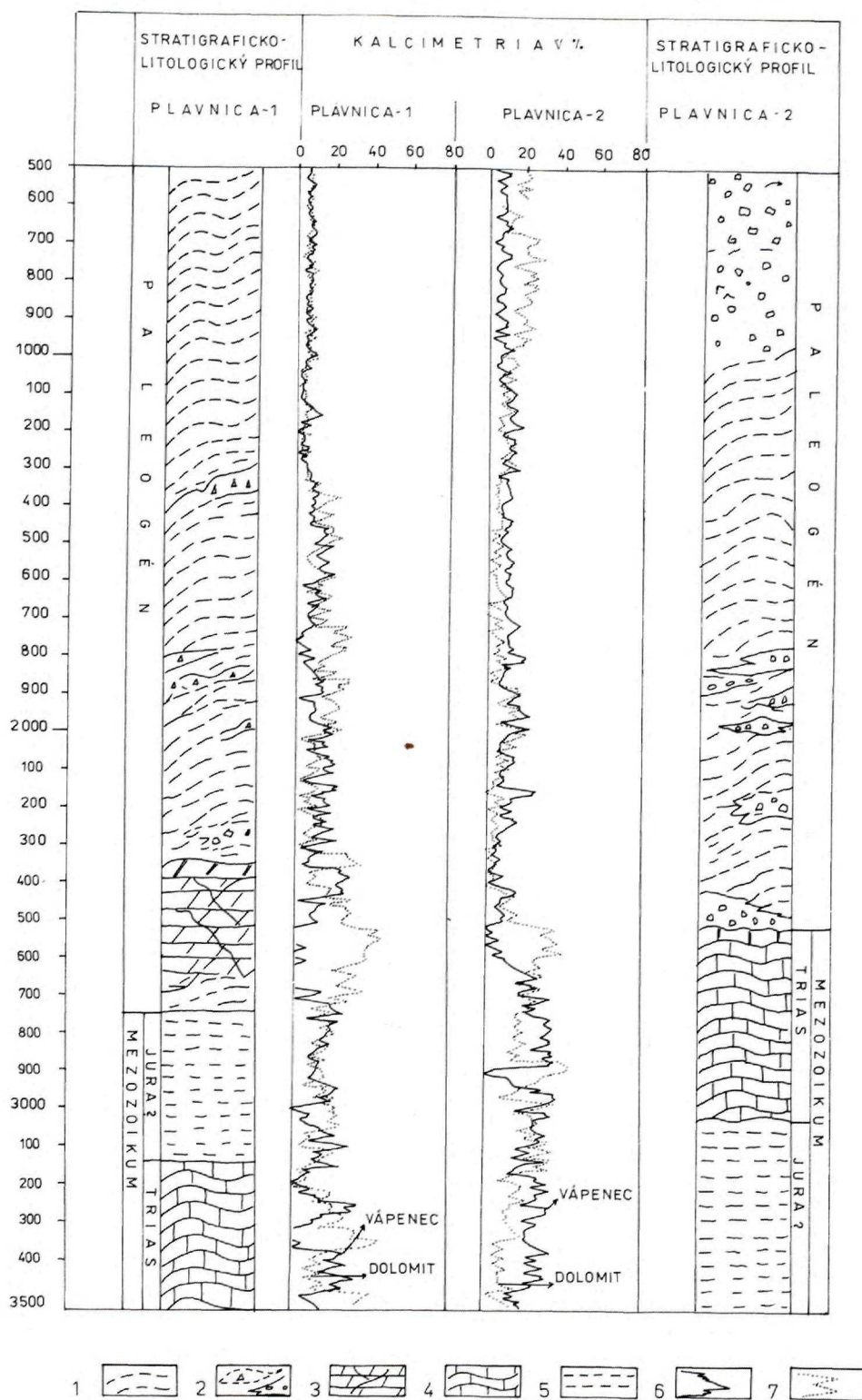
ny ílovitých bridlíc, prachovcov, jemnozrnných vápnitých pieskovec a organodetritických vápencov. Okrem toho v rôznom zastúpení pozorujeme valúny žilného kremeňa, porfyrity, valúniky silne karbonatizovaných ultrabázik a fylitu.

Tmel zlepenecov má charakter zväčša nevytriedeného hrubozrnného psamitu silne polymiktneho charakteru (netypická droba) s kolísavým zastúpením ílovitej a karbonatickej zložky. Z ťažkých minerálov sa sporadicky vyskytuje hlavne zirkón, granát, apatit a hojný je autigénny pyrit. V zlepencoch sú hojné organoklasty, hlavne foraminifery, riasy a echinodermatové články. V nepatrnom množstve sa vyskytujú numulity.

Kalcimetrická analýza vrtnéj drviný a jadier ukázala, že v intraformačných telesách sa podiel kalcitu pohybuje od 3–25 % a dolomitu od 12–58 % (obr. 2).

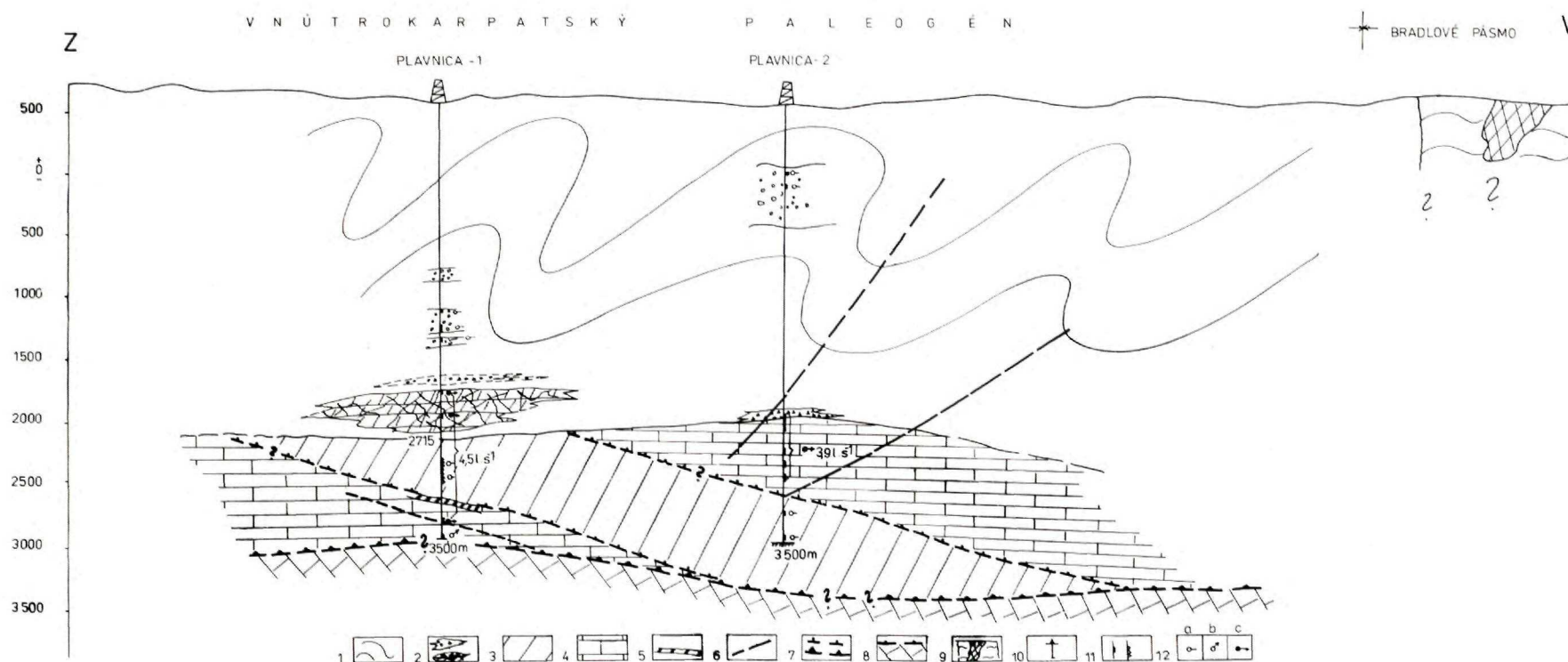
Časť týchto intraformačných telies možno dobre korelovať so zlepenčovým súvrstviem zachyteným vrtom Šambron-1 v hĺbke 1 460–1 957 m (Nemčok et al., 1977). Ide najpravdepodobnejšie o uloženiny náplavových kužeľov Marschalka (1975).

Najvýraznejšie intraformačné teleso v paleogéne bolo zachytené vrtom Plavnica-1 v intervale 2 306–2 657 m (obr. 3). Ide o svetlosivú hnedopigmentovanú stredno- až hrubozrnnú dolomitu, ktoré sú v celom rozsahu s rôznou intenzitou tlakovo porušené všesmernými puklinami (Řehánek, 1986). Ojedinele sa v nich vyskytujú žilky bieleho kalcitu a malé kaverny.



