Paleomágneses vizsgálatok a Tokaj-hegységben

MÁRTON PÉTER – MÁRTONNÉ SZALAY EMŐ

A hegységre vonatkozó geológiai információ felhasználásával négy paleopolaritás-zónát lehetett megállapítani a felső tortonaitól a felső szarmatáig. Ezekkel az adatokkal kibővítettük korábbi vizsgálatainkból ismert középső miocén paleopolaritás skálánkat. Utóbbit korreláltuk a kárpáti késői orogén vulkánosság határainkon túl (Szlovákia, Kárpát-Ukrajna) eső tagjaira kapott paleopolaritás sémával a rendelkezésre álló abszolút kor- és földtani-információ alapján. A korreláció lehetővé tette a vulkáni működési fázisok kisérleti párhuzamositását a vulkánosság térben elkülönült tagjaiban.

С использованием имеющейся геологической информации в районе Токайских гор можно выделить четыре зоны палеополярности от верхнего тортона до верхне-сарматского яруса. По этим данным дополнена шкала палеополярности среднего миоцена, полученная по ранее проведенным исследованиям. Проведена корреляция этой шкалы с схемой палеополярности, полученной для первых членов Карпатского позднего орогенического вулканизма за пределами нашей страны (Словакия, Закарпатская Украина), с использованием существующих данных об абсолютном возрасте пород и о геологическом строении этих районов. Корреляция позволила провести опытное сопоставление различных фаз вулканической деятельности в обособленных в пространстве членах вулканизма.

