

Časový vývoj neogénneho andezitového vulkanizmu na východnom Slovensku na základe magnetostratigrafickej stupnice

IVAN GNOJEK¹, MICHAL KALIČIAK²

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

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

(Doručené 23. 2. 1990, revidovaná verzia doručená 23. 5. 1990)

Chronological development of Neogene andesite volcanism in Eastern Slovakia in the light of magnetostratigraphic scale

Magnetic polarization schemes of the Slanské vrchy Mts., Vihorlat Mts. and Zemplin buried volcanic Mts. have been compiled on the basis of quantitative analysis of the latest aerial magnetic maps. These maps elucidate a good correspondence, as a whole, with until now geological interpretations and geological division of individual andesite volcanic structures.

The evaluation of magnetic polarity of individual volcanic structures together with radiometric ages of volcanic rocks has enabled to classify them with the chronologically nearest period of corresponding polarity in the latest magnetostratigraphic scale, in which periods of both normal and inverse polarity of the earth's magnetic field are defined with accuracy of 10^2 My. The precision of chronological development of andesite volcanism in Eastern Slovakia is the result of the above.

Úvod

Magnetometrické profilovanie dna oceánov v rámci rôznych projektov globálneho výskumu prinieslo od začiatku 60. rokov (napr. Vine a Matthews, 1963; Pitman a Heirtzler, 1966; Le Pichon a Heirtzler, 1968 a ďalší) cenné poznatky pre globálnu tektoniku a prispelo k poznaniu funkcie oceánskych riftov, k poznaniu tektonického obrazu oceánskej kôry a v neposlednom rade tiež k veľkému pokroku v paleomagnetickom výskume.

K závažnejším poznatkom patrí dešifrovanie striedajúcej sa polarite magnetického poľa Zeme v jej geologickej histórii spolu s informáciami o časovom priebehu vzájomných zmien normálnej a reverznej polarite zemského magnetického poľa.

Časovou kalibráciou týchto magnetických inverzií boli zostavené magnetostratigrafické stupnice. Poslednú a zatiaľ najdokonalejšiu takúto stupnicu, uvedenú v práci Harlanda et al. (1982), využívame v našom príspevku pri analýze časového vývoja neogénneho andezitového vulkanizmu na východnom Slovensku.

Magnetická polarita vulkanitov

Schopnosť niektorých hornín uchovať si svedectvo o kvalite geomagnetického poľa v dobe ich vzniku, resp. v dobe ich premeny do konečného (zatiaľ posledného) stavu je známa už dlhší čas a využíva sa pri paleomagnetickom výskume hornín. Údaje o magnetickom poli Zeme veľmi zreteľne „konzervujú“ bázické a intermediárne vulkanické horniny.

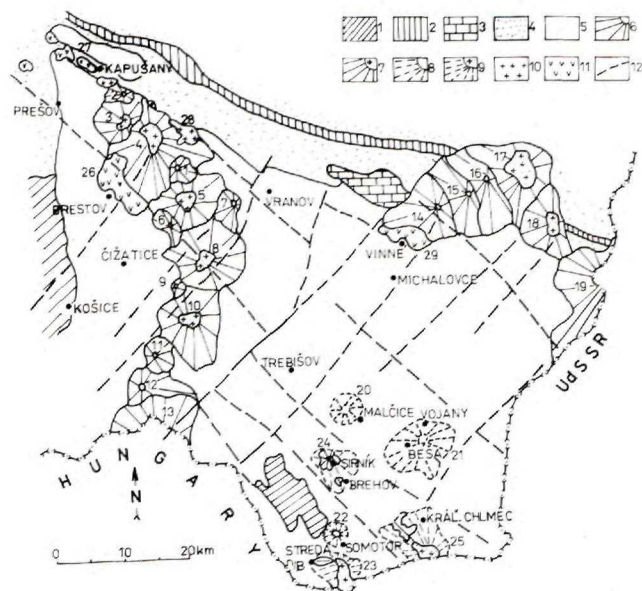
Paleomagnetickému výskumu východoslovenských

neovulkanitov sa už dlhšiu dobu venuje predovšetkým Orlický, ktorý prispel k dosiahnutiu súčasného stavu poznatkov o postupnosti vulkanických udalostí a o celkovom geologickom vývoji územia (Orlický et al., 1974, 1985; Orlický, 1989).

Meraním a analýzou paleomagnetických parametrov rôzne veľkých súborov vzoriek z vulkanických hornín sa postupne dešifrovala rôzna geomagnetická polarita vulkanitov. Výsledky rádiometrických vekov hornín sa konfrontovali s prvými geomagnetickými časovými stupnicami (napr. Heirtzlera et al., 1968). Prínos týchto Orlického prác z paleomagnetického výskumu vulkanitov je nesporný a počet stanovených magnetických parametrov hornín je bezkonkurenčný. Určitým nedostatkom je, že namerané údaje predstavujú v podstate plošne nerovnomerne rozložené bodové pole.