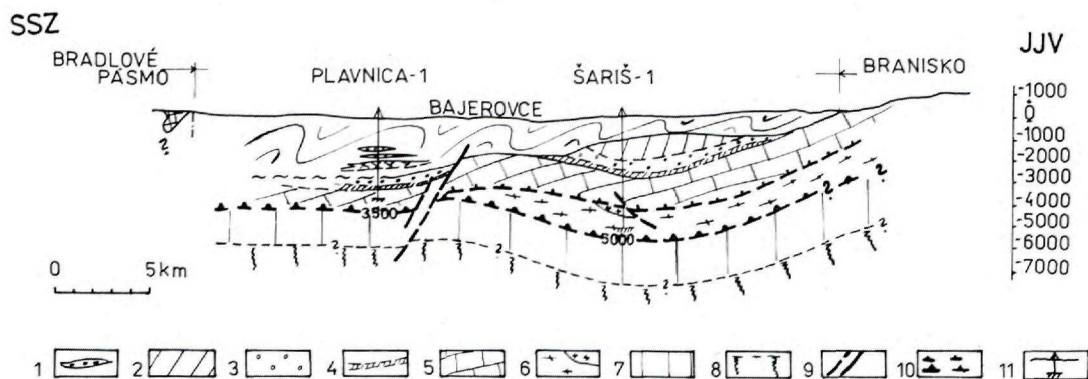
Obr. 2. Výsledky kalcimetrie vrtnej drviny a litostratigrafická korelácia vrtov Plavnica-1 a 2 (Krištek a Rudinec, 1988). 1 – flyšová fácia, 2 – interformačné telesá (brekcie, zlepenec), 3 – rozpušaný blok dolomitov, 4 – karbonátová fácia, 5 – fľovitá fácia, 6 – vápenec, 7 – dolomit.

Fig. 2. Results of calcimetry of the borings and lithostratigraphic correlations of the Plavnica-1 and 2 wells (Krištek, Rudinec 1988). 1 – flysch facies, 2 – intraformational body (conglomerate, breccia), 3 – fissured dolomite unit, 4 – carbonate facies, 5 – argillite facies, 6 – limestone, 7 – dolomite.



Obr. 3. Geologický rez vrtmi Plavnica-1 a 2 (Rudíneč, 1988). 1-2 – vnútrokarpatský paleogén, 1 – flyšové súvrstvie ílovcov a pieskovcov, 2 – interformačné telesá (zlepence, brekie a rozpukané dolomity), 3-5 – mezozoikum – križňanský príkrov: 3 – jura? – vápnito-dolomitické ílovce, 4 – trias – dolomity a dolomitické vápence, 5 – karpatský keuper – pestré ílovce a kremence, 6 – zlomy, 7 – prešmyky a násun príkrovu, 8 – neznáme súvrstvie (mezozoikum + paleozoikum) v pozícii obalu, 9 – bradlové pásmo, 10 – hlboké vrti, 11 – interval perforácie a testeru, 12 – výsledky čerpacích skúšok: a – bez prítoku, b – prítok slanej mineralizovanej vody s plynom (CO_2), kde podiel uhľovodíkov bol až 32,8 %, c – príliv termálnych slaných vôd s CO_2 .

Fig. 3. Geological profile of the Plavnica-1 and 2 wells (Rudíneč, 1988). 1-2 – Central Carpathian Paleogene: 1 – flysch complex made of claystone and sandstone, 2 – intraformational body (conglomerate, breccia and fissured dolomite), 3-5 – Mesozoic of the Križna nappe: 3 – Jurassic (?), calcareous and dolomitic claystone, 4 – dolomite and dolomitic limestone, Triassic, 5 – variegated claystone and quartzite, Carpathian Keuper beds, 6 – fault, 7 – thrust surface, reverse fault, 8 – unknown unit (Mesozoic and Paleozoic) in cover position, 9 – Pieniny Klippen Belt, 10 – deep well, 11 – perforation and test interval, 12 – pumping test result: a – without inflow, b – brine inflow with gas (carbon dioxide) with hydrocarbon content up to 32.8 %, c – spillway of thermal brine and carbon dioxide.



Obr. 4. Schematický geologický rez v širšom okolí vrtov Šariš-1, Plavnica-1 (Rudinec, 1989). 1 – vnútrokarpatský paleogén s interformačnými telesami, 2 – krieda, 3 – jura, 4 – karpatský keuper, 5 – trias, 6 – kryštalinikum, 7 – neznáme súvrstvie (mezozoikum + paleozoikum) v pozícii obalu, 8 – autochtónne podložie, 9 – zlomy, 10 – násuny šupín a príkrovov, 11 – hlboké vrtý.

Fig. 4. Schematic geological profile in the broader surroundings of Šariš-1 and Plavnica-1 wells (Rudinec, 1988). 1 – Central Carpathian Paleogene unit with intraformational bodies, 2 – Cretaceous, 3 – Jurassic, 4 – Carpathian Keuper, 5 – Triassic, 6 – crystalline, 7 – unknown unit in cover position (Mesozoic and Paleozoic), 8 – autochthonous basement, 9 – fault, 10 – nappe and slice thrust surface, 11 – deep well.

Podľa Kullmanovej (1987) výbrusová charakteristika ukazuje, že sú to dolomito-mikrosparity. Pre dolomity je charakteristická loferitová štruktúra. Mikrofosílie sa tu nezistili, preto ani stratigrafické zaradenie megaklastu nie je potvrdené. S určitostou sa dá tvrdiť, že sú analógom triasových dolomitov (Kullmanová a Rudinec, 1988).

V jadrách odobraných z tohto intervalu z ťažkých minerálov prevláda magnetit nad pyritom, zirkónom, granátom a turmalínom. Obsah dolomitu v nich kolíše od 90 do 95 %, vápencov od 5 do 10 % (obr. 2). Bližšiu genézu študovaného klastu nemožno vzhľadom na jeho litofaciálnu uniformitu a faunistickú sterilitu stanoviť. V každom prípade početné a voľné pukliny v ňom svedčia o dokonalom premytí, najpravdepodobnejšie už v paleogénnom bazéne (Řehánek, 1987–1988).

Informácie získané z vrtných jadier ukazujú, že spodná časť paleogénu vo vrte Plavnica-1 má pokojnú stavbu (5–15°). O vrte Plavnica-2 sú iba kusé informácie v úseku 1 700–1 900 m (10–40°). Pomerne často možno pozorovať jadrá, predovšetkým v ílovcových polohách, so šmykovými plochami (tektonické zrkadlá), svedčiacie o deformačných procesoch, ktoré súvrstvie postihli.

Mezozoikum

Žiaľ, mezozoické súvrstvie,* ktoré bolo na plavníckej štruktúre prevrátené v rozmedzí 2 500–3 500 m, je faunisticky takmer sterilné, preto ho nemožno jednoznačne stratigraficky zaradiť. Na základe petrografickej analýzy vrtných jadier a drviny (Zádrapa, 1986; Řehánek, 1986, 1987, 1988) a na základe mikrofaciálnej analýzy Kullmanovej (1987, 1988) bolo v mezozoiku vyčlenených niekoľko facií, ktoré zodpovedajú najpravdepodobnejšie jure a triasu.

* Litologicko-mikrofaciálne výsledky sú prevzaté zo správ Kullmanovej (1987–1988).

Vo vrte Plavnica-1 boli v mezozoickom súvrství vyčlenené nasledujúce litostratigrafické jednotky (Kullmanová a Rudinec, 1988):

V úseku 2 715–3 110 sú to hlavne tmavosivé, miestami škvrnité organodetritické vápence s polohami vápnito-piesčitých ílovcov, slieňovcov a v spodnej časti aj pieskovcov. Vápence sú prevažne mikrity prechádzajúce do biomikritov a sparitov.

Faunisticky je súvrstvie pomerne chudobné, najhojnejšie sa vyskytujú rekryštalizované radiolárie. Vo výbrusoch sa javia ako okrúhle prierezy vyplnené svetlým sparitom. Naproti tomu Řehánek (1986) na základe veľmi vzácných schránok *Tintinnopsella* af. *carpathica* Murgéanu et Filipescu a *Stomiosphaera echinata* Novak predpokladá, že by mohlo ísť o spodnú kriedu.

Kullmanová (1987) na základe porovnania litológie hodnotených hornín z povrchových odkryvov, ktoré sú stratigraficky preukázané, a tiež na základe superpozície predpokladá, že ide o jurské horniny, bližšie liasového až dogserského veku. Tento predpoklad podporuje aj podrobnejšia korelácia na základe seizmických podkladov medzi vrtmi Plavnica-1 a Šariš-1 (obr. 4).

