

Některé výsledky reflexních seizmických měření v oblasti pohřbených vulkanických těles v jihovýchodní části Potiské nížiny

MILAN MOŘKOVSKÝ, JOSEF NOVÁK

Geofyzika, n. p., Brno, pošt. př. 62, 612 46 Brno 12

(10 obr. v textě)
Doručené 2. 5. 1979

Некоторые результаты сейсмических измерений МОВ в области погребенных вулканических тел Ю—В части Потисской низменности (Восточная Словакия)

При помощи сейсмических измерений МОВ в модификации общей глубинной точки определились форма и глубина высших этажей погребенных вулканических тел в неогеновых осадках Восточнословацкого неогенного бассейна. Оценка соотношений тел и окружающих осадков приводила данные о возрасте этих тел и их значении для нефтегазоносности области.

Some results of reflection seismic measurements in the area of buried volcanic bodies of the SE Potiská nížina lowland (Eastern Slovakia)

Reflection seismic measurements using the common depth point method revealed several buried volcanic bodies in the sedimentary filling of the East Slovakian Neogene basin. Relations of volcanic bodies to surrounding sediments allow to deduce their age and assume their importance in hydrocarbon accumulation.

Potiská nížina jako součást východoslovenské neogenní pánve patří k územím se značným stupněm geofyzikální prozkoumanosti. Pro vyhledávání živců zde byla realizována měření seizmická (reflexní i refrakční), tíhová, geomagnetická a geoelektrická. Rychlostní poměry

byly zkoumány pomocí seizmoka-rotáže na některých hlubinných vrtech. Byla uskutečněna i vrtně-refrakční měření. Pozornost byla věnována i zjišťování fyzikálních vlastností hornin.

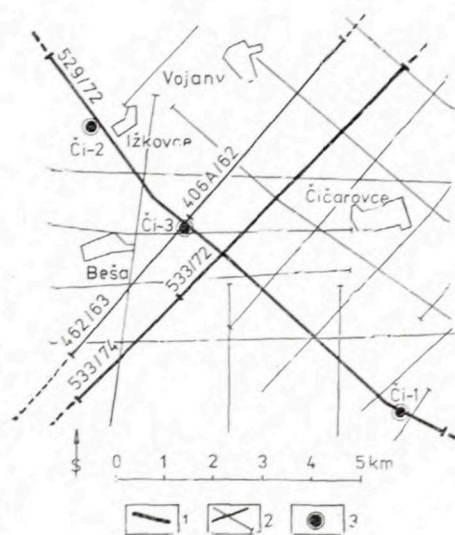
Reflexní seizmické proměřování Potiské nížiny začalo v roce 1955.

V tomto roce i v letech následujících bylo měřeno metodami standardní seizmiky, tj. měřilo se systémem spojitého profilování a registrace byla zajišťována seizmickými aparaturami s oscilografickým záznamem. Seizmické řezy byly konstruovány metodou paprskových diagramů (sestrojených na základě seizmokatážního měření vrtu Sečovce-1). V letech 1965—1971 se k registraci odražených vln používalo analogových seizmických aparatur. Od roku 1972 se měří s využitím vícenásobného překrytí a registrace času příchodu odražených vln se zajišťuje číslicovými (digitálními) seizmickými aparaturami. Jde o metodu společného reflexního bodu (SRB). Tato metoda je založena na zesílení odražených seizmických vln (charakterizujících zkoumaná litologická rozhraní) a potlačení poruch horizontálním součtem odražených vln, získaných z různých bodů odpalu a různých bodů příjmu, které však přísluší jedinému bodu odrazu. Podmínkou je ovšem zavedení jak statických korekcí (omezují zkreslující vliv různé mocnosti přívěškové nízkorychlostní vrstvy, nestejně nadmořské výšky geofonů a odlišných hloubek uložení náloží trhaviny ve vrtech), tak i korekcí kinematických (potlačují závislost času příchodu vln odražených od jediného bodu odrazu na vzdálenosti bodu registrace od bodu odpalu).

Zpracování seizmických dat získaných v číslicové formě se děje

na samočinném počítači EMR 6070 ADVANCE. Rozsáhlý seizmický programový systém umožňuje kromě standardních postupů, které vedou k vykreslení časových řezů, i aplikaci některých speciálních operací (časově proměnná filtrace a dekonvoluce, rychlostní analýzy, výpočet a zavedení zbytkových korekcí, migrace aj.).