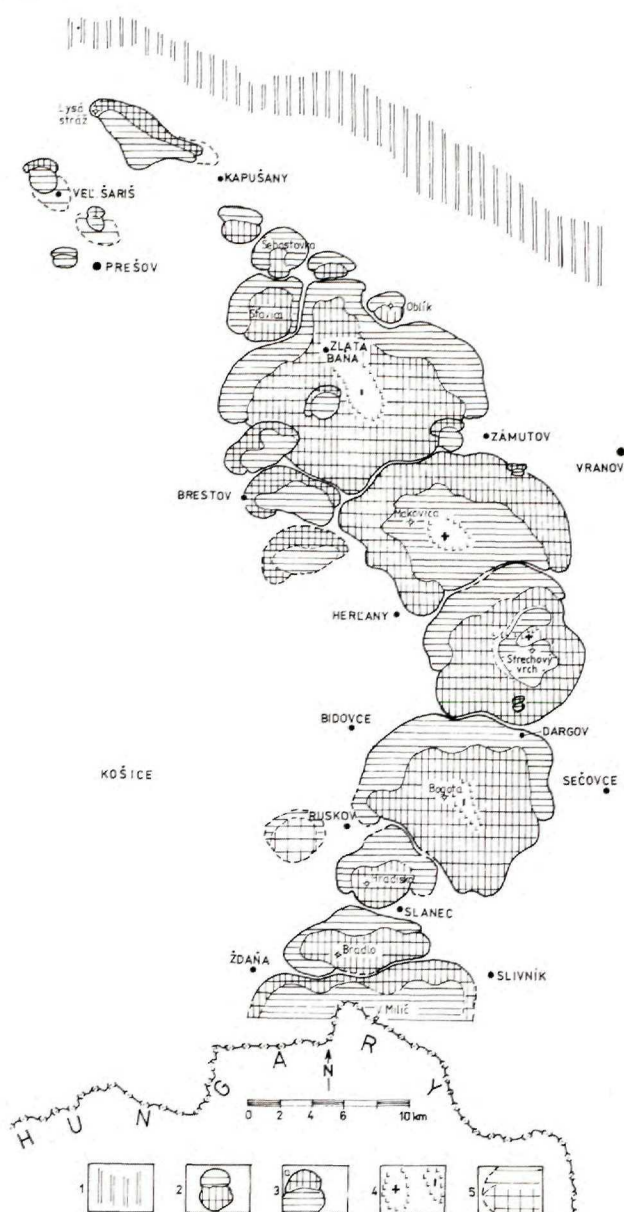
Zhodnotenie posledného aeromagnetického mapovania z oblasti východoslovenských neovulkanitov (Janák et al., 1986; Gnojek a Janák, 1986) poskytuje možnosť vyjadriť pole anomálií ΔT v rovnomernej štvorcovej sieti bodov s hustotou 64 bodov na km^2 pre mapy v mierke 1 : 50 000, resp. 16 bodov na km^2 pre mapy v mierke 1 : 100 000. Tento stav možno považovať za dostatočne podrobný (spojitý) s rovnomerným obrazom poľa a po jeho kvalitatívnej analýze bolo možné zostaviť magnetické polarizačné schémy jednotlivých vulkanických areálov východného Slovenska (obr. 2, 3, 4).

Tieto polarizačné schémy treba chápať tak, že v rámci vyčlenených vulkanických komplexov a formácií uvedenej polaritnú orientáciu (pravdepodobne termálnej) remanentnej magnetizácie vykazuje prevažná väčšina vulkanických hmôt, následkom čoho sa potom určitý mak-



Obr. 1. Štruktúro-tektonická schéma východoslovenských neovulkanitov. 1 – predterciérne jednotky Čiernej hory a zemplínskeho ostrova, 2 – bradlové pásmo, 3 – humenské mezozoikum, 4 – paleogén, 5 – sedimenty neogénu, nečlenené, 6 – andezitové stratovulkány bez výraznejších prejavov hydrotermálnych premien a prítomnosti intruzívnych komplexov v centrálnych zónach, 7 – andezitové stratovulkány s výraznými prejavmi hydrotermálne premenených hornín a prítomnosťou intruzívnych komplexov v centrálnych zónach, 8 – pochované vulkanické štruktúry (andezitové stratovulkány) bez prejavov hydrotermálnych premien a intruzívnych komplexov v centrálnych zónach, 9 – prevažne pochované vulkanické štruktúry (andezitové stratovulkány s výraznými prejavmi hydrotermálne premenených hornín a intruzívnych komplexov v centrálnych zónach), 10 – plytkointruzívne telesá dioritových porfýritov, 11 – extrúzívne andezitové telesá, 12 – zlomy, 13 – názvy vulkanických štruktúr (1 – Ošvárska, 2 – Šebastovka, 3 – Štávia, 4 – Zlatá Baňa, 5 – Makovica, 6 – Rankovské skaly, 7 – Vechec, 8 – Strehový vrch, 9 – Košický Klečenov, 10 – Bogota, 11 – Hradisko, 12 – Bradlo, 13 – Veľký Milič, 14 – Kyjov, 15 – Sokolský potok, 16 – Vihorlat, 17 – Morské oko, 18 – Diel, 19 – Popriečny, 20 – Malčice, 21 – Beša-Vojany, 22 – Somotor, 23 – Streda nad Bodrogom, 24 – Brehov-Sirník, 25 – Kráľovský Chlmec, 26 – Brestov, 27 – Kapušianska sk., 28 – Maglovce-Oblík, 29 – Vinné).

Fig. 1. Structural-tectonic scheme of Eastern Slovakian neovolcanites. 1 – pre-Cenozoic units of the Čierna hora Mts. and the Zemplín island (elevation), 2 – the Klippen Belt, 3 – the Humenné Mesozoic, 4 – Paleogene, 5 – Neogene sediments, undivided, 6 – andesite stratovolcanoes without distinct manifestations of hydrothermal alterations and without the presence of intrusive complexes in central zones, 7 – andesite stratovolcanoes with distinct manifestations of hydrothermally altered rocks and with intrusive complexes in central zones, 8 – buried volcanic structures (andesite stratovolcanoes) without manifestations of hydrothermal alterations and without intrusive complexes in central zones, 9 – predominantly buried volcanic structures (andesite stratovolcanoes with distinct manifestations of hydrothermally altered rocks and with intrusive complexes in central zones), 10 – shallow intrusive bodies of diorite porphyries, 11 – extrusive bodies of andesites, 12 – faults, 13 – names of volcanic structures (1 – the Ošvárska, 2 – the Šebastovka, 3 – the Štávia, 4 – the Zlatá Baňa, 5 – the Makovica, 6 – the Rankovské skaly, 7 – the Vechec, 8 – the Strehový vrch, 9 – the Košický Klečenov, 10 – the Bogota, 11 – the Hradisko, 12 – the Bradlo, 13 – the Veľký Milič, 14 – the Kyjov, 15 – the Sokolský potok, 16 – the Vihorlat, 17 – the Morské oko, 18 – the Diel, 19 – the Popriečny, 20 – the Malčice, 21 – the Beša-Vojany, 22 – the Somotor, 23 – the Streda nad Bodrogom, 24 – the Brehov-Sirník, 25 – the Kráľovský Chlmec, 26 – the Brestov, 27 – the Kapušianska sk., 28 – the Maglovce-Oblík, 29 – the Vinné).