V hĺbkovom intervale 3 110–3 203 m boli prevrátené sivozelené a červenohnedé ílovce s polohami svetlosivých kremencov. S určitostou sú reprezentantom karpatského keupru a stratigraficky patria do vrchného triasu až noriku.

Spodnú časť vrtu do hĺbky 3 500 m reprezentujú tmavosivé kalové vápence a organodetritické vápence s medzivrstvami tmavých vápenato-dolomitických ílovcov, v ktorých boli zistené dve polohy tmavosivých rozpukávaných dolomitov, jedna v hĺbke 3 335–3 360 m. Po mikrofaciálnej stránke sú to mikrity, mikrosparity s organogénnymi klastami a biosparity.

Prítomné mikrofosílie sú rekryštalizované a vyskytujú sa v nepatrnom množstve. Zistili sa krinoidové články, ostrakódy, ihličky húb, *Globochaete alpina* Lombard,

Frondicularia sp. a prierezy lamelibranchiátových schránok (juvenilné štádium). Aj keď uvedená mikrofauna nemá stratigrafickú hodnotu, horniny z uvedeného intervalu na základe korelácie vyššie opísanej mikrofaunistickej asociácie s mikrofosíliami zistenými na povrchu v litologicky totožných horninách začleňujeme do triasu.

Mezozoické súvrstvie bolo vo vrte Plavnica-2 zachytené oproti vrtu Plavnica-1 v obrátenom slede (obr. 3). Litofaciálne tu tiež možno vyčleniť dve fácie: vrchná fácia sa nachádza v intervale 2 500–3 137 m a reprezentuje ju hlavne karbonátová sedimentácia, kým spodná fácia je pelitická.

Vrchnú časť mezozoika v hĺbke 2 500–2 645 m reprezentuje tmavosivý slabo vápnitý dolomit, ktorý je podľa petrografických analýz (Řehánek, 1987–1988) výrazne tlakovo porušený. Sporadicky sa v ňom vyskytuje pyrit a mikrostylolity, bežné sú karbonátové žilky. V intervale 2 645–2 848 m prevláda svetlosivý až bielosivý, miestami naružovelý, silno rozpukaný, črepinkovité sa rozpadajúci mikrokryštalický až jemnozrnný vápenec. Jeho štruktúra je heteroblastická. Lokálne možno pozorovať metasomatickú dolomitizáciu. Vzácné sú zrníčka pyritu a bližšie neidentifikovateľné organické zvyšky. Najspodnejšiu časť tohto úseku v hĺbke 2 848–3 137 m tvorí svetlosivý až tmavosivý mikrokryštalický až jemnozrnný, tlakom porušený dolomit (Řehánek, 1987, 1988). Vo výbrusoch je mikritový, so sporadickým výskytom pyritu. Pomerne hustá sieť puklín je veľmi často vyhojená svetlým kalcitom.

Vrtné jadrá v hĺbkovom intervale 3 137–3 500 m obsahujú svetlosivé až tmavosivé organodetrítové vápence a vápnito-dolomitové ílovce, miestami s prachovcovopiesčitou prímесou a s vložkami organodetrítického ílového vápenca. Organogénny detrit reprezentujú rekrýštalizované echinodermátové články, kalcifikované spongie, fragmenty schránok foraminifer, lamelibranchiát a ostrakódov.

Výsledky petrograficko-mikrofaciálneho hodnotenia výbrusov z jadier vrtu Plavnica-2, ktoré preskúmala Kullmanová (1988), poukazujú, že karbonáty s chudobným mikrofaunistickým obsahom prevrátené v úseku 2 500–3 137 m sú triasového veku. V mikritovej hmote (hĺbka 3 001–3 004 m) sú prítomné grapestones, čo je textúrny znak karbonátov triasového veku.

V intervale 3 137–3 500 m sa nachádzajú tmavosivé organodetrítové vápence. V mikritovej hmote sa vyskytuje vo veľkom množstve organogénna drvina. Pozornosť si zasluhujú ihličky húb, krinoidy a foraminifery (rod *Nodosaria* a *Dentalina*). Na základe celkovej litologickej a mikrofaciálnej analýzy jadier a ich porovnania s horninami vystupujúcimi na povrch alebo prevrátenými (vrt Plavnica-1) predpokladáme, že ide o horniny jurského veku. S prihliadnutím na výsledky geofyziky a na ich regionálnu koreláciu s vrtmi Šariš-1 a Lipany-1, 2 zaraďujeme mezozoické súvrstvie navrátené pod paleogénom vo vrtoch Plavnica-1, 2 ku krížňanskému príkrovu (obr. 4).

Štruktúrne-tektonická stavba

Prítomnosť bloku svetlosivých dolomitov v spodnej časti paleogénu zachyteného vrtom Plavnica-1 v hĺbke 2 306–2 657 m spôsobila, že refrakčné seizmické rozhranie na profile 12 R/74 a 12 R/76 (Wojas, 1977) prechádzalo po ňom v hĺbke 2 300 m. V dôsledku toho vznikla v okolí vrtu Plavnica-1 vysoko elevovaná zóna, pôvodne interpretovaná ako mezozoické podložie.

Konkrétne výsledky získané vrtom Plavnica-1 a 2 a ich korelácia pomocou existujúcich seizmických podkladov v nadväznosti na výsledky hlbokého vrtu Šariš-1 (Koráb et al., 1986) ukazujú inú situáciu, ako boli pôvodné predstavy.

Ziaľ, ani nové seizmické profily prechádzajúce priamo cez uvedené vrty alebo veľmi blízko nich, vzhľadom na svoju kvalitu, nedovoľujú bližšie interpretovať vnútornú stavbu paleogénu. Z týchto podkladov nemožno sledovať plošný rozsah intraformačných telies (snáď čiastočne je sledovateľný iba dolomitický blok z bázy paleogénu vo vrte Plavnica-1). Ich vzájomnú koreláciu, prípadne výskyt mladej zlomovej tektoniky možno len veľmi ťažko interpretovať. Prirodzene, za toho stavu je ťažké určiť, ktoré súvrstvie je uložené mierne a ktoré je zvrásnené. Na šupinato-vrásovú stavbu paleogénu poukazujú aj výsledky stratometrie robenej na vrte Plavnica-1.

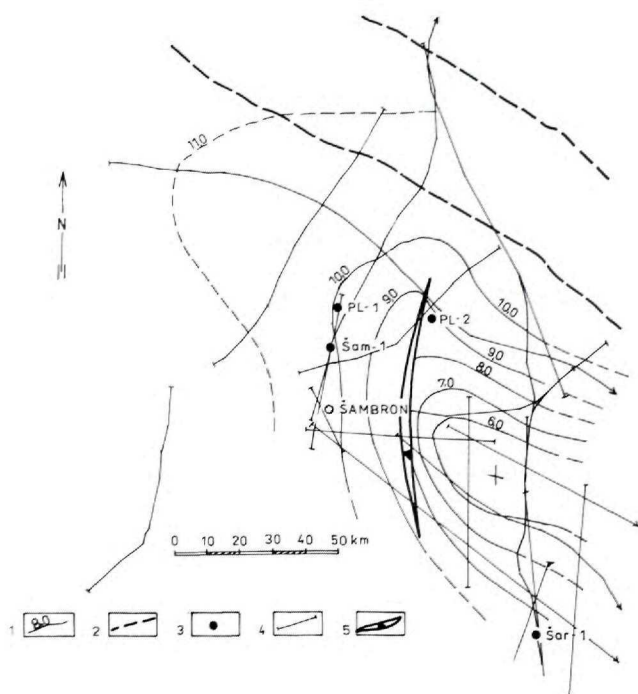
Mořkovský et al. (1987) rieši v rámci komplexného spracovania doterajších seizmických a vrtných podkladov z vnútrokarpatského paleogénu v lipianskej oblasti jeho stavbu systémom prešmykov, paralelných s bradlovým pásmom. Relatívne dobré subhorizontálne reflexy na seizmických rezoch pokladá za odraz tektoniky.

Otázka možnej existencie prešmykov v plavnickej oblasti je prirodzene otvorená a z daných podkladov ich nemožno ani vylúčiť, ani bližšie identifikovať.

Za tejto situácie môžeme vo vzťahu k realizovanému hlbokému vrtu Šariš-1 relatívne najspoľahlivejšie interpretovať rozhranie paleogén-mezozoikum. Aj keď toto rozhranie nie je všade výrazné, v podstate sa jeho rozsah dá pomerne dobre sledovať.

