

Petrofyzikální korelace mezozoických a paleogenních souvrství některých vrtů v Západních Karpatech

PAVEL ONDRA¹, JAROMÍR HANÁK¹, JOZEF SALAJ²

¹ Geofyzika, s. p., Ječná 29a, 612 46 Brno 12

² Geologický ústav D. Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava

(Doručené 5. 1. 1990, revidovaná verzia doručená 26. 2. 1990)

Petrophysical correlation between Mesozoic and Paleogene formations of some boreholes in the West Carpathians

The paper deals with statistical processing of physical properties of Mesozoic and Paleogene rocks in some boreholes in the Klippen Belt, Central Carpathian Paleogene and on the margin of the Central Carpathians, measured in laboratory. Further division of some intervals, or the degree of their mutual affinity or diversity, is searched using multivariation statistical methods – cluster and discriminant analyse respectively. The aim of this paper is to contribute for elucidating of stratigraphic and tectonic definition, so far problematic, of some drilled depth boundaries, and inform about possibilities of use of petrophysical methods for such purposes.

Úvod

V naší studii zveřejňujeme výsledky petrofyzikální korelace souvrství v některých vrtech, které zastihly bradlové pásmo, centrální Karpaty a paleogén podtatranské skupiny. K tomu účelu užíváme asi 1 400 hodnot petrofyzikálních parametrů, které byly laboratorně měřeny na odebraných vrtných jádrech a počítačově zpracovány multivariačními statistickými metodami. Do hodnocení zahrnujeme mineralogickou hustotu (D_m), střední magnetickou susceptibilitu (χ) a obsahy Th a K. Tyto parametry jsme získali měřeními na cca 350 ks vzorků.

Cílem naší práce není polemizovat s některými názory o stratigrafickém zařazení jednotlivých vrtných intervalů, které je možno podrobně prostudovat v níže citované literatuře. Geologické veřejnosti předkládáme pouze data o petrofyzikální příbuznosti jednotlivých intervalů, které jsou výsledkem dosud netradičního studia fyzikálních vlastností, tedy nové metodiky, poměrně málo závislé na subjektivním přístupu autorů.

Mineralogická hustota byla měřena tzv. metodou trojího vážení při použití petroleje jako sytícího média, střední magnetická susceptibilita na střídavém mostě KLY-2 (výrobce Geofyzika, s. p., Brno), obsah Th, U a K byl určen gamaspektrometricky.

Jádra zpracovaných vrtů, podrobená měřením, jejichž výsledky jsou obsaženy v rukopisných zprávách Mitevové, Píchové a Uhmanna ze s. p. Geofyzika Brno, byla doplněna dodatečnými odběry ze skladů vrtných jader Geologického ústavu Dionýza Štúra v Bratislavě roku 1989 a měřeními provedenými autory tohoto příspěvku (vrty Lubina-1 a SMB-1, Soblahov). Všechna použítá měření byla provedena v laboratořích s. p. Geofyzika Brno.

Stratigrafie vrtů a metodika statistického zpracování dat

V práci se zabýváme těmito hlubinnými vrty: Lubina-1 (u Myjavy), SBM-1, Soblahov (jv. od Trenčína). Ve východoslovenském segmentu bradlového pásma a podtatranské skupině východního Slovenska zpracováváme dále vrty MLS-1, Podskalka u Humenného, Hanušovce-1, Šariš-1 a Lipany-1 a 3. Smyslem práce je ukázat možnosti použití petrofyziky ke srovnávacímu litologickému studiu a přispět touto metodikou k zařazení, resp. paralelizaci některých dosud sporných hloubkových intervalů.