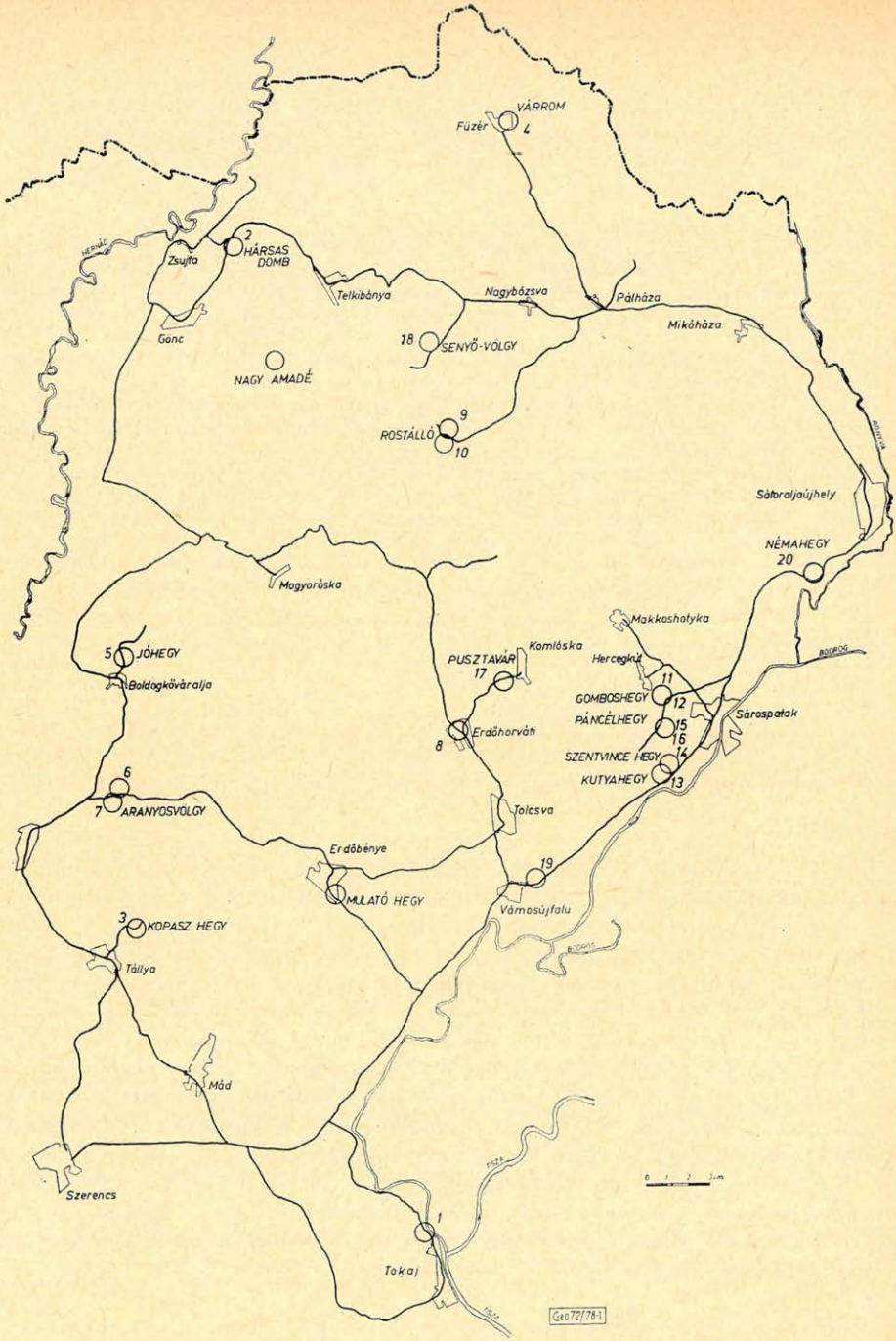
Bei Benützung der für das Gebirge vorhandenen geologischen Informationen konnten vier Paleopolaritäts-Zonen festgestellt werden vom oberen Torton bis zum oberen Sarmatien. Mit diesen Daten wurde die aus unseren früheren Untersuchungen bekannte Paleopolaritäts-Skale erweitert. Die letztere wurde mit dem für die jeneits unserer Grenzen (Slovakien, Karpato-Ukraine) liegenden Mitglieder des späten karpatischen orogenen Vulkanismus erhaltenen Paleopolaritäts-Schema korreliert auf Grund der zu Verfügung stehenden Absolutaltersbestimmungen und geologischen Informationen. Die Korrelierung ermöglichte die versuchweise Parallelisierung der vulkanischen Tätigkeitsphasen in den Mitgliedern des Vulkanismus, die voneinander im Raume getrennt liegen

Bevezetés

Hazai magmás kőzeteink paleomágneses vizsgálatában előnyben részesítettük azokat az előfordulásokat, amelyek sztratigráfiai helyzetéről megbízható földtani információ állt rendelkezésre. A Tokaji-hegységi magmás kőzetek kevésbé jól tagolhatósága és egyes képződményeinek bizonytalan sztratigráfiai helyzete miatt a hegységbeli paleomágneses méréseket a negyed kori bazaltok, a Mátra – Cserhát-hegységi andezitek és a Mecsek-hegységi magmás kőzetek vizsgálata után 1969-ben kezdtük meg. Az eredményekről hazai fórumon először a Magyar Geofizikusok Egyesületében 1971. május 6-án tartott előadáson számoltunk be. Ugyanezen az előadáson ismertettük P. Dagley és J. M. Ade-Hall Tokaj-hegységre vonatkozó paleomágneses eredményeit is. Ők *13* feltárásból vett mintaanyagból *11* csoport-mágnesezettséget határoztak meg. A mieinkkel közös mintavételi helyük mindössze kettő volt (Senyővölgy és Tokaji Kopasz), amelyekre a paleomágneses mérési eredmények is azonosak. Valamivel később jelent meg Nairn et al. hasonló tárgyú publikációja, így ez az előadásban nem kerülhetett ismertetésre.