Zavedením metody SRB se zpracováním naměřených dat na samočinném počítači byl učiněn značný skok v kvalitě výsledných seizmických materiálů. Na časových řezech



Obr. 1. Schéma reflexních seizmických profilů. 1 — reflexní seizmické profily (SRB), 2 — reflexní seizmické profily (oscilografická registrace), 3 — hlubinné vrty

Fig. 1. Sketch map of reflection seismic profiles. Explanations: 1 — reflection seismic profile using the CDP method, 2 — reflection seismic profile using oscillographic record, 3 — deep drilling site

SRB, v nichž jsou zachovány veškeré registrované informace, je možno (zvláště v oblastech s příznivými seizmogeologickými podmínkami) sledovat do značných hloubek a na značné vzdálenosti fyzikální rozhraní, řešit detailní strukturní stavbu, odlišit sedimentární souvrství od vulkanických poloh, řešit tektonickou stavbu aj. Poznáváme, že dřívější zpracování údajů reflexní seizmiky, získaných při oscilografické registraci, bylo nutně ovlivněno subjektivním přístupem zpracovatele (korelace reflexů a jejich zakreslení do hloubkového řezu aj.).

Síť reflexních seizmických profilů odměřených v širším okolí Beší a Čičarovců ukazuje obr. 1.

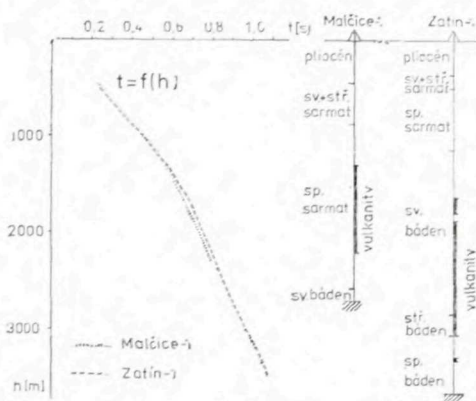
Stratigrafické údaje hlubinných vrtů, kterých budeme dále používat, byly převzaty z kolektivních reinterpretací pracovníků Moravských naftových dolů — ředitelství koncernového podniku v Hodoníně a závodu Michalovce.

Rychlostní poměry

Podrobná znalost rychlostí šíření elastických vln mělkými částmi zemské kůry je nezbytná při převodu korelovaných odrazových elementů z časového oboru do hloubkového měřítka. Údaje o rychlostních poměrech se v běžné praxi získávají seizmocarotážním měřením na hlubinných vrtech.

Pro pracovní oblast jsme použili údajů, získaných při seizmocarotážních

měřeních na vrtech Malčice-1 (ca 7,5 km sz. od obce Ižkovec) a Zátín-1 (ca 5,5 km jz. od obce Beša). Obrázek 2 ukazuje, že čas příchodu přímé vlny do sondážního geofonu, a tedy i rychlost šíření elastických vln ve stejném hloubkovém intervalu, jsou na obou vrtech velmi blízké. Závislosti $t = f(h)$, znázorněné na obr. 2,



Obr. 2. Seizmocarotážní měření na vrtu Malčice-1 (Z. Klímek — S. Mayer — A. Kocák 1959) a Zátín-1 (J. Novák et al. 1969)

Fig. 2. Seismic logging measurements on Malčice-1 drilling (Z. Klímek — S. Mayer — A. Kocák 1959) and on Zátín-1 drilling (J. Novák et al. 1969)

bylo v zájmové oblasti použito pro konstrukci hloubkových řezů. Pro převod z časové oblasti do hloubkového měřítka bylo využito jen nejvýraznějších reflexů.

Oproti rychlostním závislostem, získaným na hlubinných vrtech v centrální a severní části pánve, je u vrtů Malčice-1 a Zátín-1 nápadným jevem poměrně prudký ohyb křivky $t = f(h)$. K tomuto