Vrt Lubina-1 byl zevrubně zpracován Leškem et al. (1978, 1982). Některými aspekty se též zabýval Salaj (in Salaj et al., 1987). Podle Leška et al. (1982) zastihl v intervalu 0–1 876 m flyšové sekvence myjavského paleogénu. Vápence v rozmezí 1 876–2 270 m lze podle Leška et al. (1978) přiřadit k manínské jednotce. Podle novější práce tohoto autora (1982) představuje interval 2 195–2 270 m prokazatelně spodnoeocenní sedimenty. Pelitické vrstvy v úseku 2 270–2 603 m jsou Leškem et al. (1982) považovány za paleogén bradlového pásma (beňatinský flyš), nejnižší interval 2 507,0–3 230,0 m pak pravděpodobně náleží k flyšovým sekvencím bělokarpatské jednotky. Podle Salaje (1. c.) je třeba sedimenty albu až spodního cenomanu, interpretované vzhledem k přítomnosti pískovců a písčitých slínů jako manínské, přearadit do drietomské jednotky (str. 120). U flyšového souvrství drietomské jednotky byly studovány vzorky z hloubky 2 399, 2 455, 2 456, 2 659 a 2 805 m. K tomu lze dále poznamenat, že pro drietomskou jednotku svědčí nejen přítomnost skvrnitých slinitých bezrohovcových vápenců neokomu, ale i polohy lavic tmavých vápenců aptu. Z hloubky 2 211 m jde o tmavé

organogenní vápence, intrabiosparit s ojedinělými zrny glaukonitu a průřezy bentonitů a vzácně i planktonických foraminifer. Přítomné jsou *Ticinella robertis* (Gandolfi), *Hodbergella* sp., *Dorothyia oxycona* (Roys), *Gavelinella* sp., *Spiroplectamina* sp. Nejde o facií urgonských vápenců, ani o facií biomikritických tmavých rohovcových vápenců spodního albu, které jsou známy z manínské jednotky. Rohovcové vápence neokomu, stejně tak jako facií urgonských vápenců, které jsou charakteristické pro manínskou jednotku, ve vrtu Lubina-1 chybějí. Podle Salaje a Priehodské (1987) patří paleogenní flyšové sekvence v nejhlubším intervalu vrtu Lubina-1 (2 607,0–3 230,0 m) k myjavskému (vnitrokarpatiskému) paleogénu. Byly studovány vzorky z hloubky 3 080, 3 083 a 3 190 m. Jde o jemnozrnný vápnitý pískovec. Převládá karbonátový detritus, který v dobře vytríděných nekarbonátových pískovcích magurského flyše není znám.

Ve vrtu SBM-1, Soblahov (u Trenčína) se zabýváme intervalem 160–1 317 m a 1 346–1 803 m podle členění Kullmanové (1978). Horní z nich nelze zatím korelovat z žádným příkrovem Západních Karpat (dále jej nazýváme problematickým), spodní je s největší pravděpodobností shodný s liasem „obalové série“ Inovce. V poslední době černý vývoj spodní až střední jury v tomto vrtu zařazuje Salaj (1989) k váhiku.

Vrtem MLS-1, Podskalka u Humenného, se zabývají zejména Mahel et al. (1975) a Kullmanová (1973).

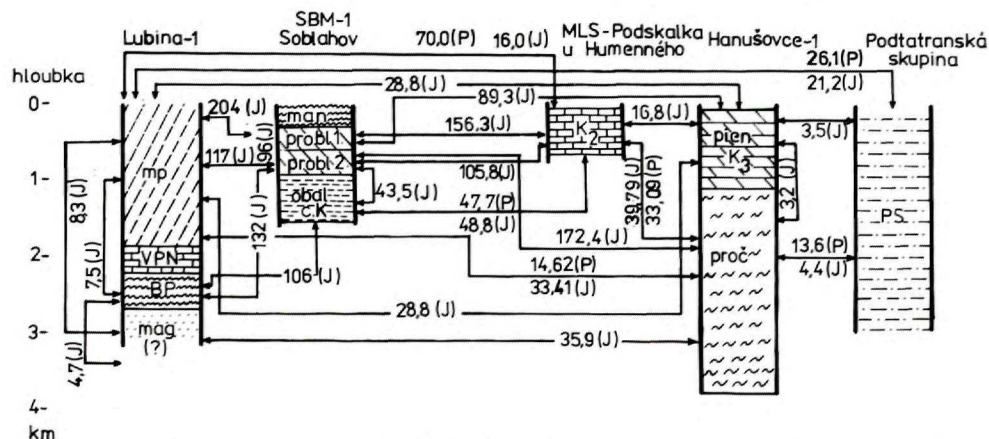
S intervaly ostatních vrtů srovnáváme u vrtu MLS-1 hloubkové rozmezí 20,6–466,0 m, řazené uvedenými autory do albu až spodního cenomanu Humenského pohorí. Toto souvrství tvoří hlavně pískovce a jílovce na rozdíl od jurských a triasových, převážně karbonátových hornin, které byly navrtány v podloží. Mahel et al. (1975) uvádí, že problém „manínských ker“ v tomto vrtu je zatím nevyřešen, celý profil náleží spíše k centrálním Karpatům.