Geológia

A Tokaj-hegység miocén vulkanizmusa a felső tortonai alemeletben indult meg. A felső tortonai vulkanitok (riolittufa, piroxénandezit, piroxén-amfiboldacit, amfiboldacit) elhatárolása a szarmata vulkanitoktól néhány rétegtanilag igazolt képződési idejű esetet kivéve nehézségbe ütközik. Általános elv az, hogy a szubmarin kifejlődésüket tekintik tortonainak, tehát számolni kell



1. ábra. Paleomágneses mintavételi helyek a Tokaj-hegységben. A mintavételi helyek számozása az ábrán és az I. táblázatban megegyezik

Фиг. 1. Места взятия палеомагнитных образцов в районе Токайских гор. Номера мест взятия образцов на рисунке совпадают с номерами в таблице I.

Fig. 1. Paleomagnetische Probenentnahmestellen im Tokaj-Gebirge. Die Numerierung der Probenentnahmestellen stimmt in der Abbildung und in der Tabelle *I.* überein

azzal, hogy a szárazföldi kifejlődésű, szarmatába sorolt vulkanitok között lehetnek idősebbek is.

Az alsó szarmatában riolitos, dacitos és andezites vulkáni termékek keletkeztek, köztük a legváltozatosabb átmeneti tagokkal. Legnagyobb felszíni elterjedésű közülük a savanyú piroxénandezit, amely nem egyidőben keletkezett a hegység minden részén: a kőzetkifejlődésben és átalakulásban mutatkozó eltérés relatív korbecslést lehetővé tesz ugyan, de a képződmény egész hegységre vonatkozó tagolása hiányzik. A savanyú piroxénandezit tömbös változata az alsó szarmatában, lemezes változata jóval utána, valószínűleg a felső szarmatában keletkezett. A savanyú piroxénandezitnél kisebb felszíni elterjedésben nyomozható piroxénandezit, piroxéndacit, piroxénamfiboldacit, amfiboldacit, riodacit, riolit, valószínűleg szintén alsó szarmata korúak.

A hegység egységes vulkanológiai fejlődéstörténetének ismerete hiányában a megmintázott képződmények korbesorolásában fokozottan támaszkodtunk a hegységben dolgozó Gyarmati Pál, Ilkeyné Perlaki Elvíra, Pentelényi László szóbeli közlésére.

A mintavételi helyek felsorolása, a képződmények kőzettani megjelölése és kora megtalálható az I. táblázatban. A területen térképező geológusok 1971-ben még nem publikált újabb eredményei alapján ehhez a következő kiegészítést tehetjük. A vámosújfalui savanyú piroxénandezit kora felső tortonai is lehet. Sárospatak-Páncélhegy, Gomboshegy, Kutyahegy, Szentvincehegy savanyú piroxinandezitja bizonyítottan alsó szarmatára települ. Rostálló amfiboldacit lakkolitja és a senyővölgyi piroxénandezit-lakkolit az idősebb alsó szarmata képződményekhez tartozik. A gönci Hársas piroxénamfibol decitja és a Nagy-Amádé lemezes piroxénandezitje a tömbös savanyú andezitnél fiatalabbak, valószínűleg felsőszarmata korúak.

Mérési módszer és eredmények

Egy mintavételi helyről (egy képződményből) átlagban hat mintát gyűjtöttünk. Minden mintából *két* darab *2,5 cm* élhosszúságú kockát vágattunk ki. A kockák mágnesezettségét *MA – 21* típusú asztatikus magnetométerrel határoztuk meg. Mágneses tisztításra a váltóáramú módszert alkalmaztuk. A lemágnesező tér csúcsértékét az egyes tisztítási fázisokban *80, 160, 250* és *400 Oe*-nek választottuk. A mintacsoportok középirányait és a szokásos statisztikai jellemzőket Fischer módszerével számítottuk ki. Az egyes csoportok remanens mágnesezettségének irányául ahhoz a mágneses tisztítási fázishoz tartozó középirányt rendeltük, amelyben a fenti módszerrel becsült pontossági paraméter a legkedvezőbb volt.