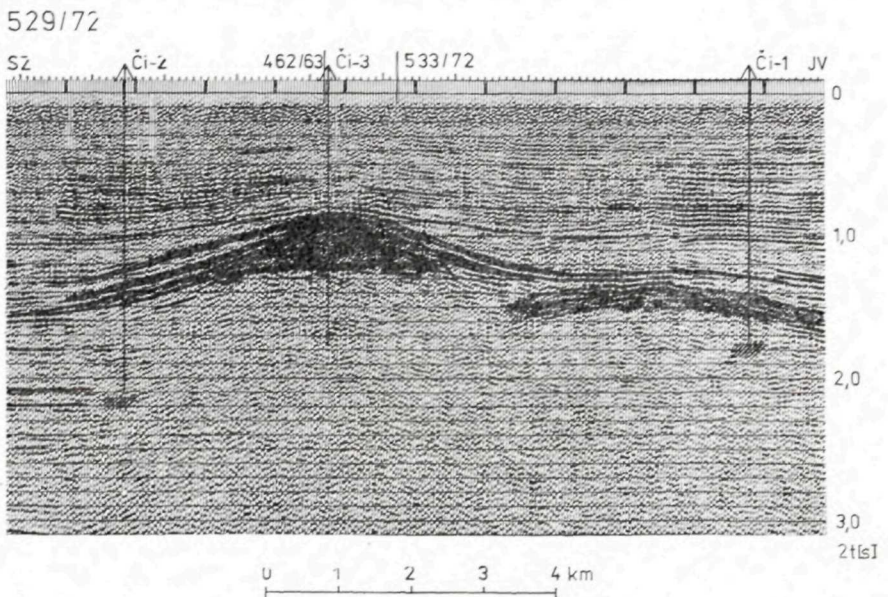
ohybu dochází u vrtu Malčice-1 v hloubce 1300 m, u vrtu Zatín-1 v hloubce 1650 m. Jde o zvýšení rychlosti elastických vln, které je vyvoláno výraznou změnou litologie hornin. V uvedených hloubkách zastihly totiž jmenované vrty buď přímo vulkanity (převážně andezity a tufy), nebo vulkanogenní materiál (tufity, tufitické pískovce apod.).

Interpretace seizmických řezů

Pro širší okolí Beši a Čičarovců je charakteristická přítomnost pohřbeného *vulkanického tělesa bešanského* (na JZ) a *tělesa čičarovce-kého* (na SV). Existence zakrytých vulkanických poloh byla předpo-

kládána už na základě výsledků geomagnetických a tíhových měření (O. Man 1960; M. Blížkovský — A. Kocák 1961) a byla potvrzena výsledky vrtů Čičarovce-1 a 2, z nichž první navrtal vulkanický proud v hloubce 1550 až 1590 m a souvislou vulkanickou polohu v hloubce od 1790 m, druhý zjistil andezitové proudy v hloubkách 1470—1505 m, 1670—1740 m a 1795—1925 m. V současné době hloubený vrt Čičarovce-3 ověřil interpretaci geofyzikálních materiálů a zastihl povrch vulkanických těles v hloubce 834 m.

Seizmické řezy SRB, a to zejména seizmické řezy 529/72 a 533/74, ukázaly, že zakrytá vulkanická tělesa se projevují



Obr. 3. Seizmický profil 529/72 (SRB) — časový řez
Fig. 3. Seismic profile 529/72 (CDP) travel-time section

— náhlým přerušením kvalitních plynule sledovatelných reflexů od sedimentárních komplexů na styku s vulkanickým tělesem;

— nápadným seskupením reflexů modelujících reliéf tělesa;

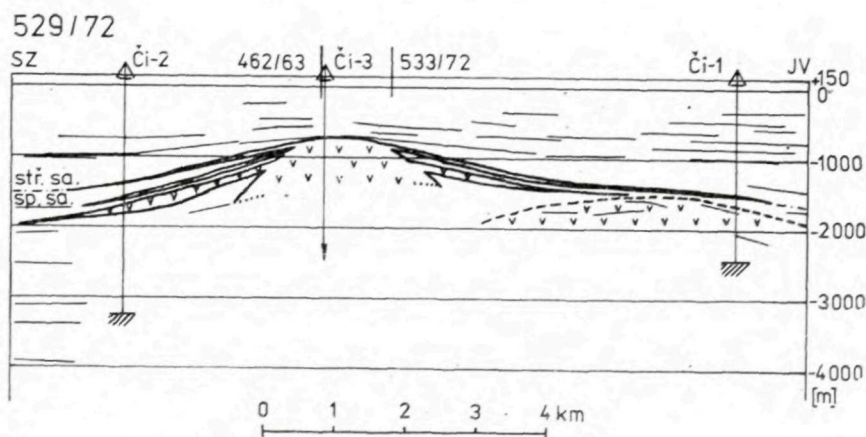
— absencí reflexů z vulkanického tělesa, resp. existencí krátkých odrazů, chaoticky rozložených; charakterizují zřejmě části jednotlivých lávových proudů příp. vytržené bloky starších hornin;

— potlačením četnosti a zmenšením délky, resp. vymizením reflexů

z podloží vulkanických těles;

— vznikem difragovaných vln.

