

A bükkszentkeresztli riolit (kvarcporfír)-tufa Mn-ércesedéssel társult U-Be tartalmú foszfátásványosodása

SZABÓ Imre¹, VINCZE János²

¹ 1113 Budapest, Villányi út 56.

² 7624 Pécs, Szigeti út 8/A

U-Be-bearing and Mn-ore associated phosphate mineralization of the rhyolite (quartzporphyry)-tuff, at Bükkszentkereszt (NE Hungary)

Abstract

This paper concerns the U-Be (REE)-bearing phosphate bodies — associated with the Mn-oxide ore known in the Ladinian rhyolite (quartzporphyry) tuffs, near the village of Bükkszentkereszt — which are relevant for the results of prospecting performed by the Mecsek Ore Enterprise (1967–1973). New geological, petrographical and tectonic details have also been dealt with. In order to achieve this, the manuscripts of numerous reports are summarized briefly.

The phosphate–Mn-oxide bodies can be found along the fractured, cataclastic tectonic zones, which occur in a NNW–SSE direction. They occur in a mildly pressed, anchimetamorphic, mafic/acidic volcanic series, built from lava-flows and tuffs. Underlying, overlying and intercalated limestone beds belong to the series.

The main rocks present in series are microfoliated shales, and slates with a porphyroblastic structure. Originally their main components could have been acidic, partly aleuropelitic pyroclastite and pelitic sediments.

The outcrops of the phosphate–Mn-oxide bodies have been investigated in the locality of a great exposure (No 40), near the „Heroes' Spring”. The area surrounding this spring has been penetrated by two shafts and numerous shallow drillings (Figures 3–6). As a result of the project, it can be declared to represent a complex U-Be (REE)-P-Mn accumulation, with some industrial concentrations (although the respective sizes of these depend on the exact location).

The phosphatic and Mn-oxide-bearing tuffaceous rock-formed bodies have irregular thicknesses, as well as different configurations, bands, and lenses. The bodies are limited in their relation to the wall rock by their sharp contact and (micro) brecciated zones. Their respective structures represent symmetric or asymmetrical (incomplete) alterations of the phosphatic and Mn-oxide microfolded bands (Figures 3–6, Plates II–III).

The acidic tuffaceous series has suffered from repeated weak regional tectonic, and significant hydrothermal metasomatic effects (e.g. silicification, K-Na-migrations, phosphatic and Mn-oxide mineralization — see Figures 3–7). The inner parts and the neighbouring rocks of the P-Mn metasomatic bodies can be characterized by secondary quartz, feldspar (e.g. albitization), and hidromica-illite-chlorite mineralizations (Plate I).

The main rock-forming minerals of the phosphatized rock-bodies are the cryptocrystalline-microcrystalline, and spherulitic collophane aggregates. The phosphatization underwent polyminerally, amorphous phases, and these were completed by semicrystalline ones: e.g. carbonate - F-apatite (francolite, dahlite), hydroxyl-apatite, and Mn-apatite.

The following opaque Mn-minerals are present: psilomelane (manganomelane), cryptomelane, ramesdellite, manganite, todorokite, vernadite, pirolyte, and gelic-like, dendritic, needle-radial spherulitic precipitations may occur on the phosphatic field and the ore bands (Plates II–IV). As accessory minerals, Fe-hydroxyl phosphate and, Fe-oxide-hydroxide minerals may also be present.

The geochemical evaluation of the analyses carried out clearly indicated a close correlation between P-V-Be-REE contents (Tables 1–2, Figures 7–9).

The respective correlations between these elements with MnO₂ proved to be negative and very loose. The alpha-radiographs of the U-contents indicated dense and unequally dispersed alpha-tracks inside the phosphatic fields, but the Mn-oxide ones were shown to be barren (Plates III–IV). These facts suggest that U, Be- and REE, are built into the lattice of the apatite. On the bases of radiographs (Plate III, 1; IV, 5–6) and optical microanalyses the presence of the following minerals can only be presumed: U-oxide (“U-black”), uranophane, bertrandite and/or berillonite.

The Pb-isotope ages of the U-accumulations (47±13 Ma) conform to the “fission track” age of apatite (47,7 Ma). The mildly anomalous U and U-barren background ages (90–135 and 165–220 Ma, respectively) conform to the age of metamorphic and early metasomatic actions, and acidic volcanism. The latter could be determined by the Rb/Sr (98,7 Ma) K/Ar (79 and 121,6 Ma) “fission track” ages of zircon (89, 5 and 122,9 Ma). (See Table 3, Figures 3, 10–12 and the bibliography.)