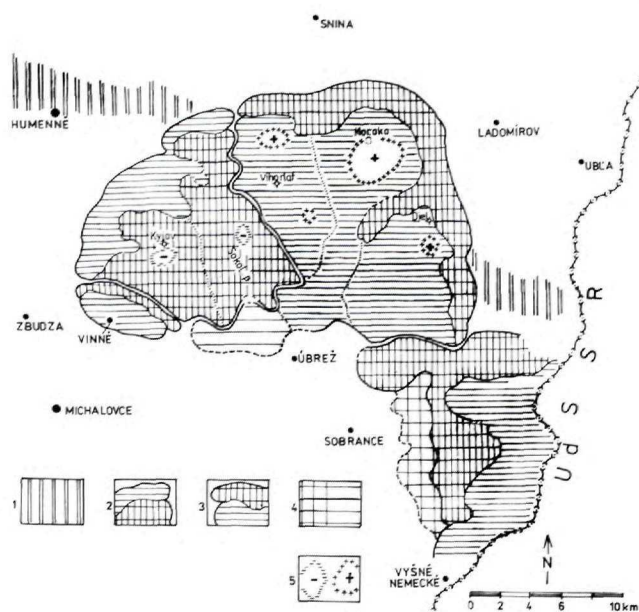


Obr. 2. Magnetická polarizačná schéma Slanských vrchov. 1 – bradlové pásmo, 2 – normálne polarizovaná magneticky anomálna vulkanická štruktúra, 3 – reverzne polarizovaná magneticky anomálna vulkanická štruktúra, 4 – centrálna vulkanická zóna s opačnou polaritou ako plášť vulkánu, 5 – zakryté magneticky anomálne andezitové vulkanity.

Fig. 2. Magnetic polarization scheme of the Slanské vrchy Mts. 1 – the Klippen Belt, 2 – normal polarized magnetic anomalous volcanic structure, 3 – inverse polarized magnetic anomalous volcanic structure, 4 – central volcanic zones with opposite polarity to mantle of volcano, 5 – buried, magnetic anomalous andesite volcanoes.

roobjem vulkanitov predstavovaný v mape aspoň 1 km² prejavuje normálnou alebo reverznou polaritou.

Tento regionálny pohľad na magnetickú polaritu vulkanitov nevystihuje prípadné lokálne odchýlky polarity, ktoré môžu byť zaznamenané pri pozemnom odbere vzoriek pre paleomagnetické účely, má však výhody v svojej schopnosti integračnej generalizácie.



Obr. 3. Magnetická polarizačná schéma Vihorlatu. 1 – bradlové pásmo, 2 – normálne polarizovaná magneticky anomálna vulkanická štruktúra, 3 – reverzne polarizovaná magneticky anomálna vulkanická štruktúra, 4 – zakryté magneticky anomálne andezitové vulkanity, 5 – centrálné vulkanické zóny s opačnou polaritou ako plášť vulkánu.

Fig. 3. Magnetic polarization scheme of the Vihorlat Mts. 1 – the Klippen Belt, 2 – normal polarized magnetic anomalous volcanic structures, 3 – inverse polarized anomalous volcanic structure, 4 – buried, magnetic anomalous andesite volcanites, 5 – central volcanic zones with opposite polarity to mantle of volcano.

Oprávnenosť hodnotenia polarity vulkanitov z aeromagnetickej mapy podoprela podrobná konfrontácia polarít remanentnej magnetizácie zistených Orlickým v rokoch 1970 a 1974 (in Vass et al., 1978) z územia Slanských vrchov, Vihorlatu i zemplínskeho vulkanického pohoria s výsledkami našej kvalitatívnej analýzy polarít. Zistili sme, že takmer 90 % výsledkov sa zhoduje a je pravdepodobné, že ostatných 10 % odlišných prípadov možno pripísať opačne polarizovaným komplexom premenených vulkanických hornín v centrálnych vulkanických zónach andezitových stratovulkánov. Tejto skutočnosti sa ešte začiatkom 70. rokov nevenovala z hľadiska odlišnosti polarít detailnejšia pozornosť.

I napriek tomu, že analýzu polarity vulkanických komplexov možno z aeromagnetických máp robiť pohotovo a bez väčších nákladov, výhodou laboratórnych paleomagnetických metód naďalej zostáva schopnosť zhodnotiť polaritu aj veľmi slabo magnetických vulkanických hornín (dacity, ryolity), ktorých výskyt terénna magnetometria, či už pozemná alebo letecká, prakticky neregisruje.

Podrobná analýza polarity vulkanických komplexov a formácií nám umožňuje nový kritický pohľad na výsledky rádiometrického datovania vulkanitov, ktoré bolo robené jednak K-Ar metódou a neskôr aj metódou stôp po štiepení uránu (Repčok, 1985). Obidve tieto rádiometrické metódy vykazujú pomerne veľkú nepres-

nosť v stanovení veku vulkanických hornín, a to bežne v rade 10^{-1} Ma (státisíce rokov). Naproti tomu najnovšia magnetostratigrafická škála, zostavená Coxom in Harland et al. (1982) pre obdobie kenozoika, nám umožňuje upresniť veku vulkanických hornín v rade 10^{-2} Ma (desiatistice rokov).

Z tejto magnetostratigrafickej stupnice vyplýva, že v priebehu miocénu (vek vulkanizmu na východnom Slovensku) vznikol rad inverzií. Vo vrchnom bádene a v panóne prevažovali obdobia normálnej polarity, v strednom bádene a vo vrchnom sarmate (až začiatku panónu) prevažovala reverzná polarita. Spodný a stredný sarmat predstavuje obdobie s rovnocenným zastúpením obidvoch polarít. Najdlhšie trvanie, takmer 1 mil. rokov (Ma), malo obdobie reverznej polarity v strednom bádene (16,20 až 15,23 Ma). Všetky ostatné obdobia boli zreteľne kratšie než 1 Ma.