Profil 529/72 (obr. 3 a 4) prochází sv. úbočím bešanského vulkanického tělesa. Na časovém řezu pozorujeme na obou svazích výrazné, většinou krátké a skloněné reflexy, které zřejmě indikují lávové příkrovy (jejich existenci prokázal vrt Čičarovce-2). Na všech předložených seizmických řezech pro zjednodušení znázorňujeme pouze rozhraní střední sarmat/spodní sarmat.

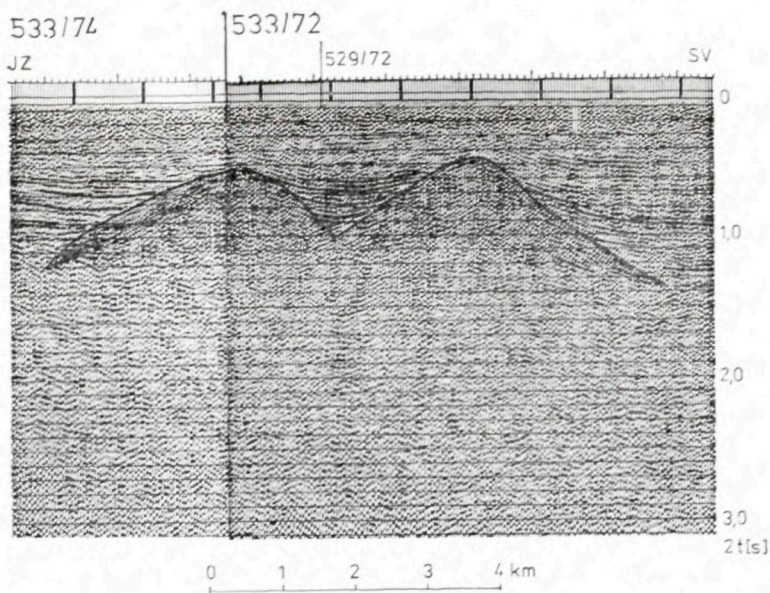


Obr. 4. Seizmický profil 529/72 (SRB) — hloubkový řez
Fig. 4. Seismic profile 529/72 (CDP) distance-migrated section

Ze vztahu sedimentárních poloh, reprezentovaných výraznými souvislými reflexy, vůči povrchu bešanského vulkánu lze usuzovat na stáří vulkanického tělesa a další vývoj neogenní pánve.

Během spodního sarmatu, až po bázi středního sarmatu, fungovalo bešanské těleso v sedimentárním

plánu jako rigidní těleso, podmiňující vznik epigenetických sedimentárních struktur „obalového“ typu. K úplnému pohřbení vulkánu dochází tedy ve středním sarmatu. Ovšem i poté, vzhledem k větší subsidenci na křídlech vulkanického tělesa a pravděpodobně i uplatňující se diferenční kompakci, prak-



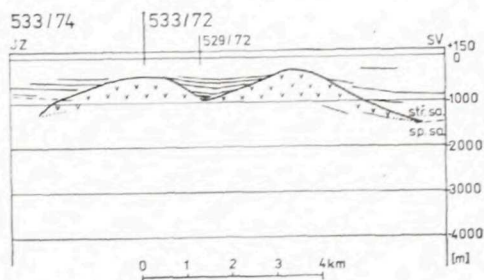
Obr. 5. Seizmický profil 533/74, 72 (SRB) — časový řez
 Fig. 5. Seismic profile 533/74, 72 (CDP) travel-time section

ticky až do pliocénu se pohřbené vulkanity uplatňují jako strukturotvorné prvky.