A feldolgozott *22* mintacsoportból az I. táblázatban szereplő *20* rendelkezik egységes mágnesezettséggel. A táblázatból kimaradt két mintacsoport adatai a következők:

a) Erdőbénye Mulatóhegy $\overline{D} = 102{,}49°$, $\overline{I} = -44{,}82°$, $K = 3{,}72$ piroxénandezit

b) Nagy-Amádé (csúcs) $\overline{D} = 49{,}00°$, $\overline{I} = 54{,}02°$, $K = 3{,}39$, lemezes piroxénandezit $\alpha = 42{,}8°$

A kis pontossági paraméter (K) és a nagy konfidenciasugár (α^0) az eredeti termoremanens mágnesezettség mellett fellépő és azt torzító másodlagos mágnesezettség jelenlétét indikálja, amely az adott tisztítási módszerrel nem volt eltávolítható.

Az *I. táblázatban* a mintavételi helyek (képződmények) sorrendje egy, a rendelkezésre álló és előbbiekben hivatkozott geológiai információ alapján feltételezett kor-sorrendet is jelöl, alulról felfelé fiatalodó tendenciával. Az I. táblázat ily módon való összeállítása az adott mérési eredmények egy lehetséges értelmezése, amely az egyenes és fordított paleomágneses zónák egymásrakövetkezését igyekszik a földtanilag megállapított (vagy vélt) kor-sorrendhez illeszteni.

Eltekintve az I. táblázatban szereplő képződmények mágneses polaritásától, illetve a fordított polaritású csoportokat is egyenes polaritásúnak tekintve, a Tokaji-hegységi *20* mintavételi hely mágneses középirányainak átlaga a következő:

$\overline{D} = 338{,}7°$, $I = 68{,}8°$, $K = 25$ pontossági paraméterrel és $\alpha = 6{,}7°$ konfidenciasugárral. Az ezen adatokból számított paleopólus koordinátái:

$$\Phi = 75{,}9°, \quad \Lambda = 315{,}3°.$$

A valódi és a becsült paleopólus eltérésére jellemző konfidenciaovál adatai pedig (féltengelyhosszak):

$$\Delta p = 9{,}5°, \quad \Delta m = 11{,}3°.$$

Az egyes mintavételi helyek mágneses középirányait tekintve, a deklináció alapján a *20* mintavételi csoport két – egy kilenc és egy tizenegy tagú – alcsoportra osztható. Az egyes alcsoportok mágnesezettségi középirányait számolva a következő adatokat kapjuk:

1. a kilenc tagú alcsoportra:

$D = 357{,}1°$, $I = 58{,}6°$, $K = 10{,}6$, $\alpha = 8{,}2°$,

2. a tizenegy tagú alcsoportra:

$D = 310{,}1°$, $I = 72{,}3°$, $K = 78{,}2$, $\alpha = 5{,}5°$.

A két csoport mágneses középirányainak eltéréséből azonban geofizikai vagy földtani következtetés csak abban az esetben vonható le, ha az eltérés szignifikánsnak bizonyul.

Másrészről viszont megjegyzendő, hogy mind a húsz középirány egy *30°*-os sugarú körön belül helyezkedik el, vagyis a középirányok különbsége nem nagyobb a földmágneses szekuláris variáció által létrehozható eltérésnél. Anomáliás irányú, térfordulás idején felvett mágnesezettség egyáltalán nem fordul elő. Szembetűnő a mintacsoportokon belüli nagy pontosság (kis szórás) is. A remanens mágnesezettség helyi középirányait *18* helyen

$K = 64{,}6 - 497{,}6$, tehát igen nagy pontossági paraméter értékek jellemzik és csak két helyen van K-nak olyan kis értéke, mint $K = 14{,}8$, ill. $23{,}5$.