Na zvýraznenie významu interpretačných záverov vyplývajúcich zo štúdia polarít podľa Coxa in Harland et al. (1982) uvádzame niektoré údaje všeobecného významu:

- magnetické stratigrafické stupnice boli odvodené z magnetometrických profilov oceánskeho dna, na ktorých boli zaznamenané anomálie zodpovedajúce normálne a reverzne magnetizovaných výlevov bazaltoidných hornín,

- začlenenie časových údajov k inverziám magnetickej polarity Zeme (časová kalibrácia inverzií) bolo pre obdobie pleistocénu a pliocénu (0–5 Ma) stanovené na základe rádiometrických vekov (K–Ar) oceánskych vulkanitov,

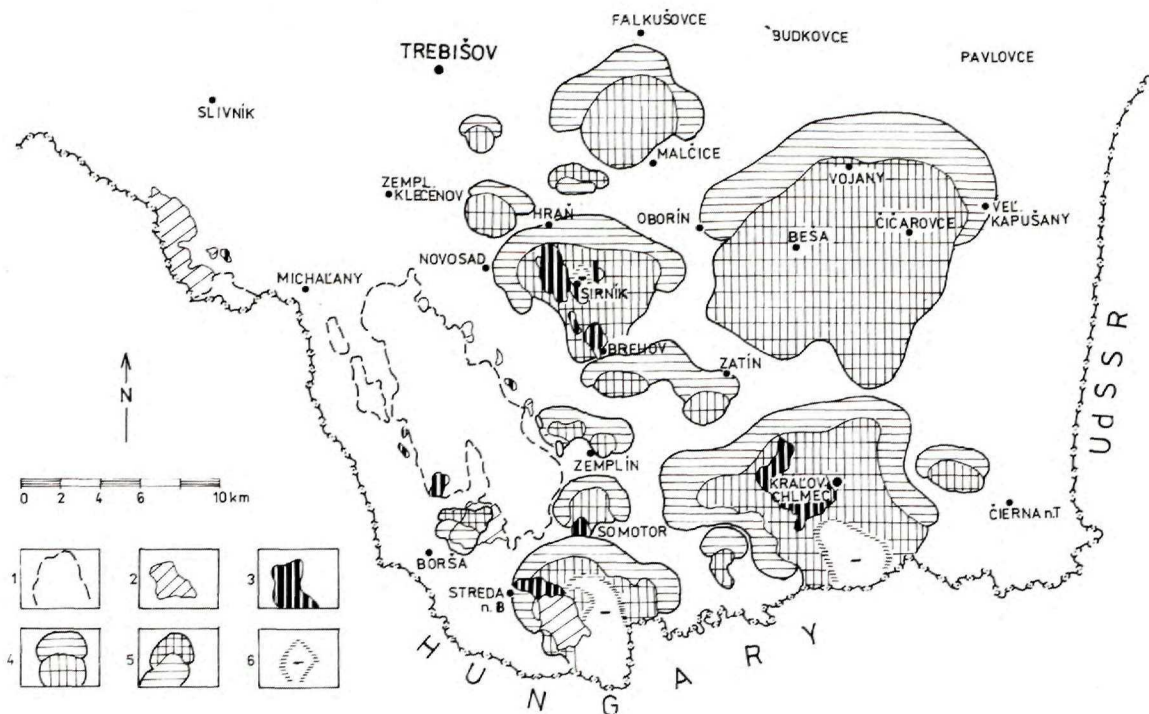
- časové údaje k inverziám v období vrchný miocén až senón (5–83 Ma) boli k zdrojom magnetických anomálií na dne oceánov začlenené na základe rádiometrických i biostratigrafických údajov,

- konfrontácia časovo kalibrovaných magnetických oceánskych anomálií z rôznych častí sveta dokázala globálny charakter magnetických inverzií,

- najväčšia rýchlosť rozpínania oceánskeho dna, odvodená zo vzdialenosti časovo hodnotených telies bazaltoidov od oceánskych riftov, dosahuje až 5 cm za rok, za priemernú rýchlosť sa považuje hodnota 3 cm za rok,

- v optimálnych prípadoch (pri vysokokvalitných oceánskych magnetometrických profiloch) možno počítať s rozlišovacou schopnosťou magnetostratigrafie 0,02 Ma, a to pre obdobie vrchná jura až recent, v starších obdobiach len v rade 10^{-1} Ma a menej; v spodnej jure, triase, paleozoiku a v starších obdobiach je vývoj polarity zemského magnetického poľa podstatne menej známy.

Východiskovým a podkladovým materiálom na zariadenie neogénnych vulkanitov východného Slovenska do magnetostratigrafickej stupnice boli najnovšie geologické mapy (Kaličiak a kol., 1984; Baňacký et al., 1984; Kaličiak et al., 1988) s vyčlenením jednotlivých vulkanických komplexov a formácií (obr. 1), rádiometrické veku andezitov (tab. 1) a magnetické polarizačné schémy



Obr. 4. Magnetická polarizačná schéma prevažne zakrytého zemplínskeho vulkanického pohoria. 1 – kontúry predterciérnych jednotiek na povrchu, 2 – ryolity na povrchu, 3 – andezity na povrchu, 4 – normálne polarizovaná magneticky anomálna vulkanická štruktúra, 5 – reverzne polarizovaná magneticky anomálna vulkanická štruktúra, 6 – centrálné vulkanické zóny s opačnou polaritou ako plášť vulkánu.

Fig. 4. Magnetic polarization scheme of the predominantly buried Zemplín volcanic Mts. 1 – contours of pre-Cenozoic units on the surface, 2 – rhyolites on the surface, 3 – andesites on the surface, 4 – normal polarized magnetic anomalous volcanic structures, 5 – inverse polarized magnetic anomalous volcanic structures, 6 – central volcanic zones with opposite polarity to the mantle of a volcano.