Ako ukazuje štruktúrna mapa povrchu mezozoika (obr. 5), vrty Plavnica-1 a 2 sa nachádzajú na sz. úpätí výraznej morfolologickej elevácie s vrcholom približne v priestore obcí Bajerovce – Krásna Lúka. Analogické štruktúrne pomery plavnickej štruktúry sú interpretované aj v spracovaní Mořkovského et al. (1987).

Prirodzene, za tejto situácie vrty Plavnica-1 a 2 zachytili paleogénne súvrstvie, aj keď faciálne v málo priaznivom vývoji, ale štruktúrne sú nízko. Na druhej strane práve na svahoch mezozoickej bajerovskej elevácie v spodnej časti paleogénu sa môžu vo väčšej miere vyskytovať intraformačné telesá, ktoré môžu pri optimálnych fyzikálnych parametroch predstavovať potenciálne objekty akumulácie uhľovodíkov (obr. 4). Takýmto objektom by teoreticky mohol byť aj silne rozpukaný dolomitový blok v dolnej časti paleogénu prerazený vrtom Plavnica-1 v hĺbke 2 306–2 657 m. Smerom na JV od



Obr. 5. Štruktúrna mapa v čase na povrch mezozoika v širšom okolí vrtov Plavnica-1 a 2 (Rudinec, 1988). 1 – časové izopachy, 2 – bradlové pásmo na povrchu, 3 – hlboké vrt, 4 – seizmické profily, 5 – zlomy.

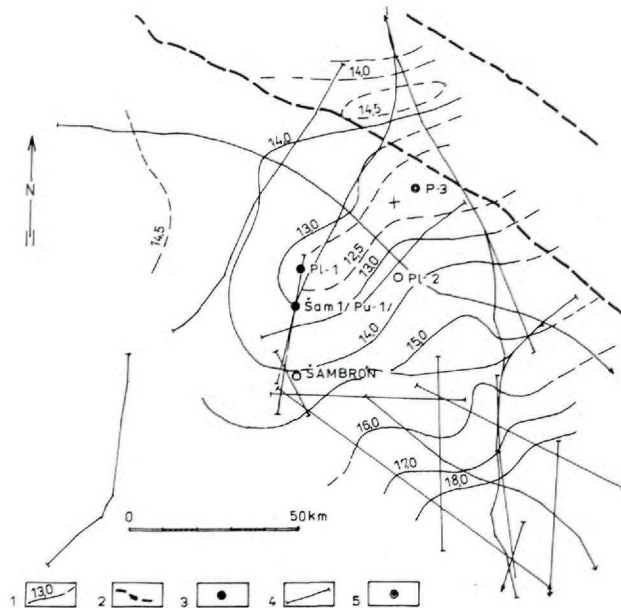
Fig. 5. Structural map in time over the surface of Mesozoic in broader surroundings of the Plavnica-1 and 2 wells (Rudinec, 1988). 1 – time isopach, 2 – Pieniny Klippen Belt on the surface, 3 – deep well, 4 – seismic profile, 5 – fault.

vrtu Plavnica-1 by dolomitové teleso malo k svahu stúpať, a tým byť vo výhodnejšej štruktúrnej pozícii. Kým vo vrte Plavnica-1 sa v jeho vrchnej časti v intervale 2 306–2 322 m okrem mineralizovaných slaných vôd a CO_2 nachádzalo až 8,2 % plyných uhľovodíkov a stopa ropy, ich obsah, ak by teleso bolo dostatočne plošne veľké, by sa do vyššej štruktúrnej polohy mohol zvyšovať. Nemožno však vylúčiť ani možnosť ich menšej hospodárskej akumulácie.

Z takého globálnejšieho pohľadu sa pozícia šambronského chrbta (Chmelík in Fusán et al., 1963) nedá geneticky spájať s bezprostredným mezozoickým podloží. A pokiaľ áno, tak až s predpokladaným súvrstvom pod krížňanským príkrovom, eventuálne až jeho podloží (obr. 6)?

Otázky vnútornej stavby mezozoika, ktoré tu reprezentuje ílovito-slieňovcovú faciú jury a karbonáty triasu zachytené oboma vrtmi, ale v obrátenom slede, sme riešili jednou z možných alternatív (obr. 3), podľa ktorej krížňanský príkrov tu predstavuje systém opakujúcich sa šúpín. Na seizmických rezoch môžeme čiastočne sledovať násunové plochy šúpín.

Takmer vo všetkých seizmických rezoch môžeme sledovať pomerne výrazné skupiny reflexov, ktoré v predkladanej interpretácii zodpovedajú násunovej ploche krížňanského príkrovu. Vychádzajúc z regionálnejších



Obr. 6. Časová štruktúrna schéma povrchu neznámeho súvrstvia (mezozoikum + paleozoikum) v pozícii obalu (Rudinec, 1988). 1 – časové izopachy, 2 – bradlové pásmo na povrchu, 3 – hlboké vrt, 4 – seizmické profily, 5 – navrhnutý vrt.

Fig. 6. Time migrated structural scheme of the surface of unknown unit in cover position (Mesozoic and Paleozoic) compiled by Rudinec (1988). 1 – time isopach, 2 – Pieniny Klippen Belt on the surface, 3 – deep well, 4 – seismic profile line, 5 – proposed deep well.

podkladov, získaných doterajším prieskumom vo vnútrokarpatskom paleogéne, predovšetkým z vrtu Šariš-1, pod krížňanským príkrovom interpretujeme neznáme súvrstvie, ktoré je v pozícii obalu. Vo vrte Šariš-1 bol v kryštaliniku zistený CO_2 , dusík a uhľovodíky (v hĺbke 4–5 km). Izotopické analýzy ukázali (Mihalíček a Prochádzková, 1986), že dusík má organický pôvod a vzniká podľa teplotných podmienok v hĺbke 6–8 km. Súvrstvie, v ktorom by mal generovať organický dusík, ale aj uhľovodíky (podľa predloženej interpretácie predpokladáme mezozoikum, prípadne aj paleozoikum), vystupuje v podloží krížňanského príkrovu. Tieto súvrstvia sa najpravdepodobnejšie budú nachádzať pod presunutým kryštalinikom, snáď aj pod masívom Braniska (Rudinec, 1987a; obr. 4).

Túto predstavu o možnom zdroji uhľovodíkov podporujú aj výsledky geochemických výskumov paleogénu a jeho mezozoického podložia (Harča, 1986; Polesňák, 1987; Dostálek a Polesňák, 1988). Podľa týchto prác vrchné súvrstvia paleogénu a mezozoika krížňanského príkrovu sú pomerne chudobné na organickú hmotu, takže sa zdá, že hlavný zdroj uhľovodíkov je v ich podloží, odkiaľ emigrovali.

Povrchovú stavbu tohto súvrstvia znázorňuje schéma vykreslená na povrch predpokladaného mezozoika v pozícii obalu (obr. 6), podľa ktorej oba vrt, ale zvlášť vrt Plavnica-1, sa nachádzajú vo vrcholovej časti tohto

súvrstvia pod krížňanským príkrovom. Z existujúcich podkladov bolo možné vykresliť elevovanú vrcholovú časť vo smere SV-JZ. Jej štruktúrne obmedzenie na JZ je viac-menej preukázané, zatiaľ čo na SV je štruktúra otvorená a pre nedostatok podkladov je jej priebeh nejasný (veľmi zložitý terén, kde nie je možné realizovať seizmické práce). Ani jeden vrt však toto súvrstvie nezachytil.

Prípadnú blízkosť tohto súvrstvia môžu čiastočne signalizovať výsledky práce vo vrte Plavnica-1. Tu pri overovaní intervalu 3 440–3 500 m sa s mineralizovanou vodou získal plyn, ktorý obsahoval až 32,8 % uhľovodíkov, 57 % CO_2 a 10,2 % dusíka. Práve pre vysoký obsah uhľovodíkov je podľa doterajších skúseností z mezozoika takýto plyn pod paleogénom neobvyklý, spravidla tu prevláda CO_2 nad 90–95 %.

Z toho vyplýva, že v podloží krížňanského príkrovu vystupuje neznáme súvrstvie v pozícii obalu ako najperspektívnejší objekt ďalšieho prieskumu na štruktúre Plavnica. Na jeho overenie by však bolo treba vrt hlboký 4 500–5 000 m. Na základe existujúcich podkladov sa nám ako najpriateľnejšia javí jeho lokalizácia cca 3,5–4 km na východ od obce Plavnica (obr. 6.P-3).

Priebeh bradlového pásma, ktoré prechádza na povrchu neďaleko plavnických vrtov (obr. 5, 6), nemožno na existujúcich seizmických rezoch v žiadnom súvrství sledovať. Navyše práve neznáme súvrstvie vyššie uvedené v podloží krížňanského príkrovu prechádza naprieč východmi bradlového pásma.