Ve vrtu Hanušovce-1 (Leško et al., 1984) zahrnujeme do hodnocení hloubkové rozmezí 0–3 999,0 m, náležející k bradlovému pásmu. Interval 136–1 268 m je řazen ke kampánu až maastrichtu, v intervalu 1 269–3 990 m pak byly provrtány eocenní až paleocenní pročské vrstvy (beňatinský flyš, povážsko-hanušovský paleogén; Samuel, 1972).

Do zpracování jsou dále zahrnuty vzorky z jader vrtů Lipany-1 a 3 a Šariš-1, které náležejí k vnitrokarpatiskému paleogénu (podtatranské skupiny) východního Slovenska (Gross et al., 1984) a jsou situovány poblíž jižního okraje bradlového pásma mezi Starou Lubovňou a Prešovem.

Ve zpracovaných vrtech se zabýváme pouze těmi intervaly, kde převládají psamity a pelity, nikoli karbonáty.

Při hodnocení naměřených dat statistickými metodami sledujeme dvojí cíl: a) hledáme další eventuelní členění intervalů, z nichž každý je reprezentován určitým poč-



Obr. 1. Schematické vyjádření Mahalanobisovy „vzdálenosti“ D^2 mezi jednotlivými intervaly ve studovaných hlubinných vrtech, vypočtené na základě čtyř petrofyzikálních parametrů. Vrt v bradlovém pásmu, na okraji centrálních Karpat a ve vnitrokarpatiském paleogénu. Vrt Lubina-1: mp – myjavský paleogén, VPN – vápence manínské jednotky (?) klapské jednotky drietomské sekvence (?), BP – pelitický vývoj paleogénu bradlového pásma (?), mag – magurský flyš (?), paleogén. Vrt SBM-1, Soblahov: man – manínská jednotka, probl – problematické souvrství, vápence, jílovce – alb-cenoman (?) obal c.K. – „obalová jednotka“ centrálních Karpat, liasový komplex, ekvivalent Inovce. Vrt MLS-1, Podskalka: K₂ – středně-křídový komplex, jílovce – pískovce, vápence, centrální Karpaty. Vrt Hanušovce-1: pien K₃ – svrchní křída pieninského bradlového pásma, proč – paleogén pročského souvrství. PS – paleogén podtatranské skupiny ve vrtech Šariš-1, Lipany-1, 3, (J) – „vzdálenost“ D^2 vypočtená pro jílovce, (P) – „vzdálenost“ D^2 vypočtená pro pískovce.

Fig. 1. Schematic expression of Mahalanobis' D^2 "distance" between individual intervals in investigated deep boreholes, calculated on the basis of four petrophysical parameters. Boreholes in the Klippen Belt on the margin of the Central Carpathians and the Central Carpathian Paleogene. The Lubina-1 borehole: mp – the Myjava Paleogene, VPN – limestones of the Manín unit (?), of the Klapce unit of the Drietoma sequence (?), BP – pelitic development of the Klippen Belt Paleogene (?), mag – the Magura Flysch (?), Paleogene. The SBM-1 borehole, the Soblahov locality: man – the Manín unit, probl – problematic formation, limestones, claystones – Albian – Cenomanian (?), obal c.K. – "envelope unit" of the Central Carpathians, the Lias complex, equivalent of the Inovce Mts. The MLS-1 borehole, the Podskalka locality: K₂ – the Middle Cretaceous complex of claystone – sandstones, limestones, the Central Carpathians. The Hanušovce-1 borehole: pien K₃ – Upper Cretaceous of the Klippen Belt, proč – Paleogene of the Proč Member, PS – Paleogene of the Subtatic Group in the Šariš-1 and Lipany 1, 3 boreholes, (J) – the D^2 "distance" calculated for claystones, (P) the D^2 "distance" calculated for sandstones.