Következtetések

A táblázati paleomágneses adatok összeállításukban is tükröződő értelmezése szerint a Tokaj-hegységi vulkáni működés termékei négy paleomágneses zónát rögzítettek. Egy fordított zónát a felső tortonaiban, egy normál és egy fordított párt az alsó szarmatában és egy normál zónát a felső szarmatában. A hegység földtani kutatásának jelenlegi fázisában a paleopolaritások alapján nem lehet megállapítani több zónát a felszínen található anyag keletkezési időszakában. (Fúrási anyag vizsgálatával a mélyebb szintekre vonatkozó paleomágneses kép esetleg finomítható volna). A Tokaj-hegységre kapott négy paleomágneses zóna az alábbi séma szerint korrelálható az általunk hazai standardnak tekintett Mátra–Cserhát-i paleopolaritás skálával *(II. táblázat)*.

III. táblázat — Таблица — Tabelle

Mintavételi hely	N/N°	$\varphi°$	$\lambda°$	$\bar{D}°$	$\bar{I}°$	K	$\alpha°$	polaritás	$\Phi°$	$\Lambda°$		
1. Tokaji Kopaszhegy, felső szarmata, dacit	9/10	48,1	21,4	2,4	67,2	106,4	5,0	+	87,6	59,9		
2. Zsujta, Hársasdomb, felső szarmata, dacit	5/5	48,5	21,2	32,8	66,8	258,1	4,8	+	68,6	96,3		
3. Tállya, szarmata, andezit	8/8	48,3	21,3	164,8	−45,9	23,5	11,7	−	−65,9	55,9		
4. Füzérvár, szarmata, andezit	7/7	48,5	21,5	163,0	−62,2	178,3	4,5	−	−77,2	94,9		
5. Boldogkőváralja, Jóhegy, alsó szarmata, andezit	8/8	48,3	21,2	191,7	−60,0	145,2	4,6	−	−78,9	328,8		
6. Abaújszántó, Aranyosvölgy I. alsó szarmata, andezit	4/5	48,3	21,2	135,9	−69,4	142,2	7,7	−	−62,1	137,9		
7. Abaújszántó, Aranyosvölgy II. alsó szarmata, andezit	5/5	48,3	21,2	103,8	−83,8	149,9	6,3	−	−49,7	182,6		
8. Erdőhorváti, Templomhegy, alsó szarmata, andezit	6/6	48,3	21,4	120,6	−64,4	222,1	4,5	−	−50,7	131,5		
9. Rostálló I. alsó szarmata, dacit	6/6	48,4	21,4	177,4	−47,2	112,5	6,3	−	−69,9	28,2		
10. Rostálló II. alsó szarmata, dacit	6/6	48,3	21,4	183,5	−44,1	129,9	5,9	−	−67,3	15,5		
11. Sárospatak, Gomboshegy I. alsó szarmata, andezit	5/6	48,3	21,5	122,9	−60,0	266,6	4,7	−	−49,6	122,9		
12. Sárospatak, Gomboshegy II. alsó szarmata, andezit	5/5	48,3	21,5	132,7	−62,9	497,6	3,4	−	−57,6	122,5		
13. Sárospatak, Kutyahegy, alsó szarmata, andezit	6/6	48,3	21,5	139,9	−69,1	497,5	3,0	−	−66,4	136,3		
14. Sárospatak, Szent Vincehegy, alsó szarmata, andezit	7/7	48,3	21,5	305,9	79,3	245,7	3,9	+	56,8	350,0		
15. Sárospatak, Páncélhegy I. alsó szarmata, andezit	5/5	48,3	21,5	328,3	73,1	125,1	6,9	+	68,7	332,7		
16. Sárospatak, Páncélhegy II. alsó szarmata, andezit	3/3	48,3	21,5	307,7	73,7	69,2	14,9	+	58,2	332,3		
17. Komlóska, Pusztavár, alsó szarmata, andezit	6/6	48,3	21,5	209,3	89,1	14,8	18,0	+	46,7	20,2		
18. Nagybózsva, Senyővölgy, alsó szarmata, andezit	7/7	48,5	21,5	339,0	69,1	64,6	7,6	+	76,1	316,7		
19. Vámosújfalu, felső torton, andezit	6/7	48,2	21,5	128,6	−84,9	91,5	7,0	−	−53,9	188,1		
20. Sátoraljaújhely, Némahegy, felső torton, dacit	8/8	48,4	21,6	167,9	−57,4	70,0	6,7	−	−74,6	66,3	$\Delta p°$	$\Delta m°$
Közepes virtuális paleomágneses pólus (a helyi mágneses középirányokból számolva):									75,9	315,3	9,5	11,3