Ropnogeologické výsledky

Prirodzené výskyty ropy alebo zemného plynu sú vo vnútrokarpatskom paleogéne zriedkavé a malé. Pri geochemickom výskume boli pri okraji Levočských vrchov zistené relatívne najväčšie metánové anomálie (obsah nad 40 %). Menšie anomálie (1–15 %) boli zaznamenané v hromošsko-šambronskom pásme.

Komplexnejší pohľad na problematiku možného výskytu ropy a zemného plynu vo vnútrokarpatskom paleogéne, ale čiastočne aj v jeho mezozoickom podloží podáva Chmelík a Leško (1976), Leško et al. (1982) a Rudinec (1985, 1989). Ďalšie geofyzikálne práce (Mořkovský et al., 1981, 1987) a najmä vrtné práce doplnili mozaiku informácií na tomto poli. Relatívne najbohatšie sú zatiaľ ropnogeologické výsledky vnútrokarpatského paleogénu, event. jeho podložia zo štruktúry Lipany nachádzajúcej sa 20 km na JV od štruktúry Plavnica (obr. 1). Tu sa z viacerých horizontov či interformačných telies (slieňito-vápnitých brekcií, zlepencov) zistili prítoky horľavých plynov a ropy. Hospodársky prítok plynu (70 000 $\text{m}^3/24$ hod.) bol dosiahnutý vo vrte Lipany-1 a prítok ropy 25–30 $\text{m}^3/\text{hod.}$ z vrtu Lipany-4.

Na štruktúre Šariš, ktorá sa nachádza cca 10 km na JJV od štruktúry Plavnica, bol v hlbkovom vrte Šariš-1 z bázy paleogénu a povrchu mezozoika v hĺbke cca 1 000–1 350 m zistený menší prítok horľavého plynu.

Nehorľavý a horľavý plyn sa vyskytol na tomto vrte aj z rozpukaného kryštalinika pod mezozoikom v hĺbke cca 3 900–5 000 m (Koráb et al., 1986).

Na samotnej štruktúre Plavnica sú zaujímavé silné impregnácie asfaltickej ropy vo vrte Šambron-1 (Pu-1) z drrovej zóny v úseku 537,0–545,0 m (Nemček et al., 1977). Ako už bolo vyššie uvedené, oba vrty Plavnica-1 a 2, prevrtali súvrstvie vnútrokarpatského paleogénu a zachytili pomerne veľký interval mezozoika. Ani jeden z uvedených vrtov však nepriniesol výraznejšie ropnogeologické výsledky. Plynne a tekuté uhľovodíky sa prejavili v oboch vrtoch v súvrství vnútrokarpatského paleogénu a mezozoika. Plynokarotážne laboratórium, ktoré pracovalo na vrte Plavnica-1 v intervale 1 515–2 846 m, indikovalo plynne uhľovodíky od 1–12% v úseku 1 815–2 514 m. Obsah ropy vo výplachu vrtu Plavnica-2 sa zvýšil už od hĺbky 400 m a jeho množstvo sa v intervale 1 600–3 500 m pohybovalo od 3 do 6 % s kulmináciou 7 % v hĺbke 3 095 m.

Luminiscenčná analýza bola vo vrte Plavnica-1 pozitívna u jadra z hĺbky 1 400–1 405 m a ďalších v úseku 2 305–2 515 m, vo vrte Plavnica-2 vo všetkých jadrách (č. 14–21) v intervale 2 490–3 203 m.

Aj napriek týmto indiciám sa pri čerpacích skúškach ukázalo, že v paleogéne ide o veľmi zlé – nepriepustné kolektory. Pri overovaní boli obzory bez prítoku, a to aj v prípadoch, keď sa pri hĺbení prejavovali straty výplachu (pukliny), event. bol zaregistrovaný plyn.

Prítok mineralizovaných vôd spolu s CO_2 a menším podielom uhľovodíkov (tab. 1) bol zaznamenaný iba v rozpukaných karbonátoch (dolomity a dolomitické vápence). Karbonáty (klast z bázy paleogénu vo vrte Plavnica-1, 2 305–2 657 m, mezozoický komplex v úseku cca 3 200–3 500 m; vo vrte Plavnica-2 mezozoický komplex hlavne dolomitov a dolomitických vápencov v intervale cca 2 500–3 010 m) sa prejavili ako dobré kolektory.

Vo vrte Plavnica-1 sa zo silne rozpukaného dolomitu z bázy paleogénu dosiahol prílív stredne až silne mineralizovanej vody (9,9–10,4 g $\cdot$ l⁻¹) s výdatnosťou 2,0–2,36 l $\cdot$ s⁻¹ spolu s nehorľavým plynom (CO_2) s podielom uhľovodíkov do 8,2 %. Z rozpukaných karbonátov mezozoika okrem prílívov stredne mineralizovanej vody (9,2 g $\cdot$ l⁻¹) s CO_2 a stopami plynu v úseku 3 355–3 360 m a teplej na ústí 53–57 °C je najpozoruhodnejší ropnogeologický výsledok v intervale 3 440–3 500 m. Tu v nehorľavom plyne podiel uhľovodíkov dosiahol 32,8 %, čo je vzhľadom na doterajšie výsledky z tohto súvrstvia neobvyklý výsledok.

Vo vrte Plavnica-2 sa z rozpukaných karbonátov mezozoika tiež zistil prílív mineralizovaných slaných termálnych vôd v sprievode nehorľavého plynu bez výraznejšieho podielu uhľovodíkov. Prítomnosť ropy, ktorej stopy zachytila skúška testerom počas hĺbenia v intervale 2 739,0–2 774,00 m, sa následnými čerpacími skúškami nepreukázala.

Ako ukázali petrofyzikálne analýzy vzoriek (Jandová et al., 1986, 1988), zlepence a brekcie vo vnútrokarpatskom

TAB. 1
Chemické rozborý vód vrtoŧ Plavnica-1 a Plavnica-2
Chemical composition of thermal brines in the Plavnica-1 and Plavnica-2 deep wells

Vrt	Hĺbka obzoru	Anióny v mg/l					Katióny v mg/l				Minerali- zácia	Poznámka
		Cl ⁻	Br ⁻	J ⁻	SO ₄ ⁻	HCO ₃ ⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺	Mg ⁺	mg/l	
Plavnica-1	2 306,0–2 322,0	1 410,0	5,3	2,5	582,1	5 368	2 200	164,2	584,2	131,2	10 416,0	slaná voda s CO ₂ , 8,2 % plynných uhľovodíkov a stopy ropných látok
	2 520,0–2 505,0	1 564,2	5,2	2,1	1 261,6	4 026	2 616,2	164,2	208	97,2	9 982,9	slaná voda s CO ₂ , stopy plynných uhľovodíkov
	3 397,0–3 167,0	1 418,0	3,4	2,0	1 111,6	3 904		2 517,4	240	69,2	9 265,6	slaná voda s CO ₂ , stopy plynných uhľovodíkov
	2 306,0–3 397,0	1 382,1	5,3	2,1	995,8	4 270	2 347,3	149,7	278	122,7	9 675,4	slaná voda s CO ₂ , stopy plynných uhľovodíkov
Plavnica-2	2 774,0–2 739,0	1 453,5	8,1	3,8	1 211,1	4 963	2 671,4	272,7	427,2	38,9	11 770,9	slaná voda s CO ₂ , stopy ropy
	3 010,0–2 475,0	2 775,7	8,0	4,2	967,1	4 666,4		3 519,7	344	54,7	12 387,0	slaná voda s CO ₂ , stopy ropných látok

skom paleogéne vo vrtoch Plavnica-1 a 2 sú negatívne ovplyvnené procesmi spevnenia a cementácie. Ich primárna porozita kolíše od 0 do 2,8 % a puklinová porozita je tiež malá, od 0,1–0,5 %. Priepustnosť hornín je iba puklinová. Pukliny majú 0,02–0,06 mm, sú schopné prepúšťať fluidum, ale ich permeabilita je malá až priemerná, od 12 do 40 nm².10³, len ojedinele od 50 do 130 nm².10³. Aj tieto polohy ostali pri overovaní bez prítoku.

Dobre priepustné sú rozpukané svetlé dolomity z bazálnej časti paleogénu. Ich permeabilita je dobrá (77–233 nm².10³), čo potvrdili aj výsledky čerpacích skúšok.

Mezozoické karbonátové polohy majú tiež premenlivé fyzikálne vlastnosti. Okrem rozpukaných dolomitových polôh vo vrte Plavnica-1 ich primárna porozita je nepatrná, do 0,5 %, priepustnosť mierna, do 50 nm².10³. V intervale 3 200–3 500 m sa permeabilita pohybuje vo vzorkách z jadier od 68–160 nm².10³. V úseku 3 335–3 360 m, odkiaľ nie sú vzorky, je však ešte vyššia. Tu došlo pri hĺbení ku katastrofálnym stratám výplachu a v hĺbke 3 342 m k strate cirkulácie, ktorú sa podarilo obnoviť až po dvakrát opakovanej cementácii.