The supposed genetic processes occurred inside the volcanogenic series. This suffered regional metamorphism, and metasomatic-fault tectonics-belts (with fractured zones) were raised due to the tectonic movements. Rejuvenation of the volcanism (owing to the tectonics) brought submarine, hydrothermal exhalations. The latter comprised solutions

containing Si, P, Be, REE and other hydrothermally significant (e.g. chalcophil) elements. The microbrecciated zones and their surroundings were first silicified, and then phosphatised, resulting in the formation of Mn-ore with U-Be-REE contents; this was due to metasomatic replacements.

Keywords: Triassic rhyolite (quartzporphyry)-tuff, anchimetamorphism, fractured tectonical zone, hydrothermal Fe Mn P-Mn (U, Be) metasomatism, Bükk Mts, NE Hungary

Összefoglalás

A MÉV (Mecseki Ércbányászati Vállalat) kutatásai (1967–1973) a Bükkzentkereszt környéki ladin–karni (kvarcporfir)-tufa összletben U-Be-RF tartalmú foszfát-Mn-oxid testeket tártak fel. A kutatások eredményeként az összlet földtani–kőzettani felépítése is újabb részletekkel gyarapodott. A terepi kutatásokkal párhuzamosan és azokat követően sokrétű laboratóriumi anyagvizsgálat folyt (MÉV, ELTE stb.).

A foszfátos-Mn-oxidos kőzet a hordozó anchimetamorf — túlnyomóan porfiroblasztos mikropalának minősülő — összlet tektonikailag fellazult mikrobrecsás zónái mentén szeszélyes eloszlású, változó vastagságú gyüredezett lencsék, szalagokat alkot, kovásodás, másodlagos földpátosodás (pl. albitosodás) kíséretében. Képződésük utómagmás–hidrotermás anyagkiszorításos folyamatok (metaszomatózis) eredménye.

Az U-Be-RF eleműsülések szoros korrelációt alkotnak a foszfátosodás mértékével és — utóbbival összefüggésben — egymással is. A P-Mn-ásványosodás fő tömegére jellemzőek az amorf – félig amorf gél szerkezetek (kollofán, pszilomelán stb.), de megjelennek a sferoidos halmazokat alkotó kristályos polifázisok és (frankolit, ramsdellit, piroluzit). A radiográfiai alapján önálló U-ásványok (U-oxid, uranofán) csak nyomokban lehetnek, az U — lényegében — az apatit rácsába épült be. A kollofánban nagyon finom szemcseméretű Be-ásványok (bertrandit, berillonit) megjelenése nem zárható ki.

Az ólomizotóp koradatok alapján az U-felhalmozódás maximumának ideje (47 ± 13 M év) egybevág az apatitok „fission track” korával.

Tárgyszavak: triász riolit (kvarcporfir)-tufa, anchimetamorfózis, összetöredezett szerkezeti öv, hidrotermális Fe Mn P-Mn (U, Be) metaszomatózis, Bükk hegység Magyarország

Az U-Be kutatástörténeti áttekintése

A Bükkzentkereszt környéki vulkanitok radiológiai anomáliáit 1955-ben a Mecseki Ércbányászati Vállalat (MÉV) légi-gamma felvételei, majd 1967–69 között légi-gamma spektrometriai mérések jelezték (WÉBER 1967, 1968, 1975). Földi ellenőrzést először BARABÁS végzett (1957); részletes terepi radiometriai felmérést (1:5000 méretarányban) KERESZTES 1973 és KÁLLAI K. készített, amelyet izogamma térképen 1973-ban HARSÁNYI L.-né összegezett.

1970-ben a Hősök-forrása völgy patakmedrében addig nem tapasztalt γ -aktivitást észleltek. Az aktív kőzetdarab eredeti helyét a völgy keleti oldalán a felső-ladin–karni eruptív összlet riolit (kvarcporfir)-tufáiban Csáki F. terepi irányításával létesített nagy (40. sz.) feltárással találták meg (1. ábra). A radioaktív kőzettestek továbbnyomozása árkolásokkal, kis kutatóaknákkal, azokból oldalirányú tárókkal, (Hőf-jelű) 25–50 m sekély fúrásokkal és (Bszk-jelű) mélyfúrásokkal történt, amelyek tervezését Wéber B., Csáki F., és Szabó I. végezték (lásd később 1–6. ábrák).