I. táblázat. Paleomágneses adatok a Tokaj-hegységben

Jelölések: N/N_0 feldolgozott/gyűjtött minták száma a mintacsoportban
φ^0, λ^0 a mintavételi hely földrajzi koordinátái
$\overline{D}^\circ$ deklináció } a mágnesezettség középirányának komponensei
$\overline{I}^0$ inklináció }
K pontossági paraméter } statisztikus
α^0 konfidenciasugár } adatok
Φ szélesség } a paleomágneses pólus
Λ hosszúság } koordinátái
polaritás: + : normál mágnesezettség
– : fordított mágnezettség
Δp^0, Δm^0 A közepes paleopólus (Tokaj-hegység) konfidenciaováljának féltengely hosszai

Таблица I. Палеомагнитные данные в районе Токайских гор
Условное обозначение:

N/N^0 – количество обработанных/взятых образцов в группе образцов
φ^0, τ^0 – географические координаты мест взятия образцов
$\overline{D^0}$ – наклонение } компоненты среднего направления
$\overline{I^0}$ – склонение } намагничения
K – параметр точности } статистические данные
α^0 – радиус достоверности }
Φ^0 – широта } координаты палеомагнитного полюса
Λ^0 – долгота }
полярность – + нормальное намагничение
– обратное намагничение
– обратное намагничение
Δp^0, Δm^0 – длины половины осей овали достоверности среднего палеополюса (Токайские горы)

Tabelle I. Paleomagnestische Daten im Tokaj-Gebirge

Bezeichnungen:
N/N_0 Anzahl der bearbeiteten/gesammelten Proben in der Probengruppe
φ^0, λ^0 geographische Koordinaten der Probenentnahmestelle
$\overline{D}^\circ$ Deklination } Komponenten der Durchschnittsrichtung
$\overline{I}^0$ Inklination } der Magnetisierung
K Genauigkeitsparameter } statistische
α^0 Konfidenzradius } Angaben
Φ Breite } Koordinaten des paleomagnetischen
Λ Länge } Pols
Polarität: + : Normale Magnetisierung
– : Umgekehrte Magnetisierung
Δp^0, Δm^0 Halbachsenlängen des Konfidenzovals des mittleren Palaeopols (im Tokaj-Gebirge)

II. táblázat. A Mátra-Cserhátra és a Tokaj-hegységre vonatkozó polaritások korrelációja

Jelölések: N : normál mégnesezettségű zóna
R : fordított mágnesezettségű zóna

Таблица II. Корреляция полярностей для гор Матра – Черхат и Токайских гор Условное обозначение:

N зона нормального намагничения
R зона обратного намагничения

Tabelle II. Korrelation der auf das Mátra-Cserhát und das Tokaj-Gebirge bezogenen Polaritäten

Bezeichnungen: N : Zone normaler Magnetisierung
R : Zone umgekehrter Polarisierung

II. táblázat

Emelet	Mátra-Cserhát	Tokaj-hegység
	Paleopolaritás	
Torton Szarmata		N
		R
	N	N
	R	R
	N	