Vo vrte Plavnica-2 sú karbonáty tiež sekundárne rozpukané. Ich priepustnosť v získaných vzorkách je 30–86 nm².10³. S prihliadnutím na intenzitu prítoku mineralizovaných vód sa zdá, že karbonáty v mezozoiku vo vrte Plavnica-2 sú oproti vrtu Plavnica-1 o niečo menej rozpukané.

Geochemické výsledky

Geochemické hodnotenie paleogénnych a mezozoických súvrství vrtoŧ Plavnica-1 a 2 sa opiera o rozbor organickej hmoty z vrtných jadier (C – organický, C – bituminózný, C – humusový, C – zvyškový), ďalej

o pyrolýzu a rozborý hlbinných vód a plynov (Polesňák, 1987; Dostálek a Polesňák, 1988).

Podľa uvedených autorov sú hlbinné vody z mezozoika aj bázy paleogénu (vrt Plavnica-1) silne metamorfované. Hlavným metamorfným činiteľom bola prítomnosť CO₂ rozpusteného vo vodách vo forme kyseliny uhličitej, čo spôsobuje zvýšenú rozpustnosť karbonátov na rozhraní hornina – voda a následné obohatenie vód hydrogén-karbonátovými iontami.

Obsah rozptýlenej organickej hmoty je v celom profile vrtoŧ pomerne nízky a premenlivý. Za nádejné sa pokladajú súvrstvia, v ktorých obsah organickej hmoty u pelitov je vyšší ako 0,5 – 2 %, u karbonátov vyšší ako 0,3–0,6 %. Relatívne zvýšenie obsahu organickej hmoty v paleogéne vo vrte Plavnica-1 možno pozorovať v intervale cca 1 000–1 700 m (0,152–0,583 %), vo vrte Plavnica-2 v hĺbke 1 400–2 200 m (0,246–0,662 %).

Mezozoické súvrstvie vykazuje tiež kolísavý obsah organickej hmoty. Vo vrte Plavnica-1 bol najvyšší v tmavých vápnito-dolomitických ílovcach v úseku 2 700–3 000 m (0,161–0,797 %), vo vrte Plavnica-2 bol obsah organickej hmoty nižší (0,028–0,484 %).

Kvalita organickej hmoty sa v profile vrtoŧ veľmi nelíši. Kerogén buď neobsahuje voľné uhľovodíky, alebo ich obsahuje len veľmi málo; vo vrte Plavnica-1 je to v rozmedzí 0,03–0,65 mg/g horniny. Maximálne teploty (T_{max}) sa nedali stanoviť takmer pri žiadnej vzorke, čo svedčí o degradácii organickej hmoty. Vo vrte Plavnica-2 bolo stanovené T_{max} 386 °C, čo je netypická hodnota pre pyrolitické uhľovodíky. Naproti tomu vo vrte Plavnica-1 v jadre č. 15 (2 405–2 410 m) hodnota T_{max} poukazuje iba na počiatočné štádium tvorby uhľovodíkov.

Podľa vyššie citovaných autorov organická hmota podľahla pravdepodobne chemogénnej metamorfóze, ktorá spôsobila jej degradáciu do grafitického štádia. Pri mine-

ralizácii organickej hmoty sa mohli uvoľniť iba jednoduché plyny, ako CO_2 , N_2 , NH_4 a snáď aj H_2 . Z toho vyvodzujeme, že organická hmota môže byť zdrojom uvedených plynov, pričom nie je vylúčená existencia samostatných akumulácií plynu.

Co sa týka výskytu bitúmenov, vo vrte Plavnica-2 pozorujeme ich relatívne zvýšenie, čo sa odráža vo vyšších hodnotách obsahu uhľovodíkov, ďalej v uhľovodíkovej bilancii a pri štúdiu luminiscencie hornín (stopové obsahy). V tomto prípade ide o bitúmeny epigenetického pôvodu. Z doterajšej geochemickej analýzy sa zdá, že zdrojové horniny uhľovodíkov bude treba hľadať v hlbších súvrstviach.

Teplotno-tlakové pomery

Aby sme zistili teplotné pole, po dosiahnutí projektovanej hĺbky 3 500 m sme v súlade s projektom vo vrte Plavnica-1 zmerali geotermický stupeň. Meranie sa uskutočnilo po 14-dennej prestávke s týmito výsledkami: v hĺbke 500 m 22,1 °C, 1 000 m 34,4 °C, 1 500 m 47,4 °C, 2 000 m 62,0 °C, 2 500 m 72,4 °C, 3 000 m 84,4 °C, 3 500 m 99,4 °C. Hĺbkový priebeh ustáleného teplotného poľa vo vrte Plavnica-1 vidno na obr. 7. Namerané výsledky potvrdili, že územie vnútrokarpatského paleogénu je pomerne „chladné“. Z geneticko-akumulačného hľadiska je však tento stav priaznivý, pretože vytvára predpoklady pre hospodársky významné koncentrácie uhľovodíkov do hĺbok 6 000–7 000 m (Rudinec, 1985).

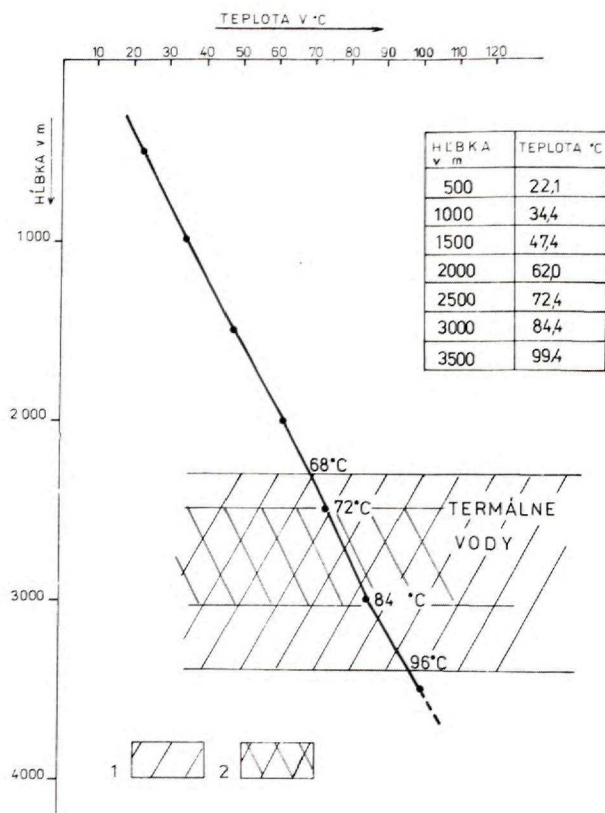
Druhým dôležitým fenoménom pre ropnú geológiu sú vrstvom tlaky, na základe ktorých usudzujeme, koľko energie má médium v kolektorských horninách. Lenže údaje o vrstvom tlakoch máme iba z rozpukaných karbonátov z bázy paleogénu (Pl-1 – dolomitový klast) a z mezozoika (trias). Zo súvrstvia vnútrokarpatského paleogénu nie sú žiadne informácie (obzory boli bez prítoku). Z rozpukaných karbonátov sme v oboch vrtoch zistili prelivy mineralizovaných vôd. Merania ložiskových tlakov a prepočty ukázali, že vrstvom tlaky sú tu o málo vyššie ako hydrostatický tlak, a to od 2 až do 7 %.

Termálne vody

Hoci vrty Plavnica-1 a Plavnica-2 neposkytli z ropno-geologického aspektu pozitívne výsledky, pri čerpacích skúškach sa ukázalo, že z rozpukaných karbonátov možno získať povrchové prelivy mineralizovaných termálnych vôd. Po dohode so Slovenským geologickým úradom v Bratislave a v súlade s vyhláškou č. 1 000/62 ÚBÚ a ÚGÚ Praha boli v jednotlivých vrtoch odskúšané tieto úseky:

Vrt Plavnica-1 bol prepracovaný do hĺbky 3 397 m a súčasne boli overené priepustné obzory z hĺbky 2 306,0 – 2 322,0 m, 2 505,0–2 520,0 m, 3 335,0–3 360,0 m.

Keďže išlo o mineralizovanú vodu, ktorú nie je možné voľne odpúšťať do terénu (ochrana životného prostredia), voda sa ťažila iba do nádrží. Po zapustení stúpadiel



Obr. 7. Hĺbkové vyobrazenie ustáleného teplotného poľa vo vrte Plavnica s vyznačením intervalu výskytu termálnych vôd (Rudinec, 1988). 1 – vo vrte Plavnica-1, 2 – vo vrte Plavnica-2.