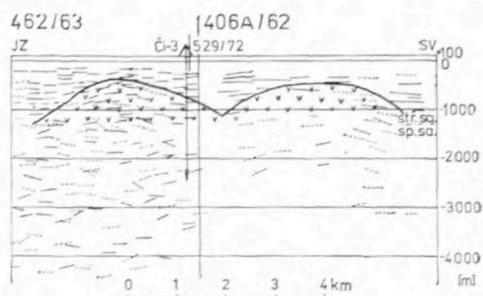
Vulkanická poloha, která byla zjištěna v hloubce 1790 m vrtem Čičarovce-1, projevuje se v časovém řezu méně výrazně.

Profil 533/74, 72 (obr. 5 a 6) je veden jv. úbočím bešanského a téměř vrcholovou částí čičaroveckého tělesa. Omezení obou vulkánů vůči neogennímu souvrství je výraznější než u profilu 529/72. Charakter reflexů v blízkosti vulkanických těles nenasvědčuje přesvědčivě na přítomnost lávových proudů, proto jsme je na obr. 5 a 6 nezakreslili.

Z hlediska seizmogeologického je velmi zajímavý prostor mezi vulkanickým tělesem bešanským a tělesem čičaroveckým. Vyznačuje se výraznými reflexy, korelovatelnými spojitě v celém prostoru mezi vulkanickými tělesy. Z morfologie vulkanitů a průběhu odrazných elementů lze obdobně jako u profi-



Obr. 6. Seizmický profil 533/74, 72 (SRB) — hloubkový řez
 Fig. 6. Seismic profile 533/74, 72 (CDP) distance-migrated section



Obr. 7. Seismický profil 462/63-406A/62 (oscilografická registrace) — hloubkový řez

Fig. 7. Seismic profile 462/63-406A/62 (oscilographic record) distance-migrated section

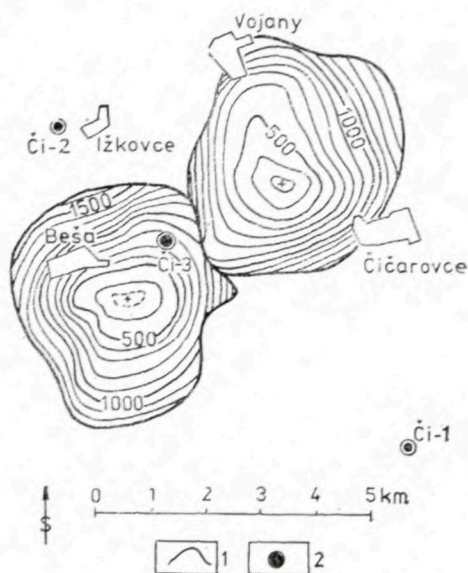
lu 529/72 usuzovat, že v období sedimentace vyšší části spodního sarmatu již tělesa existovala jako morfologicky výrazné elementy. Materiál vznikající jejich rozrušováním byl transportován do depresí. Vzhledem k vynikajícím odrazným vlastnostem těchto horizontů lze soudit, že po litologické stránce jsou tvořeny střídáním poloh vápnitých jííl a tufogenního materiálu, nejspíše tufitického pískovce.

Profil 462/63-406A/62 (obr. 7) ukazuje, že věrohodnost interpretace je na oscilograficky registrovaných seismických řezech oproti časovým řezům SRB podstatně menší. Přítomnost pohřbených vulkanických těles se projevuje zejména náhlou změnou sklonu odrazových plošek, resp. absencí odrazů pod reliéfem vulkanické polohy.

Jak ukazují obr. 3—7, sledování hlubších částí vulkanických poloh,

resp. fyzikálních rozhraní procházejících pod těmito polohami je úkol obtížný. Co se týká polohy a tvaru přírodních kanálů vulkanického materiálu, ukazuje se, že tento úkol ze seismických materiálů zatím nelze řešit.

S využitím výsledků všech odměřených seismických profilů, znázorněných na obr. 1, byly vysledovány tvar a poloha bešanského a čičaroveckého vulkanického tělesa (J. Novák 1976). Ukázalo se, že jejich půdorys je blízký kruhu a zabírá u tělesa bešanského plochu



Obr. 8. Strukturální schéma povrchu zakrytých vulkanických těles bešanského a čičaroveckého (J. Novák 1976)