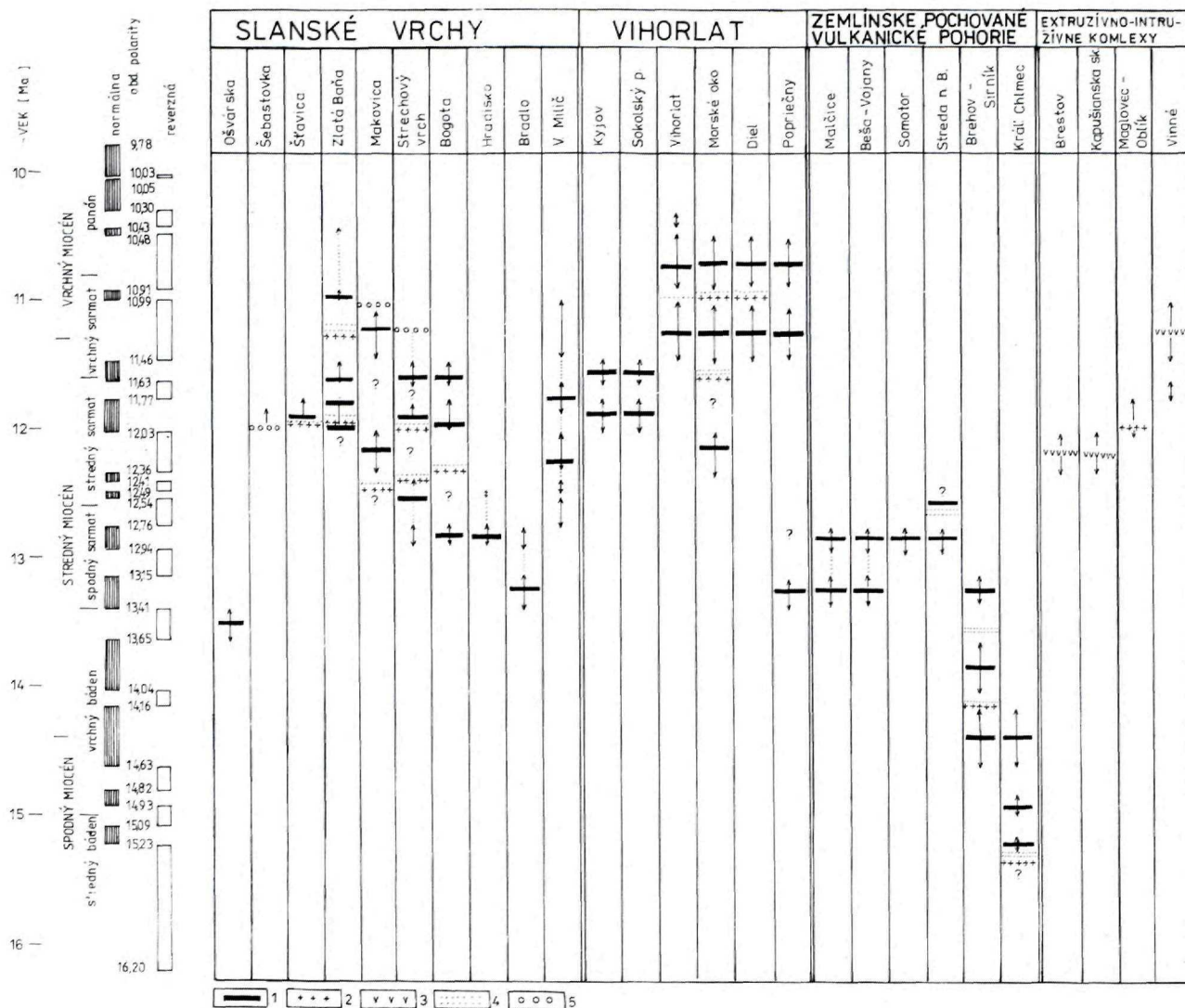
vulkanických pohorí (obr. 2, 3, 4). Jednotlivé andezitové formácie a komplexy sme do časovo najbližšieho obdobia zaradili na základe polarít (obr. 5). Pri tomto zaradení sme vychádzali zo zásady, že ak stredná chyba rádiometrických údajov pokrýva niekoľko období rovnakej vyhovujúcej polarít, potom sa za najpravdepodobnejšie považovalo obdobie s najdlhšou polaritou. Toto dosadenie rádiometrických vekov vulkanických hornín do najnovšej magnetostratigrafickej časovej stupnice umožňuje znížiť chybu, resp. znížiť neistotu z výsledkov rádiometrického datovania hornín.

Z analýzy polarít jednotlivých vulkanických formácií a komplexov z letecky meraného magnetického poľa v Slanských vrchoch (obr. 2) vyplýva, že geologicky vyčlenený komplex extrúzívno-intrúzívnych telies Lysá stráž – Oblík (Kaličiak a Repčok, 1987) nemá jednotnú polaritu, takže jednotlivé telesá potom majú rozdielny vek. Kým extrúzívne andezitové telesá na SZ od Kapušian majú reverznú, plytkointrúzívne telesá dioritových porfýritov v severnej časti Slanských vrchov majú normálnu polaritu. Brestovská formácia, tvorená extrúzívnymi domatickými a kupulovitými andezitovými telesami, má ako celok reverznú polaritu. Reverznú polaritu má aj izolovaná andezitová extrúzia Šarišského hradu a drobné magnetické anomálie západne a severozápadne

od Prešova v hĺbke približne 130 m (Gnojek a Kubeš, 1989). Vo vulkanickom areáli Slanských vrchov samostatné vulkanické štruktúry (vulkány a stratovulkány) Šebastovka, Štavica, Zlatá Baňa, prevažná časť stratovulkánu Strechový vrch, ďalej Bogota, Hradisko a Bradlo majú normálnu, stratovulkány Makovica a Veľký Milič reverznú polaritu. Najvýraznejšie vyvinuté centrálné vulkanické zóny s opačnou polaritou, ako majú horniny plášťa, majú stratovulkány Zlatá Baňa, Makovica, Bogota. Odlišnú polaritu centrálnych vulkanických zón voči ich plášťu interpretujeme ako prejav ich dlhodobého diferencovaného vývoja, pričom polarita hydrotermálne premenených hornín v týchto centrálnych zónach by mala zodpovedať polarite obdobia vzniku hydrotermálnych premien.

V pohorí Vihorlat možno vyčleniť tri polaritne odlišné územné celky (obr. 3): reverzne polarizovaný extrúzívny viniansky komplex, stratovulkány Kyjov a Sokolský potok s normálnou polarizáciou a rozsiahlu reverzne polarizovanú oblasť tvorenú stratovulkánmi Vihorlat, Morské oko, Diel a Popriečny. Najrozsiahlejšiu centrálnu vulkanickú zónu s opačnou polaritou ako plášť má stratovulkán Morského oka.

Polarity z väčšej časti zakrytého zemplínskeho vulkanického pohoria sa čiastočne analyzovali v už citovaných



Obr. 5. Magnetostratigrafická stupnica podľa Coxa (in Harland et al., 1985) so zaradením vývojových etáp andezitového vulkanizmu východného Slovenska. 1 – stratovulkanický plášť, 2 – intruzívny komplex, 3 – extruzívny komplex, 4 – hydrotermálne alterované komplexy, 5 – neky, dajky.

Fig. 5. Magnetostratigraphic scale according to Cox (in Harland et al., 1985) with classification to the development stages of andesite volcanism in Eastern Slovakia. 1 – stratovolcanic mantle, 2 – intrusive complex, 3 – extrusive complex, 4 – hydrothermally altered complexes, 5 – necks, dykes.

mapách Gnojeka a Janáka (1986), polarity z časti územia bez leteckých meraní sa analyzovali z mapy anomálií vertikálnej zložky magnetického poľa (Man, 1961).