Fig. 7. Depthward expression of the stationary thermal field in the Plavnica well indicating depth interval of thermal brine occurrences (Rudinec 1988). 1 – Plavnica-1 well, 2 – Plavnica-2 well.

do hĺbky 2 509 m bol preliv termálnej slabo slanej vody s výdatnosťou $4,5 \text{ l.s}^{-1}$ a maximálnou teplotou na ústí 45 °C pri celkovom odtážení 240 m^3 ložiskovej vody za 40 hod. Termálna voda vytekala v sprievode nehorľavého plynu, ktorý obsahoval 96,4 % CO_2 , 3,4 % dusíka, 0,2 % vodíka a stopy uhľovodíkov. Po uzavretí vrtu sa na ústí ustálil tlak na 0,6 MPa. Voda je stredne mineralizovaná ($9,67 \text{ g.l}^{-1}$), alkalicko-slaná, sodnohrouhličitanový typ, sodnochloridový podtyp. Podľa rozboru OHS v Starej Ľubovni obsahuje ropné látky (v troch vzorkách od 23,8 do $4,5 \text{ mg.l}^{-1}$).

Podobne po prepracovaní vrtu Plavnica-2 do hĺbky 3 020 m boli súčasne overené obzory: 2 495,0–2 475,0 m, 2 508,0–2 502,0 m, 2 543,0–2 518,0 m, 2 575,0–2 610,0 m, 2 760,0–2 772,0 m, 2 779,5–2 786,0 m, 2 795,0–2 799,0 m, 2 847,0–2 910 m, 2 985,0–3 010,0 m.

Zo všetkých uvedených obzorov sa pri krátkodobom overovaní (5 hodinová ťažba limitovaná obsahom nádrží, pretože vodu nebolo možné odpúšťať voľne do terénu) získal preliv termálnej vody s výdatnosťou $3,9 \text{ l.s}^{-1}$ (46 mm potrubie) a maximálnou teplotou na ústí 50 °C.

Podľa chemického rozboru (tab. 1) ide o silne mineralizovanú alkalicko-slanú vodu sodnohydrouhlíčitánového typu s celkovou mineralizáciou $12,3 \text{ g.l}^{-1}$. Voda obsahuje $5,1 \text{ mg.l}^{-1}$ ropných látok. Termálnu vodu sprevádza nehorľavý plyn, ktorý obsahuje 96,5 % CO_2 . Po uzavretí vrtu na ústí vznikol pretlak $1,2 \text{ MPa}$.

Pohlčovacia skúška ukázala, že do rozpukaných karbonátov možno spätne zatlačiť vodu pri tlaku 6–8 MPa.

Teplotný diapazón odberu termálnych vôd vo vrtoch má podľa hĺbky čerpaných objektov od 68 do 96°C (obr. 7). Pri dlhodobom odpúšťaní vody z vrtov by sa teplota oproti nameraným hodnotám zvýšila.

Oba vrty sú od seba vzdialené 2 870 m v členitom teréne. V budúcnosti po podrobnejšom hydrogeologickom výskume je tu celkom reálna možnosť termálne vody využívať ako zdroj energie, event. na rekreačno-turistické účely. Charakter kolektorov umožňuje, aby oba vrty mohli navzájom pracovať ako ťažobno-vŕtačný systém (Rudinec a Smetana, 1987; Rudinec, 1989b). O ich využití sa bude v budúcnosti starať JRD Plavnica.

Záver

Hlboké vrty Plavnica-1 a 2 overili na štruktúre Plavnica (3 500 m) hĺbku vnútrokarpatského paleogénu 2 500–2 700 m. Flyšová sedimentácia paleogénnych súvrství má nevýrazný podiel piesčitej zložky. Na druhej strane sú tu pomerne hojné interformačné telesá polymiktných brekcií, zlepcov a pieskovcov, ojedinele aj blok dolomitov (Plavnica-1).

Príslušnosť takmer 1 000 m mocného komplexu ílovcov a karbonátov pod paleogénom k mezozoiku (jura?, trias) nebola jednoznačne faunisticky preukázaná. Na základe korelácie pomocou seizmických rezov jednak s bližším vrtom Šariš-1, ako aj so vzdialenejšími vrtmi z oblasti štruktúry Lipany sa tento komplex súvrství zaraďuje ku krížňanskému príkrovu, čo je dokázané.

Podrobnejšia analýza stavby širšieho okolia opierajúca sa o vrtné výsledky a seizmické podklady ukazuje, že v paleogéne sa plavnická štruktúra nachádza na sz. svahoch výraznej morfolologickej mezozoickej elevácie s vrcholom pri obci Bajerovce. Podľa týchto podkladov, predovšetkým z vrtu Šariš-1, pod krížňanským príkrovom interpretujeme neznáme súvrstvie, ktoré je v pozícii obalu.

Kolektory v paleogéne sú nepriepustné na ropu. Obzory zlepcov a brekcií boli bez prítoku, aj keď počas vrtania v niektorých boli indikované plynné a kvapalné uhľovodíky. Výborným kolektorom sa ukázal byť rozpučaný blok dolomitov (Plavnica-1). Podľa našich predstáv najperspektívnejším objektom pre ropnú prospekciu by mohlo byť neznáme súvrstvie pod krížňanským príkrovom.

Dobré kolektorské vlastnosti majú rozpukané dolomity a dolomitické vápence triasu (?) zachytené na oboch vrtoch. Z karbonátových masívnych puklinovitých kolektorov sa nameral preliv slaných mineralizovaných

($9,2\text{--}12,3 \text{ g.l}^{-1}$) termálnych vôd s výdatnosťou $3,9\text{--}4,5 \text{ l.s}^{-1}$ a maximálnou teplotou na ústí $45\text{--}57^\circ\text{C}$ pri krátkodobom odpúšťaní.

Aj keď slané mineralizované vody obsahovali ako hlavnú plynnú zložku CO_2 , zistili sme aj prítomnosť plynných uhľovodíkov (stopy, ale aj 8,2 %, event. až 32,8 %) a stopy ropných látok. Pretože obsah uhľovodíkov na vrtoch Plavnica-1 a 2 nemal hospodársky význam, po ďalšom hydrogeologickom výskume bude možné z oboch vrtov v budúcnosti využívať termálnu vodu. Vzhľadom na charakter kolektorov oba vrty môžu pracovať ako ťažobno-vŕtačný systém.

Literatúra

- Dostálek, J. a Polesňák, P. 1988: Geochemické hodnotenie vrtu Plavnica-2. *Manuskript – archív MND PZ Michalovce*.
- Gross, P., Köhler, E. a Samuel, O. 1984: Nové litostratigrafické členenie vnútrokarpatského paleogénu. *Geol. Práce, Spr.*, 81, 103–117.
- Chmelík, F. a Leško, B. 1976: Perspektívy vyhľadávania ložísk ropy a zemného plynu v centrálno-karpatskom paleogéne a jeho hlbinného podkladu východne od Vysokých Tatier. *Geol. Průzk.*, 5.
- Fusán, O. et al. 1963: Vysvetlivky k prehľadnej geologickej mape ČSSR 1:200 000, list Vysoké Tatry. *Bratislava, Geofond*, 215 s.
- Harča, V. 1986: Naftovo-geologické štúdium organickej hmoty v oblasti hromoško-sambronskej antiklinálnej zóny. [Kand. dizertačná práca.] *Manuskript – PF UK Bratislava*.
- Holzknicht, M. 1986: Mikropaleontologické rozborý jadier z vrtu Plavnica-1. *Manuskript – archív MND Michalovce*.
- Holzknicht, M. 1987: Mikropaleontologické rozborý jadier z vrtu Plavnica-2. *Manuskript – archív MND Michalovce*.
- Jandová, B. et al. 1986: Hodnotení fyzikálnych vlastností hornín vrtu Plavnica-1. *Manuskript – MND Michalovce*.
- Jandová, B. et al. 1988: Hodnotení fyzikálnych vlastností hornín z vrtu Plavnica-2. *Manuskript – archív MND Michalovce*.
- Jary, J. et al. 1976: Zpráva o refrakční-seizmickém průzkumu ve flyši a centrálně karpatském paleogénu východního Slovenska. *Manuskript – archív Geofyzika Brno*, 39 s.
- Kullmanová, A. 1987: Petrografické vyhodnotenie mezozoického podložia z hlbinného vrtu Plavnica-1. *Manuskript – archív MND Michalovce*.
- Kullmanová, A. 1988: Petrograficko-mikrofaciálne vyhodnotenie výbrusového materiálu vrtu Plavnica-2. *Manuskript – archív MND Michalovce*.
- Kullmanová, A. a Rudinec, R. 1988: Paleogénne súvrstvie a jeho mezozoické podložie v Spišsko-šarišskom medzihorí (vrt Plavnica-1). *Mineralia slov.*, 20, 5, 455–461.
- Koráb, T. et al. 1986: Závěrečná správa z oporného vrtu Šariš-1. *Manuskript – GÚDŠ Bratislava*.
- Leško, B., Chmelík, F. a Rudinec, R. 1982: Perspektívne územie na ropu a zemný plyn východne od Vysokých Tatier. *Geol. Průzk.*
- Mazúr, E. et al. 1980: Atlas Slovenskej socialistickej republiky. *Bratislava, SAV*.
- Marschalko, R. 1975: Sedimentologický výskum paleogénnych zlepcov bradlového pásma a príľahých tektonických jednotiek a prostredia ich vzniku (východné Slovensko). *Nauka o Zemi, Geol.*, 10, IX, s. 143.
- Michálieček, M. a Prochádzková, V. 1986: Geochemie plynu vrtu Šariš-1. *Manuskript – GÚDŠ Bratislava*.
- Mořkovský, M. et al. 1981: Zpráva o reflexně seizmickém měření v centrálno-karpatském paleogénu východního Slovenska v roce 1980. *Manuskript – Geofond Bratislava*, 43 s.
- Mořkovský, M. et al. 1987: Komplexní zpracování reflexně seizmických měření SRB v centrálno-karpatském paleogénu a flyšovém pásmu východního Slovenska. *Manuskript – archív Geofyzika Brno, Geofond*, 172 s.
- Nemčok, J. et al. 1976: Štruktúrny vrt PÚ-1 Šambron (Lubovnianska vrchovina). *Region. geol. Západ. Karpát*, 8.