tem vzorků (statistickým souborem dat) a byl vymezen citovanými autory na základě sedimentologických, paleontologických kritérií či tektonické příslušnosti; b) mezi těmito intervaly, ve všech jejich vzájemných kombinacích, charakterizujeme jejich příbuznost, tj. zjišťujeme, jsou-li vzájemně „vzdálené“, nebo „blízké“. Pro tyto účely používáme jednak sdružovací, jednak diskriminační analýzu. Obě metody hodnotí současně více naměřených parametrů pro každý vzorek odebraný z vrtného jádra, tj. D_M , κ , a obsahy Th a K (tedy v našem případě čtyři parametry).

Sdružovací analýza (cluster analysis) seřazuje na základě „proměnných“ (tj. parametrů D_M , κ , Th, K) jednotlivé vzorky v souboru podle vzájemné podobnosti. Výsledek je graficky vyjádřen v tzv. dendrogramu, podle kterého lze daný soubor rozčlenit na dvě, nebo více skupin.

Diskriminační analýza umožňuje mj. určit „vzdálenost“ mezi dvěma předem vymezenými statistickými výběry na základě určitého počtu „proměnných“. Mírou odlišnosti mezi soubory vzorků (v našem případě intervaly ve vrtném profilu) je tzv. Mahalanobisova zobecněná vzdálenost D^2 . Použitý program umožňuje výpočet veličiny D^2 ve všech vzájemných kombinacích mezi výběry. Při našem dosavadním experimentování s daty fyzikálních parametrů u jednotlivých stratigrafických celků paleogénu a svrchní křídly flyše jsme dospěli k závěru, že za použití zmíněných čtyř parametrů je možno dva soubory, jejichž „vzdálenost“ $D^2 < 15$, považovat za fyzikálně velmi blízké až totožné, při $D^2 > 45$ za relativně vzdálené. Velikosti D^2 mohou v praxi kolísat řádově od jednotek do stovek (což platí ovšem pouze pro uvedené formace a použité parametry). Veličina D^2 tedy velmi citlivě reaguje na změnu velikosti průměrů jednotlivých fyzikálních veličin. Autorem výpočetních programů obou metod je Pavlík z Geofyziky, s. p., Brno.

Při srovnávacích úvahách předpokládáme, že použité naměřené fyzikální parametry – tj. mineralogická hustota, střední magnetická susceptibilita a obsahy Th a K – jsou jedny z charakteristických pro provenienci, příp. diagenetický vývoj studovaných komplexů klastik.

Ve statistickém zpracování pro litologické účely používáme mezi jinými sériově měřenými petrofyzikálními parametry pouze takové, které závisejí na modálním složení, nikoli na struktuře a textuře horniny.

Mineralogickou hustotu, tj. hustotu pevné fáze horniny, zvyšuje příměs detritu nebo pojiva Mg-Fe karbonátů, dále oxidů Fe, slíd, příp. přítomnost siřníků Fe. Snižuje ji naopak např. kaolinit, montmorillonit, organická substance. Kolísání ve složení detritu (kromě dolomitického) působí již změny v D_M méně výrazně např. vzájemný poměr křemen-živce).

Magnetická susceptibilita hornin křídových až paleogenních je převážně relativně nízká (obvykle v desítkách až několika stovkách 10^{-6} j. SI), v průměru nižší u písčinců, vyšší u jílovců. V kladném smyslu ji nejvíce mohou ovlivňovat i nepatrné příměsi magnetitu a pyritu. Zvyšuje ji též podíl biotitu, Fe-karbonátů, hydroxidů a chloritů; u písčinců způsobuje relativní zvýšení též rostoucí podíl jílových minerálů, nejvíce illitu, snížení naopak rostoucí podíl diamagnetického křemene a živců v klastické části, resp. Ca-Mg karbonátů.