Polarizačné schéma (obr. 4) ukazuje predovšetkým plošné rozšírenie magneticky anomálnych andezitových formácií v tejto oblasti a súčasne naznačuje ich plošnú nespojitosť. Zo schémy je tiež zrejmé, že viac ako 90 % týchto intermediárnych andezitových hornín prekrývajú mladšie sedimenty. Prakticky všetky vyčlenené formácie tu prejavujú normálnu magnetickú polarizáciu. Výnimkou sú drobné (parazitné?) vulkány na SV od Borše a SV od Hrane s reverznou polarizáciou. Centrálné vulkanické zóny s opačnou polaritou voči plášťu sa prejavujú len vo vulkanických štruktúrach Kráľovský Chlmec, Streda nad Bodrogom a Brehov-Sirník. Prek-

vapujúce je, že v plošne veľmi rozsiahlej formácii Beša-Vojany nevystupuje magneticky diferencovaná centrálna zóna. V prípade, že tu existuje takáto centrálna zóna s opačnou polaritou, jej prejav na súčasnom povrchu môže utlmať 600 až 700 m hrúbka sedimentov v jej nadloží.

Zaradenie vyčlenených andezitových formácií a komplexov v areáli východoslovenských neovulkanitov do magnetostratigrafickej stupnice Coxa je na obr. 5.

Malý priestorový rozsah a nemenná polarizácia niektorých vulkanických štruktúr (Ošvárska, Šebastovka, Šťavica, Hradisko a Bradlo v Slanských vrchoch, Kyjov a Sokolský potok na Vihorlate, Malčice a Somotor v oblasti Zemplínskych vrchov) je pravdepodobne odrazom ich relatívne krátkej doby vzniku a vývoja. Rovna-

ko krátky časový interval vzniku je z rovnakých dôvodov prisúdený extrúziívno-intrúziívnym komplexom. Pre zreteľne odlišnú polarizáciu v rámci komplexu Lysá stráž – Oblík je rozdelený na kapušiansku skupinu andezitových extrúzií s reverznou polarizáciou a na komplex Maglovec – Oblík s normálnou polarizáciou.

Pretože zo stratovulkánov Bogota v Slanských vrchoch, Sokolský potok vo Vihorlate a Somotor v zemplínskom pochovanom vulkanickom pohorí nie sú k dispozícii rádiometrické údaje, do magnetostratigrafickej stupnice sme ich zaradili na základe geologickej paralelizácie a ich vzťahu k okolitým vulkanickým štruktúram s ohľadom na konkrétnu zistenú polarizáciu ich anomálneho magnetického prejavu.

Pri zaradení andezitového stratovulkánu Veľký Milič v južnej časti Slanských vrchov sa využili výsledky rádiometrického výskumu z maďarskej časti tejto vulkanickej štruktúry (Pécskay et al., 1986). Na základe zreteľne reverznej magnetickej polarizácie hornín z tohto stratovulkánu na našom území usudzujeme, že vznikol v období reverznej polarizácie stredného až vrchného sarmatu. Ani pochované vulkanické štruktúry Malčice a Beša – Vojany nemajú určený rádiometrický vek, ale na základe biostratigrafických údajov sú zaradené do spodného sarmatu (Đurica, 1965). Ich jednoznačne normálna polarizácia nám dovoľuje upresniť obdobie vzniku na 13,15 až 13,41 Ma, resp. 12,76 až 12,94 Ma.

Problematické zostáva vekové zaradenie z veľkej časti zakrytých vulkanických štruktúr Brehov–Sirník a Kráľovský Chlmec. Ojedinelé rádiometrické veky z povrchových ekvivalentov andezitov týchto vulkanických štruktúr ich radia do bádenu. Normálna magnetická polarizácia ich vulkanických plášťov a reverzná magnetizácia centrálnych zón svedčia o pomerne dlhodobom a zložitom vývoji, ktorý s ohľadom na zodpovedajúce obdobia polarít stredného a vrchného bádenu interpretujeme ako viacfázový vývoj (obr. 5).

Záver

Zostavené magnetické polarizačné schémy Slanských vrchov, Vihorlatu i pochovaného zemplínskeho vulkanického pohoria zreteľne ilustrujú celkovo dobrú zhodu s doterajšími geologickými interpretáciami a s geologickým členením jednotlivých andezitových vulkanických štruktúr (porovnaj obr. 1 s obr. 2, 3, 4). To, že v týchto schémach nie sú vyčlenené menšie parazitné vulkány Vechec, Rankovské skaly, Košícký Klečenov, je spôsobené ich malým územným rozsahom a zhodnou polaritou s okolitými rozsiahlejšími vulkanickými štruktúrami.

Prínosom týchto schém je dešifrovanie rozsahu zakrytých vulkanických štruktúr v jv. časti neogénnej panvy.

Zhodnotenie magnetických polarít jednotlivých vulkanických štruktúr s rádiometrickými i biostratigrafickými vekmi umožňuje zaradiť ich do najnovšej magnetostratigrafickej stupnice s upresnením časového vývoja andezitového vulkanizmu na východnom Slovensku.

TAB. 1
Rádiometricky stanovený vek vulkanitov využitý pri zaradení do magnetostratigrafickej schémy
Radiometric ages of volcanites used for their including into the magnetostratigraphic scale