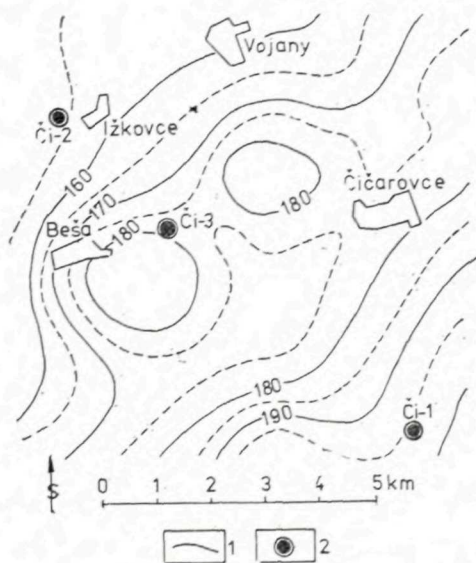
1 — izohypsy povrchu vulkanitů (po 100 m pod hladinou moře), 2 — hlubinné vrty

Fig. 8. Structural scheme of the Bešany and Čičarovice buried volcanic bodies surface (J. Novák 1976). Explanations: 1 — isohypses by 100 m below the sea-level, 2 — deep drilling site

14,5 km², u tělesa čičaroveckého plochu 13,8 km². Sklony svahů jsou převážně 20–30°. Minimální hloubka pod povrchem je u tělesa bešanského 450 m, u tělesa čičaroveckého 400 m (obr. 8).

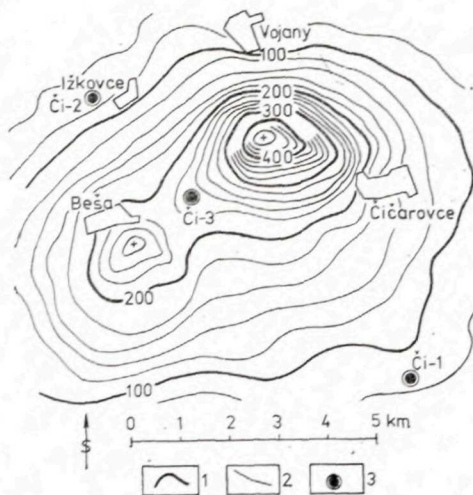
Porovnání získaných výsledků s jinými geofyzikálními pracemi

Obr. 9 ukazuje mapu úplných Bouguerových anomálií (M. Blížkovský — A. Kocák 1961). Vulkanická tělesa se projevují výrazně. Zjistilo se totiž, že oproti



Obr. 9. Mapa úplných Bouguerových anomálií, redukční hustota 2,0 g/cm³ (M. Blížkovský — A. Kocák 1961) 1 — tíhové izolinie v jednotkách μms^{-2} ($1 \mu\text{ms}^{-2} = 0,1 \text{ mGal}$), 2 — hlubinné vrty

Fig. 9. Complete Bouguer anomaly map using reduction density of 2.0 gcm⁻³ (M. Blížkovský — A. Kocák 1961). Explanations: 1 — gravity isoline in μms^{-2} units ($1 \mu\text{ms}^{-2} = 0,1 \text{ mGal}$), 2 — deep drilling site



Obr. 10. Mapa izonomál magnetické vertikální intenzity (O. Man 1960) 1 — izolinie vertikální magnetické intenzity po 100 nT (1 nT = 1 γ), 2 — izolinie vertikální magnetické intenzity po 20 nT, 3 — hlubinné vrty

Fig. 10. Isoanomaly map of vertical magnetic intensities (O. Man 1960). Explanations: 1 — isolines of equal vertical magnetic intensity by 100 nT (1 nT = 1 γ), 2 — isolines of equal vertical magnetic intensity by 20 nT, 3 — deep drilling site

hustotám neogenních sedimentů, které se pohybují kolem 2,0 g/cm³, dosahují andezity hustot až 2,74 g/cm³ (J. U h m a n n 1958). Polohy maxim tíhových anomálií odpovídají se značnou přesností poloze vrcholů bešanského a čičaroveckého tělesa.

Kvantitativní interpretaci bešanské tíhové anomálie se zabýval A. Novotný (in M. Mořkovský et al. 1972). Aproximoval rušivé těleso koule a určil hloubku vrchního okraje vulkanitů cca 650 m pod povrchem.

V. Čekan (1966) uskutečnil kvantitativní interpretaci z hodnot vyšších derivací tíže. Při aproximaci vulkanických těles rotačním elipsoidem (s vertikální osou rotace) zjistil pro těleso bešanské hloubku vrchního okraje 560 m, pro těleso čičarovecké hloubku vrchního okraje 580 m pod povrchem.