Gen72/78-n1

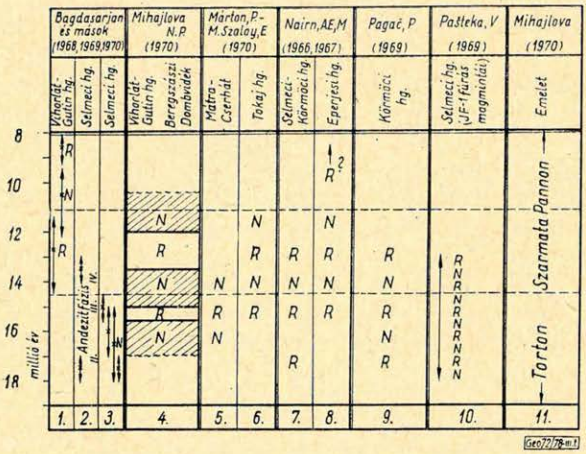
Ez a korreláció összhangban van a földtani megfigyeléssel.

Figyelembe véve a kárpáti késői orogén vulkanizmus termékeinek genetikai kapcsolatát, eredményeinket összehasonlítottuk a vulkanizmus határainkon kívül eső tagjainak paleomágneses vizsgálatából más szerzők által kapott eredményekkel. Az összehasonlításon túl, az adatok korrelációját is megkíséreltük *(III. táblázat)*.

Az összehasonlító táblázat megszerkesztése a paleomágneses mérési eredményeknek a vonatkozó abszolút korértékek alapján történő korrelációjában áll, amely az egész kárpáti posztorogén vulkanizmus genetikai azonosságán nyugszik.

A táblázat első oszlopában állnak a Vihorlát-Gutin hegységre vonatkozó korértékek és a hozzájuk tartozó paleomágneses zónák: a *12,7 millió év* és *10,5 millió év* közepes korú kőzetcsoportok mágneses polaritásban jól elkülönülnek, előbbihez fordított (*R*), utóbbihoz normális (*N*) mágnesezettség tartozik. A függőleges nyilak az illető zónák lehetséges kiterjedését mutatják. A *8 – 9 millió éves* képződmények fordított mágnesezettségűek.

III. táblázat



III. táblázat. A kárpáti késői orogén vulkanizmus paleomágneses- és abszolút-kor-adatainak összehasonlító táblázata

Jelölések: N: normál mágnesezettségű zóna
R: fordított mágnesezettségű zóna

Таблица III. Сопоставление данных о палеомагнитности и абсолютном возрасте для Карпатского позднего орогенического вулканизма

Условное обозначение:
N – зона нормального намагничения
R – зона обратного намагничения

Tabelle III. Vergleichende Tabelle der palaeomagnetischen und Absolutalters-Daten des späten karpatischen orogenen Vulkanismus

Bezeichnungen: N: Zone normaler Magnetisierung
R: Zone umgekehrter Magnetisierung

A második oszlop a *±0,5 millió év* hibával meghatározott *17,5*, ill. *13,5 millió éves* korértékei a Selmeci-hegység *II.* andezitfázisának kezdetét, ill. *IV.* andezitfázisának végét jelzik.

A harmadik oszlop a négy Selmecbánya környéki közepes korértéket

(17,5±0,5, 16,5±1,5, 16±1,0 és *15±0,5 millió év)* és a hozzájuk tartozó normális irányú mágnesezettséget tünteti fel.

A negyedik oszlop Mihajlovának az 1970-es kijevi *KBGA*-kollokviumon ismertetett abszolút korértékekkel skálázott paleomágneses sémája.

Az *5–9.* oszlopokban a fejlécben jelzett hegységek paleomágneses skáláit korreláltuk az *1–4* oszlopok adataira alapozva. A korreláció a következő főbb eredményeket szolgáltatja:

1. A Selmec–Körmöc tortonnak tartott *I.* andezit és *II.* riolitfázisa, valamint a *II.* andezitfázisának alsó szintje megelőzi a Mátra középső andezitjét. Ugyanakkor a mátrai középső andezit lényegében a körmöci *II.* andezitfázissal egyidejű.