Velikost přirozené radioaktivity určují koncentrace Th, U a K. Každý z těchto prvků se řídí svými zákonitostmi migrace. V klastikách je Th jednak vázáno na některé těžké minerály (např. zirkon), jednak je sorbováno na jílové částice. Thorium se vyznačuje nízkou tékavostí, čímž se liší od U. Uran může být rovněž vázán na těžké minerály, daleko více se však na jeho celkových koncentracích podílejí sloučeniny vzniklé chemickými pochody v sedimentech, často v průběhu epigenese. U^{6+} tvoří komplexy, které snadno přecházejí do roztoků. Při redukci U^{6+} na U^{4+} (např. na organické komponentě) vypadá z roztoku v podobě komplexů. Uran proto ze statistického zpracování vypouštíme, protože vzhledem k možnostem sekundární migrace nemusí být jeho koncentrace pro provenienci klastických uloženin charakteristická.

Výsledky statistického zpracování

Sdružovací (clusterovou) analýzu jsme aplikovali v případě problematického souvrství u vrtu SBM-1, Sob-

TAB. 1
Statistické charakteristiky fyzikálních parametrů souvrství ve vrtu
SBM-1, Soblahov, 197 – 1 336,9 m
Statistical characteristics of physical parameters of formations in the
SBM-1 borehole, the Soblahov locality, 197 – 1,336.9 m

Vzorky z rozmezí hloubek (m)	D_M	s	κ	S_G	Th	s	K	s	n
	g/cm ³		10^{-6} j. SI		ppm		%		
197 – 744	2,733	0,023	161,9	1,63	7,1	3,0	0,61	0,43	34
754 – 1 336,9	2,762	0,030	287,4	1,48	13,5	3,0	1,20	0,41	42

D_M — mineralogická hustota, κ — střední magnetická susceptibilita, Th, K obsahy thoria a kalía. Pro D_M , Th, K udány aritmetické průměry, pro κ průměr geometrický, s — směrodatná odchylka aritmetického průměru, S_G — směrodatná odchylka geometrického průměru, n — počet měřených vzorků.

TAB. 2
Výsledky diskriminační analýzy
Results of discriminant analysis

Vrt, metráž	Formace, Stupeň	2		3		4		5		6		7		8		9		10		n	
		P	J	P	J	P	J	P	J	P	J	P	J	P	J	P	J	P	J	P	J
Lubina-1 0—1 876,0	myjavský paleogén	—	7,5	—	8,3	—	204,5	—	117,9	128,4	83,2	14,6	33,4	70,0	16,0	—	28,8	26,1	21,2	16	15
Lubina-1 2 200—2 603	pelitický paleogén			—	4,7	—	300,0	—	203,2	—	165,3	—	41,6	—	28,9	—	43,3	—	29,0	—	20
Lubina-1 2 607—3 230	magurský flyš (?)					—	190,9	—	132,3	—	106,6	—	35,9	—	21,4	—	28,5	—	27,4	—	13
SBM-1 197—744,5	problematické souvrvství							—	96,1	—	59,0	—	90,9	—	156,3	—	29,3	—	199,9	—	34
SBM-1 754—1 336,9	problematické souvrvství									—	43,5	—	172,4	—	105,8	—	65,5	—	255,3	—	42
SBM-1 1 346—1 803	„obalová jednotka“											85,2	102,8	47,7	48,8	—	42,2	71,6	169,7	8	35
Hanušovce-1 1 200—3 871	pročské souvrvství?													33,1	39,8	—	3,2	13,6	4,4	12	26
MLS-1 Podskalka 0—466	alb až cenoman															—	16,8	41,2	30,1	15	29
Hanušovce-1 510—1 620	svrchní křída BP																	—	3,5	—	9
Šariš-1 Lipany-1, 3	PS paleogén																			16	35