Vulkanická štruktúra (formácia)	Pôvodné označ. vzorky	Názov horniny	Metóda datovania	Vek v Ma	*
1	2	3	4	5	6
Ošvárska	AAD-19	px andezit	K-Ar	13,9 ± 1,1	1
Šebastovka	AV-24	px-aph d. porfýr	F-T	12,1 ± 0,3	3
Šťavica	25-1088	px andezit	K-Ar	11,95	2
	AV-8	px-aph dior. porfýr	F-T	12,2 ± 0,4	3
	AV-17	px-aph dior. porfýr	F-T	12,0 ± 0,4	3
Zlatá Baňa	AAD-24	px andezit	K-Ar	12,2	1
	13-1086	px andezit	K-Ar	12,05	2
	AV-22	px-aph dior. porfýr	F-T	12,1 ± 0,3	3
	29-1092	px-aph dior. porfýr	K-Ar	12,05	2
	14-1087	px andezit	K-Ar	11,95	2
	27-1090	px andezit	K-Ar	11,95	2
	AV-19	aph-px andezit	F-T	11,9 ± 0,5	3
	39 1102	px andezit	K-Ar	11,85	2
	AV-6	px-aph andezit	F-T	10,9 ± 0,5	3
	AV-14	px-aph andezit	F-T	10,8 ± 0,3	3
Makovica	AV-12	px-aph-bt andezit	F-T	10,6 ± 0,6	3
			K-Ar	10,0	1
	AV-4	px-aph dior. porfýr	F-T	12,5 ± 0,6	3
	19-1082	px andezit	K-Ar	11,95	2
	AV-18	aph-px andezit	F-T	11,2 ± 0,6	3
	AV-3	bt-ryodacit	F-T	10,7 ± 0,6	3
Strechový vrch	AV-20	aph-px andezit	F-T	12,7 ± 0,4	3
	15-1078	px andezit	K-Ar	12,4	2
	AV-11	px-aph dior. porfýr	F-T	12,3 ± 0,5	3
	AV-25	px-aph dior. porfýr	F-T	12,0 ± 0,4	3
	AV-16	aph-px andezit	F-T	11,2 ± 0,4	3
	AV-1	px-aph andezit	F-T	11,1 ± 0,5	3
	AV-21	px-aph andezit	F-T	10,8 ± 0,3	3
	AV-2	px-aph andezit	F-T	10,7 ± 0,4	3
Hradisko	14-1077	px andezit	K-Ar	12,3	2
	AV-31	px andezit	K-Ar	13,6 ± 1	1
Bradlo	AV-18	andezit. tuf	K-Ar	13,1 ± 2,1	1
Veľký Milič	1149	andezit	K-Ar	12,9 ± 1,3	4
	1153	andezit	K-Ar	12,2 ± 0,5	4
	1209	andezit	K-Ar	12,1 ± 0,6	4
	1201	dacit	K-Ar	10,9 ± 0,4	
Kyjov	6-1069	px andezit	K-Ar	11,75	2
	ADD-20	px andezit	K-Ar	11,4 ± 0,7	1

Pokračovanie tab. 1

1	2	3	4	5	6
Vihorlat	V-1433	px-aph andezit	F-T	11,3 ± 0,5	5
	ADD-25	px andezit	K-Ar	9,3 ± 0,2	1
	ADD-26	px andezit	K-Ar	8,7 ± 0,7	1
Morské Oko	10-1073	px andezit	K-Ar	11,95	2
	RHM-838	aph-px andezit	F-T	11,0 ± 0,5	5
	V-2345	aph-px andezit	F-T	11,3 ± 0,7	5
	RH-6/180	aph-px-bt dior. porfýr	F-T	11,2 ± 0,6	5
Diel	7-1070	px andezit	K-Ar	11,3	2
Popriečný	AAD-29	px andezit	K-Ar	11,4 ± 2,5	1
		px andezit	K-Ar	13,0 ± 2,1	1
	AV-38	dacit-andezit	K-Ar	10,5 ± 1	1
Streda n. B.	17-1080	px andezit	K-Ar	12,65	2
Brehov-Sirník	AV-33	px andezit	K-Ar	14,0 ± 1,4	1
Kráľ. Chlmec	AV-32	px andezit	K-Ar	15,9 ± 0,1	1
	AV-27	px andezit	K-Ar	15,0 ± 0,8	1
Brestov	AV-15	aph-px andezit	F-T	11,8 ± 0,4	3
Kapušiarska skupina	AAD-5	px andezit	K-Ar	13,1 ± 2,1	1
	AV-30	aph-px andezit	F-T	12,0 ± 0,45	3
Maglovec-Oblík	AV-5	aph-px dior. porfýr	F-T	12,2 ± 0,4	3
	AV-7	aph-px dior. porfýr	F-T	12,1 ± 0,4	3
	AV-26	aph-px dior. porfýr	F-T	12,1 ± 0,3	3
	30-1093	aph-px dior. porfýr	K-Ar	12,1	2
	AV-10	aph-px dior. porfýr	F-T	11,8 ± 0,3	3
	AV-9	aph-px andezit	F-T	11,8 ± 0,4	3
Vinné-komplex	2-1065	px andezit	K-Ar	11,95	2
	5-1068	px andezit	K-Ar	11,95	2
	3-1066	px andezit	K-Ar	11,90	2
	4-1067	px andezit	K-Ar	11,7	2
	AV-35	px andezit	K-Ar	11,2 ± 0,2	1
	AAD-23	aph-px andezit	K-Ar	10,5 ± 1	1
	AAD-22	aph-px andezit	K-Ar	9,7 ± 0,5	1

* Údaj sa nachádza v práci: 1 – Vass et al. (1978), 2 – Ďurica et al. (1978), 3 – Kaličiak a Repčok (1987), 4 – Pécskay et al. (1986), 5 – Repčok et al. (1988).