- Nemček, J. 1987: Vysvetlivky k tektonickej mape regiónu Čergovského pohoria a Lubovnianskej vrchoviny 1:100 000. *Manuskript – archív GÚDŠ Bratislava*.
- Polesňák, P. 1987: Geochemické hodnotenie vrtu Plavnica-1. *Manuskript – archív MND Michalovce*.
- Řehánek, J. 1986: Petrografické rozborý jadier z vrtu Plavnica-1. *Manuskript – archív MND Michalovce*.
- Řehánek, J. 1987–1988: Petrografické rozborý jadier z vrtu Plavnica-2. *Manuskript – archív MND Michalovce*.
- Rudinec, R. 1985: Energetické zdroje východného Slovenska (ropa, zemný plyn a geotermálna energia). *Manuskript – archív MND Michalovce*.
- Rudinec, R. 1987a: Súčasné predstavy o úložných pomeroch vo flyšových súvrstviach, bradlovom pásme a ich podloží na východnom Slovensku z pohľadu ropnej geológie. In: *II. dni J. Slávika 1987. Geol. stavba Z. Karpát vo vzťahu k prognózam nerastných surovín. Košice, 261–270*.
- Rudinec, R. 1987b: Záverečná správa o vyhľadávacom prieskume – vnútorný flyš (vrt Plavnica-1). *Manuskript – archív MND Michalovce*.
- Rudinec, R. 1988a: Dvojjetážová stavba vnútrokarpatského paleogénu pri južnom úpätí bradlového pásma na východnom Slovensku. *Geol. Práce., Spr., 88*.
- Rudinec, R. 1988b: Záverečná správa o vyhľadávacom prieskume – vnútorný flyš (vrt Plavnica-2). *Manuskript – archív MND Michalovce*.
- Rudinec, R. a Smetana, J. 1987: Termálne vody pri Lubovnianskych kúpeľoch na východnom Slovensku. *Geol. Průzk., 30, 11, 338–339*.
- Rudinec, R. 1989a: Zdroje ropy, zemného plynu a geotermálnej energie na východnom Slovensku. *Bratislava, Alfa, 161 s.*
- Rudinec, R. 1989b: Záverečná správa o vyhľadávacom prieskume – vnútorný flyš – štruktúra Plavnica. *Manuskript – archív MND Michalovce, 51 s.*
- Wojas, A. 1977: Záverečná správa za rok 1976. Refrakcnoseizmický prieskum východoslovenským flyšom. *Warszawa, 43 s.*
- Zádrapa, M. 1986: Petrografické analýzy vrtných jadier a výplachovej drviný z vrtu Plavnica-1. *Manuskript – archív MND Michalovce*.

Geological structures and hydrocarbon prospection results in Paleogene complexes and basement units of the Lubotínska pahorkatina Mts. (NE Slovakia)

Two deep wildcat wells reaching 3,500 m depth (Plavnica-1 and 2, respectively, Fig. 1) have been completed in the Lubotínska kotlina basin of the Hromoš–Šambron horst structure of the Central Carpathian Paleogene unit southerly from the Pieniny Klippen Belt in NE Slovakia.

Results disclosed that flysch sequences of the Central Carpathian Paleogene reach down to 2,500–2,700 m and that the share of arenites in the flysch unit is relatively subordinate. On the other hand, there are frequent intraformational bodies in the unit (Fig. 2, 3). These are made of consolidated, slightly argillaceous sandstone, conglomerate and breccia with fragments of dolomite, limestone and even claystone and contain various metamorphic rocks in variable amounts. In the Plavnica-1 well there is a unit of heavily fractured light and sterile dolomite at the base of Paleogene beds in the 2,306–2,657 m depth interval.

Mesozoic age of the basement is only presumed for the entire interval down to 3,500 m final depths. However, this age is substantiated by detailed lithofacial data and correlations with surficial knowledge but namely with results of the Šariš-1 wildcat by Kullmanová (1987, 1988). The presumed age is hence Jurassic (?) and Triassic for the Mesozoic lithologies. Jurassic (?) age is interpreted for light grey and dark organodetritic calcareous and dolomitic claystone assigned to the Krížna nappe. Carbonatic facies of Triassic age is present in dark grey dolomite fissured into various degrees and dolomitic limestone in places containing layers of whitish-grey to pinkish limestone (Plavnica-2 well). A layer of reddish-brown claystone together with light-grey quartzite characterizing Carpathian Keuper beds were pierced in 3,110–3,203 m depth interval in the Plavnica-2 well.

Jurassic and Triassic lithologies occur in reverse position in both wells what points to imbricate internal structure of the Krížna nappe there (Fig. 3).

Regional correlations of results assuming also seismologic data shows that Paleogene sequences of the Plavnica structure occupy NW slope of a marked morphological elevation built of Mesozoic sequences and reaching their summit near Bajerovce village (Fig. 4, 5). The data from the Central Carpathian Paleogene unit, namely from the Šariš-1 wildcat (Koráb et al., 1986) allow to interpret there a hitherto unknown structure beneath the Krížna nappe creating also cover to crystalline mass.

Carbon dioxide, nitrogen and hydrocarbons were found in crystalline lithologies of the Šariš-1 wildcat in 4–5 km depth interval. The isotopic composition of nitrogen indicates organic provenience (Michalíček, Procházková, 1986) and generation under temperature conditions typical for 6–8 km depth. The expected unit in which organic nitrogen, but probably even natural hydrocarbons, might have generated should be of Mesozoic, eventually also Paleozoic, age buried below the Krížna nappe. This unit is expected under the thrust sheet made of crystalline, perhaps that of the Branisko unit (Fig. 4). Just this hitherto unexplored unit is the most hopeful target of hydrocarbon prospection in the area (Rudinec, 1989a).

In a more general viewpoint, it is genetically impossible compare the position of the Šambron ridge (Chmelík in Fusán et al., 1963) with its immediate Mesozoic underlier. Even if so, then only with the expected unit under the Krížna nappe or, eventually, with a still deeper basement (Fig. 6).

In respect of hydrocarbon prospection, the drilled column of Paleogene rocks is devoid of permeable collectors attaining regional size. The tested conglomerate and breccia layers did not yield water inflow in spite of the indicated gaseous and fluid hydrocarbons during the drilling. Excellent collector properties characterized the fissured dolomite body at the base of Paleogene in the Plavnica-1 well.

Appropriate collector properties display also the dolomite and dolomitic limestone of the Triassic complex fissured into various degrees in both wells. Inflows of thermal brines (9.2–12.3 g · l⁻¹ mineralization, Tab. 1) in amounts of 13.9–4.5 l · s⁻¹ were found in massive fissured carbonate. For a short-term outflow test the surficial temperatures were 45–57 °C but the values may be higher if assumed temperature differences of the environment for a more long-term yield (Fig. 7). Bedding pressures for thermal waters are by 2–7 % higher than the hydrostatic pressure.

In spite of mineralized brines containing carbon dioxide as the main gaseous constituent, even hydrocarbons in 8.2–32.8 % volume and traces of natural oil were found. In view that the found low hydrocarbon contents in both wells do not have economic concentrations, only the thermal brines will be used in the future.