Az ércutatások „melléktermékeként” a terület földtani-szerkezeti viszonyai is jelentős mértékben kiegészültek: elkészült a diabáz-összlet részletesebb litológiai-litosztratigrafiái szelvénye az összletek kőzetváltozatainak makroszkópos megkülönböztetésével, egymáshoz való viszonyával (2. ábra, SZABÓ 2002), 1:10 000-es térképlapon elkészült a terület

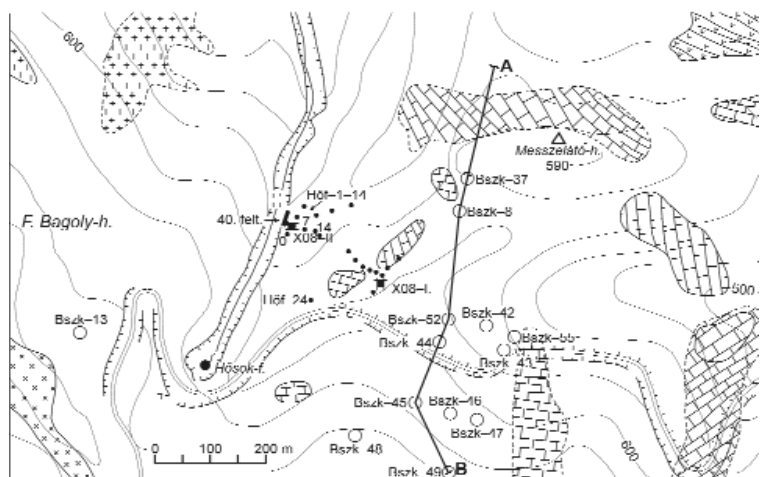


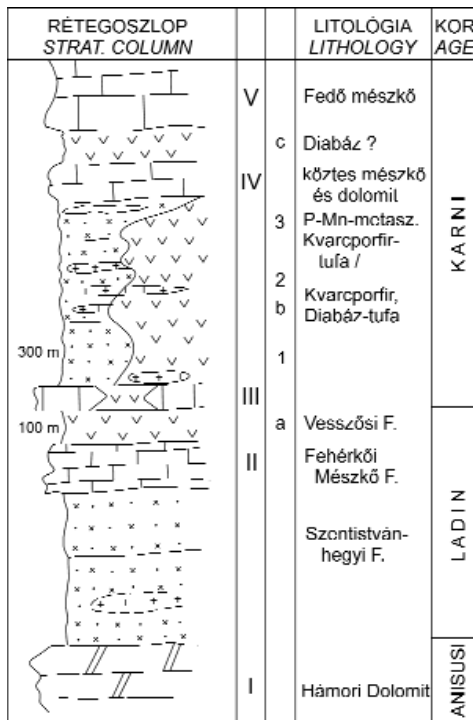
1. ábra. A bükkzentkereszti triász vulkáni piroklastikus összlet kutatási térképvázlata (átdolgozás CSÁKI F. és NYÁRI P. felvételeiből)

1 – fekvő mészkő, 2 – fedő mészkő, 3 – kőzetes mészkő a tufaösszletben, 4 – diabáz tufák, 5 – kvarcporfir (riolit)-tufák, 6 – kvarcporfir (riolit)

Figure 1. Sketch of exploration map for the Triassic volcanic pyroclastic sediments (reworked from mapping by F. CSÁKI and P. NYÁRI)

1 – Underlying limestone, 2 – Overlying limestone, 3 – Intercalated limestone in the tuff-series, 4 – Diabase tuffs, 5 – Rhyolite (quartzporphyry) tuffs, 6 – Rhyolite (quartzporphyry)





2. ábra. A Bükk hegységi triász vulkáni-piroklasztikus sorozat rétegtani szelvénye (SZABÓ 2002)

Figure 2. Stratigraphical column of Triassic-volcanic-pyroclastic series, Bükk Mts (by SZABÓ 2002)

fedett- és fedetlen földtani- és szerkezeti térképe. (NYÁRI 1971).

A terepi kutatásokat nagyszámú (>3000) minta radiometriai elemzése, továbbá Rtg-spektrometriai elemzése (Vados I., Szilárd M.-né, Szerdahelyi Gy., Pallósi J.) támogatta; a komplex kiértékeléseket sokrétű vegyi elemzés (Upor E., Hohmann J., Mohai M.-né, Szalai J.-né, Nagy Gy., Novák Gy., Klesch K., Horváth Á.), valamint félmennyiségű optikai színképelemzés (Juhász S.-né, Pálfi E.-né) segítette a MÉV Radiometriai és Kémiai Analitikai Laboratóriumában. A kőzetmikroszkópiai és ércászványtani vizsgálatokat SELMECZI 1972; SELMECZI & ANTAL 1974a, b, SELMECZI & VINCZE 1968; CSÁKI 1970, 1971a, b; CSÁKI et al. 1973; VINCZE 1997; VINCZE et al. 1982–1989 végezték. Az utóbbi munkához jelentősen hozzájárultak Kisházi P. Rtg-diffrakciós (BKI Sopron) és Selmeczi B. DT (MÉV) felvételei és elemzése, valamint a Moszkvai Uránkutató Intézet részéről végzett ércvizsgálatok (CSERNYECOVA 1972, ZEFIROV & POLIKARPOVA 1972).