Literatúra

- Bañacký, V. et al. 1984: Vysvetlivky ku geologickým mapám VSN 1:25 000, listy 38–341, 38–343, 38–332. *Manuskript – Geofond Bratislava*.
- Ďurica, D. 1965: Vulkanické štruktúry vo východoslovenskej neogénnej panve a ich význam. *Geol. Práce, Zpr.*, 37, 45–54.
- Ďurica, D., Kaličiak, M., Kreuzer, H., Müller, H., Slávik, J., Tözsér, J. a Vass, D. 1978: Sequence of volcanic events in eastern Slovakia in the light of recent radiometric age determinations. *Věst. ÚÚG*, 2, 53, 75–88.
- Gnojek, I. a Janák, F. 1986: Souhrnné zpracování letecky měřených geofyzikálních polí vnitřních Karpat do měřítka 1:50 000. *Manuskript – Geofyzika Brno*.
- Gnojek, I. a Kubeš, P. 1989: Košická kotlina a Slanské vrchy, pozemní ověření a interpretace leteckých geofyzikálních anomálií. *Manuskript – Geofond Bratislava*.
- Harland, W. B., Cox, A. V., Llewellyn, P. G., Pickton, C. A. G., Smith, A. G. a Walters, R. 1982: A geologic time scale. *Cambridge University Press* (ruský preklad, Moskva, Mir, 1985).
- Heirtzler, J. R., Dickson, G. O., Herron, E. M., Pitman, W. C. a Le Pichon, X. 1968: Marine Magnetic Anomalies. Geomagnetic Field Reversals and Motions of the Ocean Floor and Continents. *Journ. Geophys. Res.*, 73, 6, 2 119–2 136.
- Janák, F., Madejewski, J., Matula, P. a Zabada, S. 1986: Systém programů pro zpracování aerogeofyzikálních dat – uživatelská dokumentace. *Manuskript – Geofyzika Brno*.
- Kaličiak, M. 1988: Geologická stavba stratovulkánu Strehovský vrch v Slanských vrchoch. *Mineralia slov.*, 20, 417–434.
- Kaličiak, M., Konečný, V. a Lexa, J. 1984: Štruktúro-vulkanologická schéma Vihorlatu a Popriečného v mierke 1:50 000 a vysvetlivky. *Manuskript – Geofond Bratislava*.
- Kaličiak, M. a Repčok, I. 1987: Rekonštrukcia časového vývoja vulkánov severnej časti Slanských vrchov. *Mineralia slov.*, 19, 5, 401–415.
- Le Pichon, X. a Heirtzler, J. R. 1968: Magnetic anomalies in the Indian Ocean and ocean floor spreading. *Journ. Geophys. Res.*, 73, 6.
- Man, O. 1961: Závěrečná zpráva o magnetickém průzkumu ve VSN v roku 1960. *Manuskript – Geofyzika Brno*.
- Orlický, O., Slávik, J. a Tözsér, J. 1974: Paleomagnetism of volcanics of the Slanské vrchy, Velký Milič Mts. and Zemplínske pahorky hills and its geological interpretation. *Geol. Zbor. Geol. carpath.*, XXV, 2, 209–226.
- Orlický, O., Kaličiak, M. a Tözsér, J. 1985: Magnetické vlastnosti a paleomagnetizmus vulkanitov vrtu DK-1 v Slanských vrchoch. *Mineralia slov.*, 17, 403–413.
- Orlický, O. 1989: Využitie paleomagnetizmu na poznanie dynamiky Vihorlatu. *Mineralia slov.*, 21, 59–69.
- Pécskay, Z., Balogh, K., Székely-Fux, V. a Gyarmati, P. 1986: Geochronological investigation on the Neogene volcanism of the Tokay Mountains. *Geol. Zbor. Geol. carpath.*, 37, 5, 635–655.
- Pitman, W. C. a Heirtzler, J. R. 1966: Magnetic anomalies over the Pacific-Antarctic ridge. *Science*, 154, 1 164.
- Repčok, I. 1985: Datovanie niektorých vulkanitov Slanských vrchov a Vihorlatu metódou stóp po štiepení uránu. *Manuskript – GÚDŠ Bratislava*.
- Vass, D., Tözsér, J., Bagdasarjan, G. P., Kaličiak, M., Orlický, O. a Ďurica, D. 1978: Chronológia vulkanických udalostí na východnom Slovensku vo svetle izotopických a paleomagnetických výskumov. *Geol. Práce, Spr.*, 71, 77–88.
- Vine, F. J. a Matthews, D. H. 1963: Magnetic anomalies over oceanic ridges. *Nature*, 199, 947–949.

Chronological development of Neogene andesite volcanism in Eastern Slovakia in the light of magnetostratigraphic scale

Various magnetostratigraphic scales have been set by the chronological calibration of magnetic inversions of the earth's magnetic field during the geological history. This latest scale is given in the work by Harland et al. (1982), which has been used for the analysis of the chronological development of Neogene andesite volcanism in Eastern Slovakia.

The geomagnetic polarity of volcanic rocks was deciphered in the area of Eastern Slovakia in the framework of an extensive paleomagnetic research (Orlický et al., 1974; Orlický et al., 1985; Orlický, 1989). However, obtained data represent only planary field of unevenly distributed points of measurement.

The last aerial magnetic and gamma spectrometric mapping of Eastern Slovakian neovolcanites (Gnojek et Janák, 1986) gave, besides detail aerial magnetic maps based on the network of evenly spread points of measurement (250 × 250 m) with a possibility to analyse normal and reverse polarity of anomalous volcanic structures and set their polarization schemes.

The detail analysis of the polarity of individual volcanic structures has enabled a new, critical view on results of radiometric chronology of volcanic rocks, which were made by K-Ar method and later by fission track method (Repčok, 1985). Both radiometric methods have relatively large deviation for determination of the age of volcanic rocks viz. 10^{-1} My (hundreds of thousand years). On the contrary, the latest magnetostratigraphic scale set by Cox in Harland et al. (1982) for the Cenozoic has enabled to make more accurate chronology of volcanites in order of 10^{-2} My (tens of thousand of years). The latest geological maps (Kaličiak et al., 1984; Baňacký et al., 1984; Kaličiak et al., 1988) with individual volcanic structures (Fig. 1), magnetic polarization schemes of individual volcanic mountains (Fig. 2, 3, 4) and radiometric ages of andesites (Tab. 1) were the basis

for the inclusion of andesite volcanic structures into the above magnetostratigraphic scale.

Small extent and constant polarity of some volcanic structures (the Ošvárska, Šebastovka, Štávica, Hradisko and Bradlo structure in the Slanské vrchy Mts., the Kyjov and Sokolský potok structure in the Vihorlat Mts., the Malčice and Somotor structure in the area of the Zemplín buried volcanic mountains) reflect relatively short time of their origin and development.

Central volcanic zones with opposite polarity to rocks of their volcanic mantle are distinctly developed in large volcanic structures. This opposite polarity of central volcanic zones compared with their mantles is interpreted as a manifestation of their long-term differentiated development, while the polarity of hydrothermally altered rocks should correspond to the polarity of the periods of the origin of hydrothermal alterations.

Because there are no radiometric ages from the Bogota stratovolcano in the Slanské vrchy Mts., the Sokolský potok stratovolcano in the Vihorlat Mts., the Somotor stratovolcano in the Zemplín buried volcanic mountains, these stratovolcanoes were included into the magnetostratigraphic scale on the basis of geological parallelization and their relation to surrounding geological structures regarding particular ascertained polarity of their anomalous magnetic manifestations. Radiometric ages were used for classifying of the Veľký Milič stratovolcano from Hungarian part of this volcanic structure, which is situated on the boundary between Slovakia and Hungary.

The comprehensive evaluation of magnetic polarities in individual volcanic structures together with radiometric ages have made possible to accurate, after their including into the latest magnetostratigraphic scale, the chronological development of andesite volcanism in Eastern Slovakia as given in Fig. 5.