2. A Mátra felső andezitje a Selmec-körmöci *III.* és részben a befejező *IV.* andezitfázisnak felel meg.

3. Hasonló, kor szerinti azonosítás végezhető el az Eperjes–Tokaji-hegység határainkon inneni és túli képződményeire.

A *10.* oszlop egy Selmecbánya környéki fúrás magmintáinak paleomágneses méréseiből kapott zónákat – szám szerint tizet – tartalmazza. Ezek, a munka szerzője szerint, kb. egyenletesen töltik ki a *4–5 millió éves II–IV.* andezitfázis időszakát. A meglehetősen komplikált paleomágneses kép igazolására azonban maga a szerző is további vizsgálatokat javasol.

A *11.* oszlopban a torton-szarmata és szarmata-pannon határ meghúzásakor elfogadhatónak tartottuk Mihajlova említett táblázatát, amely ezeket a határokat *14,5*, ill. *11,2 millió évben* adja meg.

A III. táblázatot kommentálva elsősorban a felszíni paleomágneses adatok ellentmondásmentes korrelálhatóságára utalunk. Nem léphetünk fel azonban a táblázattal szemben a teljesség és véglegesség igényével sem földtani, sem geofizikai szempontból. Valószínű, hogy részletes vizsgálatokkal (fúrási anyagot is beleértve) több kőzettani-sztratigráfiai horizont, ezzel együtt több paleomágneses zóna lesz megállapítható, ezeknél azonban a III. táblázatot, mint az eddigi ismeretek szintézisét célszerű figyelmen kívül hagyni.

IRODALOM

Márton P. – Szalay Márton E.: (1970. Secular changes, polarity epochs and tectonic movements as indicated by paleomagnetic studies of Hungarian rock samples. Pure and Appl. Geophys. Vol. 81, 1970/IV. p. 151.

Dagley P. – Ade Hall J. M.: (1970) Cretaceous, Tertiary and Quaternary palaeomagnetic results from Hungary. Geophys. J. R. Astr. Soc. Vol. 20, p. 65.

Fischer R. A.: (1953) Dispersion on a sphere. Proc. R. Soc. A. Vol. 217, p. 1130.

Mihajlova N. P.: (1970) KBGA-kolloquium, Kijev.

Багдасарян, Г. П., Данилович, Л. Г. (1968): Изв. АН. СССР, серия геол. 9.

Bagdasarjan G. P. és mások (1969) Vyvoj neogenneho vulkanizmu... Geologicke prace, Zpravy, v tlaci.

Багдасарян, Г. П., и др (1970): Об абсолютном датировании палеомагнитныхзон в разрезе Выгорлат-Гутиноски гряды. Материалы VIII Конференции, Часть II. Киев. стр. 30.

Nairn A. E. M.: (1966) Palaeomagnetic investigations of the Tertiary and Quaternary igneous rocks: II. A Palaeomagnetic study of the Central Slovakian Province. Geofys. Sbor. C. S. A. V., 1966.

Nairn A. E. M.: (1967) Palaeomagnetic investigations of the Tertiary and Quaternary igneous rocks: III. A palaeomagnetic study of the East-Slovak Province. Geol. Rundschau, Vol. 56. p. 408.

Pagac P.: (1969) Prispevok k metodike paleomagnetizmu a paleomagneticky vyskum Kremnickych hor. Kandidat. dizert. praca, SAV. Bratislava.

Pasteka V.: (1969) Doterajsie vysledky paleomagnetickeho studia stredoslovenskych neovulkanitov subsekventneho vulkanizmu v okoli Banskej Stiavnice. Mineralia Slovaca Roc. I. 3–4. p. 275.