Mahalanobisova „vzdálenost“ D^2 pro kombinace mezi jednotlivými výběry, vypočtená na základě čtyř petrofyzikálních parametrů — vrty v bradlovém pásmu, vnitrokarpatiském paleogénu a centrálních Karpatech. BP — bradlové pásmo, PS — podtatranská skupina, paleogén, P — pískovce, J — jílovce, n — počet měřených vzorků.

blahov, 160–1 336,9 m. Ve zpracovaném materiálu se nalézají převážně vzorky vápnitých jílovců (76 vzorků), což reprezentuje i celkový litologický charakter tohoto intervalu. Podle dendrogramu, v němž jsou zahrnuty tyto vzorky jílovců, je možno interval rozdělit na dva úseky, které se od sebe výrazně fyzikálně liší. Rozdíly průměrů ($u D_M$, Th , K jsou udávány průměry aritmetické, v případě κ průměr geometrický a směrodatná odchylka geometrického průměru) vyplývají z tab. 1. Udávané průměry všech čtyř parametrů obou úseků se po zhodnocení testem významně vzájemně statisticky liší s pravděpodobností vyšší než 99,9 %. První, svrchní úsek, je reprezentován vzorky z hloubky 197 až 744 m, podložní úsek pak vzorky z hloubky 754,5 až 1 336,9 m. Jílovce svrchního úseku mají výrazně nižší D_M , κ a přibližně dvojnásobně nižší obsahy Th a K .

Hlavním cílem naší práce je posoudit relativní petrofyzikální „vzdálenost“ intervalů v jednotlivých vrtech. Domníváme se, že podle petrofyzikální příbuznosti je možno uvažovat i o jejich vzájemné náležitosti stratigraficko-tektonické. Jak ukázaly naše předchozí zkušenosti ze zpracování jednotlivých souvrství flyšového paleogénu, je pro tyto účely vhodná diskriminační analýza.

Tab. 2 ukazuje její výsledky, aplikované na zde zkoumaných vrtech. V tabulce jsou uvedeny „vzdálenosti“ D^2 pro všechny kombinace studovaných vrtných intervalů. Zmíněné problematické souvrství vrtu SBM-1, vymezené Kullmanovou (1978), je rozděleno na dvě části (horní 1 a spodní 2). Zvlášť jsou vždy hodnoceny pískovce (P) a jílovce (J). Hodnoty D^2 zde kolísají od jednotek do stovek, takže kritéria pro posouzení relativní příbuznosti souborů vzorků jsou velmi markantní. „Vzdálenosti“ D^2 uvedené v tab. 2 lze vyčíst též z obr. 1, kde je kolonkami ilustrována stratigrafie jednotlivých vrtných intervalů s uvedením vzájemných „vzdáleností“ D^2 jednotlivých intervalů pro pískovce (P) a jílovce (J).

Nejdůležitější výsledky hodnocení petrofyzikální „příbuznosti“ jednotlivých vrtných intervalů lze shrnout do několika bodů:

1. Ve vrtu Lubina-1 jsou hodnoceny tři intervaly: 0–1 876 – myjavský paleogén; 2 200–2 603 m – pelitický vývoj bradlového paleogénu; 2 607–3 230 m – magurský flyš (bělokarpatiská jednotka?). Jílovce těchto intervalů jsou vzájemně petrofyzikálně velmi blízké ($D^2 = 4,7$ až $8,5$), až totožné. Naše zjištění je v souladu se zařazením pelitického vývoje k bradlovému paleogénu (Leško et

al., 1982), poněkud však zpochybňuje předpokládanou příslušnost nejnižšího intervalu 2 607–3 300 m k bělo-karpatské jednotce.