A MÉV fél évtizednyi (1968–1972) terepi kutatásainak eredményeit zárójelentések (CSÁKI et al. 1973, SELMECZI 1974a, b) összegezték, megállapítva az U-hordozó kőzet foszfáttestek) komplex urános–berilliumos jellegét és a foszfátosodással egyező mértékű mangánércesedését.

Izotópegokémiai U-kutatási programunk keretében (más kutatási területekhez hasonlóan) 1985–87 között a bükk-szentkereszti ércindikációból és környezetéből (kvarcporfirtufák) is készültek ólomizotóp színképelemzések (Nyevszkij Expedíció, Leningrád), tömegspektrométeres

Pb-izotóp mérések (Kaposi O., Balthazárné Vass K., ELTE), valamint alfa-spektrometriás uránizotóp-elemzések (Sebessy L., Bálint Gy., MÉV), amelyek eredményeit éves témajelentések (VINCZE et al. 1982–1989) és a hazai uránkutatók zárójelentése (BARABÁS & KONRÁD 2000, KONRÁD & BARABÁS 2001) tekintette át. Ugyanezen források tartalmazzák a foszfátos-mangános „érc”technológiai (hidrometallurgiai) feldolgozási kísérleteinek (CSÓVÁRI 1982, 1983) eredményeit is.

1984–87-ben — az OTKA ritkaelem kutatási projekt részeként — az ELTE Kőzettan–Geokémiai Tanszékén a bükk-szentkereszti ércindikációt elsősorban mint berillium anomáliát tovább vizsgálták, modern laboratóriumi (lézerszínkép mikroelemző, elektron mikroszkóp, DT, Rtg, nagy felbontású polarizációs mikroszkóp) eszközökkel (Nagy B.-né, Gál M.-né, Nagy B., Puskás Z., Kubovics I.). A Be-dúsulás ásványtani-kőzettani-geokémiai sajátosságait a hazai anomáliákkal és az észak-amerikai (Utah Állam, USA) Be-ércesedéssel (KUBOVICS et al. 1987, 1989) hasonlították össze.

A MÉV bükk-szentkereszti U-kutatásainak történetét és kutatástörténeti tanulságait több tanulmány is elemezte (BARABÁS 1997, MAJOROS 1997, SZABÓ 2002), de a kézirat jelentésekben rögzített (részben előadott) földtani-terepi eredményeiről részletes publikációk nem készültek; KOCH (1985) könyve — Vincze J. és Selmeczi B.-né vizsgálataira alapozva — csupán az ásványtani eredményekről adott összefoglalást.

Dolgozatunk célja a hiány pótlása: az ércesedést meghatározó földtani-tektonikai keretbe illesztve mutatjuk be. Különös figyelmet fordítottunk az ércbefogadó kőzeteket ért utólagos — magmás — metamorf hatások vizsgálatára, ércesedési szerepére.

Az U-anomáliákat hordozó kvarcporfir (riolit)-tufa összlet litosztratigráfiai felépítésének vázlatja

A kutatási terület földtani felépítéséről, az üledékes kőzetek, a metamorfizált piroklasztikus és effuzív kőzetek rétegtani helyzetéről, egymáshoz való viszonyáról és korkérdéseiről bőszeges, — néhol egymásnak ellentmondó — szakirodalom áll rendelkezésünkre, úgy a MÉV ipari kutatásait megelőzően, mint azt követően. (A teljesség igénye nélkül: SZENTPÉTERY 1932, 1947, 1950; PANTÓ 1951, 1961, BALOGH 1964; ÁRKAI 1973, 1983, ÁRKAI et al. 1995; HAAS 1995; CSONTOS 2000; PELIKÁN 1993; SZOLDÁN 1990, KOVÁCH et al. 1985; ÁRVÁNYÉ SOÓS et al. 1987; DUNKL et al. 1994). Dolgozatunk tárgyát meghaladja a rétegtani viszonylatok részletes elemzése; a 2. ábrán bemutatott rétegtani szelvényben elsősorban az U-anomáliákat hordozó piroklasztikus összlet litosztratigráfiai helyzetének és időbeliségének szemléltetésére törekedtünk, a bükki triász bonyolult, összetett bazikus-savanyú vulkanogén képződésének kapcsolatrendszerén belül. A szelvényben a későbbi metamorf-metaszomatikus folyamatok geokémiai jellege és a velük összefüggő elem-dúsulások szemszögéből