Mapa izolinií vertikální magnetické intenzity, znázorněná na obr. 10 (O. Man 1960), ukazuje velmi výraznou magnetickou anomálii nad oběma vulkanickými tělesy. Susceptibilita, zjištěná u pyroxenických andezitů, dosahuje průměrně 50× větších hodnot než susceptibilita neogenních sedimentů (J. Fischer 1958).

Kvantitativní interpretaci bešansko-čičarovecké magnetické anomálie provedl O. Man (1960). Pro tělesa aproximovaná koulemi uvádí hloubku 550 m pod povrchem.

Rovněž z interpretace starších geoelektrických měření (M. Mořkovský et al. 1972) i refrakčních seizmických řezů (M. Hrdlička — S. Kořalka — M. Mořkovský 1968) se předpokládala poněkud větší hloubka zakrytých vulkanických těles.

Závěr

Ukázalo se, že časové řezy SRB přinášejí v podmínkách Potiské nížiny nejvěrohodnější informace potřebné k určení polohy a tvaru, resp. — při dobrých znalostech rychlostních poměrů — i hloubek

pohřbených vulkanických těles. Nutno mít ovšem na zřeteli, že vzhledem k charakteru vulkanických erupcí (jedná se převážně o střídání vulkanogenního materiálu s polohami sedimentů) není možno hranici mezi sedimentárním souvrstvím a vulkanickou polohou chápat zcela striktně.

Co se týká stáří vulkanických těles bešanského a čičaroveckého, považujeme je v souladu se staršími představami (J. Slávik — J. Čverčko — R. Rudinec 1968) za spodnosarmatské.

Reflexní seizmický průzkum v oblastech zakrytých vulkanických těles se provádí s ohledem na jejich možnou ropo-plynonosnost (D. Durica 1965, R. Rudinec — C. Tereska 1972, J. Čverčko 1973, M. Řeřicha 1977). Tento názor je založen na strukturní funkci a úloze vulkanických těles kopulovitého tvaru a odrazu těchto forem v nadložních komplexech. Výše uvedení autoři v těchto oblastech považují za nadějně

— písčité, dobře propustné obzory v nadloží vulkanických kopulí, resp. na jejich svazích;

— dobře propustné tufiticko-písčité partie v bezprostředním nadloží andezitových proudů a dodatečně překryté polohami pyroklastik.

Podle našeho názoru se uvedené příznivé ocenění s perspektivou ekonomicky významných akumulací živců ve vulkanických oblastech váže na tělesa starší, zejména svrchnobádenská. Mladší vulkanické fá-

ze ovlivnily event. starší akumulace, a to jak přímou explozivní destrukcí, tak i narušením hydrodynamických poměrů a odhermetizováním, příp. pastí. Z tohoto hlediska je pak u vulkanických těles spodnosarmatského stáří nutno počítat s možnou akumulací živců až během středního a svrchního sarmatu a pliocénu. U mladších těles musíme uvažovat o odpovídající mladší remigraci a akumulaci živců.

V těchto vztazích je třeba hodnotit i význam a použití reflexní seizmiky v neogenních oblastech s pohřbenými vulkanickými tělesy. Současná seizmická polní a zpracovatelská technika umožňuje zjišťo-

vat reliéf zejména těch vulkanických těles, která jsou uložena v hloubkách do 2 km. Pokud se vulkanická tělesa překrývají, pak hlubší z nich se identifikují velmi obtížně a často je nelze vůbec nalézt. Je to podmíněno hlavně značnou reflektivitou výlevných vulkanických poloh, takže z podloží mocnějších výlevů již nezískáváme dostatečně výrazné reflexy. Uplatňuje se tu i mechanická destrukce původních vrstevních celků, jejímž výsledkem je vznik nedostatečně rozměrných útržků hornin, které nejsou příznivým prostředím pro vznik výrazných užitečných odražených vln.