V této souvislosti je třeba uvést, že podle publikovaných analýz modálního složení (Đurković in Leško et al., 1982) není ve složení pískovců myjavského paleogénu a předpokládané bělo-karpatské jednotky významný rozdíl (viz trojúhelníkový diagram, str. 30). Naše výsledky tedy spíše nasvědčují správnosti názoru, že šupina paleogenních hornin naznačená v profilu okolí vrtu Lubina-1 v rozmezí 2 607–3 230 m (Leško a Potfaj in Leško et al., 1982, str. 56) je pokračováním nadložního paleogénu brezovské deprese ve flyšovém vývoji.

2. Oba úseky problematického intervalu ve vrtu SBM-1, Soblahov (197 až 744,5 a 754 až 1 336,9 m), nelze petrofyzikálně paralelizovat s žádným zde zpracovaným souborem, tj. intervalem ve studovaných vrtech. Oba úseky problematického intervalu jsou přitom vzájemně petrofyzikálně vzdálené, představují pravděpodobně stratigraficky či tektonicky oddělené celky, nelze je slučovat.

3. Pienidní (?) svrchní křída a údajně pročské souvrství(?) ve vrtu Hanušovce-1 (východní Slovensko) jsou petrofyzikálně totožné. Výsledek je v souladu s naším předchozím zjištěním na základě vzorků z povrchu (Ondra a Hanák, 1989). Jílovce i pískovce svrchní křídý a pročského souvrství vrtu Hanušovce-1 jsou relativně blízké paleogénu podtatranské skupiny ve vrtech Šariš-1, Lipany-1 a 3.

4. Středněkřídový komplex ve vrtu MLS-1, Podskalka u Humenného (0 až 466 m), řazený k centrálním Karpatům, má relativně blízko ke svrchní křídě obalu bradlového pásma ve vrtu Hanušovce-1.

5. Pískovce myjavského paleogénu ve vrtu Lubina-1 (0–1 876,0 m) jsou poměrně blízké pískovcům pročského souvrství (?) ve vrtu Hanušovce-1.

6. Obalová jednotka ve vrtu SBM-1 (1 346–1 803 m) je petrofyzikálně vzdálená všem ostatním srovnávaným intervalům jak v souboru pískovců, tak i jílovců.

Tyto závěry, jakož i ostatní údaje o příbuznosti jednotlivých intervalů, které obsahuje tabulka 2, předkládáme jako příspěvek k diskusi o zařazení některých hloubkových rozmezí studovaných vrtů. Naš článek může též sloužit jako metodická ukázka použití petrofyziky pro srovnávací litologické studium.

Literatura

- Gross, P., Köhler, E. a Samuel, O. 1984: Nové litostratigrafické členenie vnútrokarpatského paleogénu. *Geol. Práce, Spr.*, 81, 103–117.
- Kullmanová, A. 1973: Rukopisné zhodnotenie stratigrafie vrtu Humenné MLS-1. *Manuskript – archív Geofond Bratislava*.
- Kullmanová, A. 1978: Výskyt pestrých slieňov vrchnej kriedy vo vrtu SBM-1 Soblahov. *Geol. Práce, Spr.*, 71, 157–160.
- Maheľ, M. et al. 1975: Geologické hodnotenie vrtu MLS-1, Podskalka. *Region. Geol. Západ. Karpát*, 12.
- Leško, B. et al. 1978: Nové poznatky o geológii Myjavskej pahorkatiny na základe vrtu Lubina-1. *Geol. Práce, Spr.*, 70, 35–56.
- Leško, B. et al. 1982: Oporný vrt Lubina-1. *Region. Geol. Západ. Karpát*, 17.
- Leško, B. et al. 1984: Geologické hodnotenie vrtu Hanušovce-1. *Mineralia slov.*, 16, 217–255.
- Ondra, P. a Hanák, J. 1989: Petrofyzikální studium sedimentů východoslovenských vnějších Karpat a jeho aplikace při korelaci souvrství. *Geol. Práce, Spr.*, 89.
- Salaj, J. 1989: Geologická stavba bradlovej a pribradlovej zóny stredného Považia a litologická klasifikácia kriedových sedimentov novovymedzených sekvencií. *Mineralia slov.*, 21.
- Salaj, J. et al. 1987: Vysvetlivky ku geologickej mape Myjavskej pahorkatiny, Brezovských a Čachtických Karpát. *Bratislava, GÚDS*.
- Salaj, J. a Priehodská, Z. 1987: Porovnanie gosauských vývojov senónu a paleogénu Myjavskej pahorkatiny a Severných Vápencových Alp. *Mineralia slov.*, 19, 499–521.
- Samuel, O. 1972: Niekoľko poznámok k litologicko-faciálnemu a stratigrafickému členeniu paleogénu bradlového pásma. *Geol. Práce, Spr.*, 59, 285–289.

Petrophysical correlation between Mesozoic and Paleogene formations of some boreholes in the West Carpathians

The paper deals with statistical processing of petrophysical parameters, measured in laboratory on cores of some boreholes, which drilled Mesozoic and Paleogene clastic sediments of the Klippen Belt, Central Carpathian Paleogene and the margin of the Central Carpathians. The Lubina-1 borehole was situated in the Myjavská pahorkatina Mts., the SBM-1 borehole in Soblahov, near Trenčín. Boreholes in Eastern Slovakia, the MLS-1 Podskalka borehole near Humenné, the Hanušovce-1 borehole, the Šariš-1 borehole and the Lipany-1 and 3 boreholes respectively have been also processed. Grain density and mean magnetic susceptibility (D_M and κ) were measured on cores of these boreholes and the content of radioactive elements – Th, U, K was analysed by gamma-ray spectrography. About 350 samples were evaluated. The aim of our investigation is to contribute to the solution of stratigraphic-tectonic problems of some questionable intervals of investigated boreholes and point out possibilities of using of petrophysical methods for comparative lithological study.

Investigated samples from cores of individual boreholes were arranged into individual statistical sets, which correspond to presumed tectonic-stratigraphic units. Measured results were processed using multivariate statistical methods – linear discriminant and cluster analysis respectively.

Discriminant analysis was used mainly for solution of problems of affinity of groups of individuals (in our case of samples). Each individual (sample) is characterized by certain number of features (here by measured values of D_M , κ , and by contents of Th and K). The expression in numbers of the "distance" between assumed stratigraphic-tectonic units of individual boreholes (so called Mahalanobis' "distance" D^2) is the result of application of discriminant analysis. We have ascertained that if the value is $D^2 < 15$, these sets can be considered very near ones or even identical, on the contrary, if the D^2 value is > 45 , both compared stratigraphic-tectonic units are relatively distant. This scale is valid, however, only for parameters used by us for investigated clastic sediments of Mesozoic and Paleogene of the

West Carpathians. In this way it is possible to evaluate the level of stratigraphic-tectonic individualization of successive depth boundaries. The calculated D^2 "distances" between stratigraphic-tectonic units of individual boreholes in all mutual combinations are given in Tab. 2. The D^2 values are also schematically depicted in Fig. 1. The D^2 value is calculated separately for claystones (J) and sandstones (P) respectively. It follows from the analysis that e.g. 2,607–3,230 m interval in the Lubina-1 borehole, which is classified with the Magura Flysch is very near to the overlying interval with overwhelming pelites (2,200–2,603 m), which is classified with Paleogene of the Klippen Belt (the D^2 "distance" of these intervals for claystones is 4.7). It follows from this that the correspondence of the depth interval 2,607–3,230 m with the Magura Flysch is not probable. It is probably

flysch development of Paleogene of the Klippen Belt.

We have applied cluster analysis, which classifies individual samples according to reciprocal similarity in one statistical set, on the SBM-1 Soblahov borehole near Trenčín, at the depth interval of 197–1,337 m. Up to now, this interval is named as "problematic", because it is not analogical to any well-known complex of the West Carpathians, as to facial sedimentologic development. Using cluster analysis, we have divided this interval into two sections, 197–744 m and 1,346–1,337 m. Both sections differ petrophysically very distinctly (see Tab. 1 and Fig. 1). Following application of discriminant analysis not brought any result in case, because both sections are far away from all other compared intervals in boreholes. Individual deformation, from the facial standpoint, was also proved petrophysically.