Recenzoval B. Leško

LITERATURA

- Blížkovský, M. — Kocák, A. 1961: Detailní gravimetrický průzkum v severní části Potiské nížiny r. 1960. *Manuskript — Geofyzika Brno*. 88 s.
- Čekan, V. 1966: Hodnocení některých tíhových anomálií v Potiské nížině. *Manuskript — Geofond Bratislava*. 14 s.
- Čverčko, J. 1973: Pioniersky prieskum elevácie Čičarovce. *Manuskript — Geofond Bratislava*, 15 s.
- Đurica, D. 1965: Vulkanické štruktúry vo východoslovenskej neogénnej panve a ich význam. *Geol. práce, Spr. (Bratislava)*, 37, s. 45—54.
- Fischer, J. 1958: Výzkum magnetických vlastností hornin. *Manuskript — VÚGI Brno*. 54 s.
- Holzbauer, K. et al. 1963: Zpráva o reflexně seizmickém průzkumu prováděném v roce 1962. Oblast VSN. *Manuskript — Geofond Praha*, 76 s.
- Hrdlička, M. — Kořalka, S. — Mořkovský, M. 1968: Refrakčně seizmický průzkum v oblasti východoslovenského neogénu. *Manuskript — Geofond Bratislava*, 71 s.
- Jarý, J. et al. 1964: Zpráva o reflexně-seizmickém průzkumu prováděném v r. 1963. Oblast VSN. *Manuskript — Geofond Praha*. 44 s.
- Klímeček, Z. — Mayer, S. — Kocák, A. 1959: Závěrečná zpráva o seizmickém průzkumu prováděném v r. 1958. Oblast VSN — Trebišov. *Manuskript — Geofond Praha*. 86 s.
- Mán, O. 1960: Závěrečná zpráva o detailním magnetickém průzkumu prováděném v r. 1959. Oblast VSN — jižní část. *Manuskript — Geofyzika, Brno*. 30 s.
- Mořkovský, M. et al. 1972: Geofyzikální průzkum ve východoslovenském neogénu — geoelektrické měření v oblasti Beší a Čičarovců. *Manuskript — Geofond Praha*. 30 s.
- Mořkovský, M. et al. 1973: Seizmický průzkum východoslovenské neogenní oblasti v roce 1972. *Manuskript — Geofond Bratislava*. 73 s.
- Novák, J. et al. 1969: Reflexní seizmický průzkum VSN v r. 1968. *Manuskript — Geofyzika, Brno*. 68 s.

- Novák, J. 1976: Reflexní seismický průzkum jihovýchodní části Potiské nížiny. *Manuskript — Geofond Bratislava*. 82 s.
- Rudinec, R. — Tereska, C. 1972: Nafto-plynonádejnosť vulkanických štruktúr vo východoslovenskom neogéne. *Mineralia slov.*, 4, č. 14, s. 23—28.
- Řeřicha, M. 1977: Zhodnotenie geologických a geofyzikálnych podkladov v oblasti beňansko-čičarovskej vulkanickej štruktúry a návrh ďalšieho prieskumu *Manuskript — Geofond Bratislava*, 17 s.
- Slávik, J. — Čverčko, J. — Rudinec, R. 1968: Geology of neogene volcanism in East Slovakia. *Geol. práce, Spr. (Bratislava)*, 44—45, pp. 215—238.
- Uhmann, J. 1958: Výzkum hustot hornin naftonadějných oblastí ČSR. *Manuskript — Geofyzika Brno*. 160 s.

Some results of reflection seismic measurements in the area of buried volcanic bodies of the SE Potiská nížina lowland (Eastern Slovakia)

MILAN MOŘKOVSKÝ, JOSEF NOVÁK

A set of volcanic bodies of Upper Badenian to Lower Sarmatian age is buried below younger sediments in the East Slovakian Neogene basin, mainly in its southern portions. Except of basic determination of their site from gravimetric and magnetometric data, their shape and depth were accurated by reflection seismic measurements using methods of the common depth point (CDP). It was ascertained that the method yields effective results mainly to 2 km depth. In case when single younger and older volcanic bodies overlap, the deeper bodies are identified only with difficulties. Complications are due to high reflectivity of effusive volcanic bodies, so that these do not allow obtain sufficiently characteristic reflections from more deep levels. Even the mechanical distortion of bedding units deprives ge-

neration of well pronounced useful reflected waves.

As the most pronounced symptoms of buried volcanic bodies we assume:

— the sudden interruption of good quality and continuously followable reflections from sedimentary units along boundaries with the volcanic body,

— the remarkable grouping of reflections modelling the relief of the body in question,

— absence of reflections from inside of the volcanic body or short reflections having chaotical arrives,

— suppression of frequency and decrease of lenght to vanishing of reflections from the substratum of the volcanic body, and

— generation of diffracted waves.

Preložil I. Varga