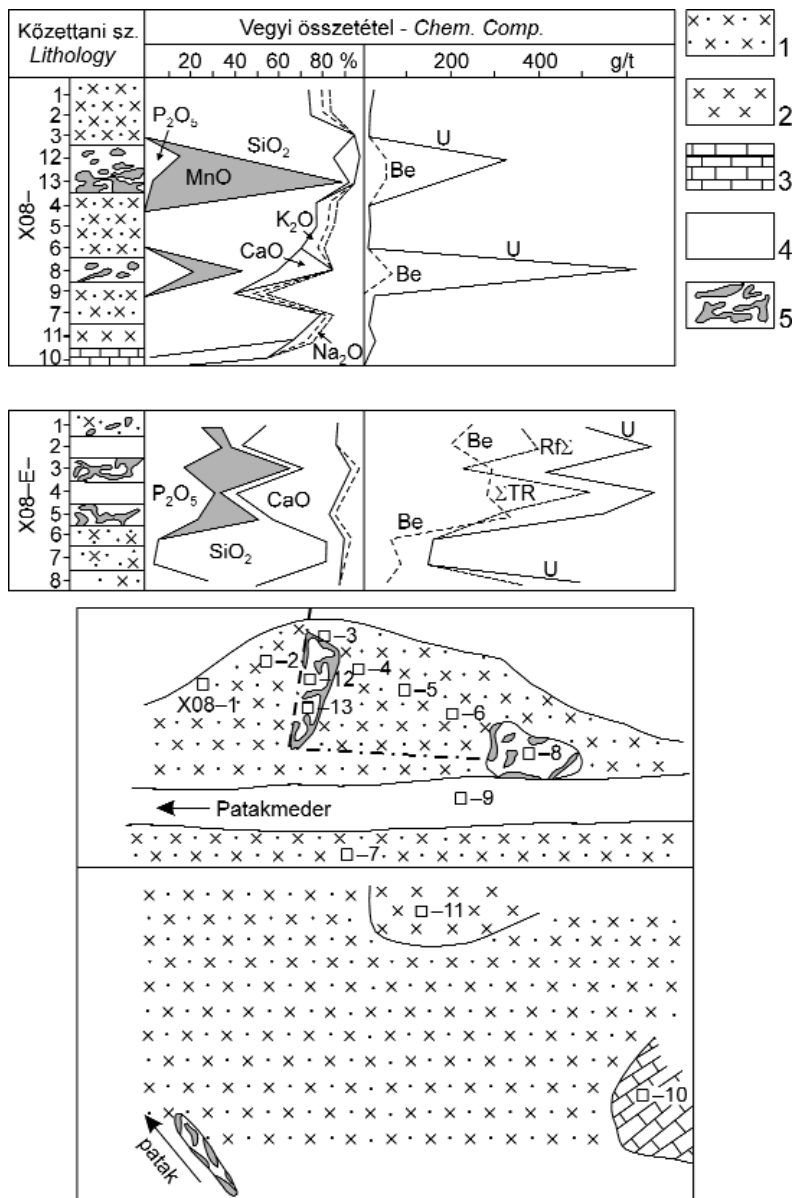
meghatározó, egyrészt a tengeri karbonátos litofációsek ismétlődő váltakozása (I–V) a közjük települt vulkanogén képződményekkel; másrészt az utóbbiakon belül a bázikus (a, b, c) és a savanyú (1, 2, 3) működés váltakozása, ill. részleges egymásmellettsége (1. a genetikai fejezet). A foszfát-Mn-oxid metasomatit kiválások a savanyú vulkánosság felső övében, annak a „köztes mészkő” alatti szintjében jelennek meg. A savanyú vulkánosság vastag összletének fő tömegét alkotó kvarcporfír (riolit)-tufákba több szintben láva kőzet: kvarcporfír (riolit) települ, esetlegesen kőzettelér (dájk) áttörésekkel(?), települérekkel. A kvarcporfír betelepüléseket szemléltetendő — a földtani térkép-vázlat (1. ábra) közepső, — hosszanti és haránttörésekkel határolt és szabdaltságot — kvarcporfír (riolit)-tufa összlet mintegy 3 km²-nyi elterjedési területén belül a folt-szerű kőzetkibúváásokat fedetlen térképpé alakítottuk, ily módon a tufaösszletben négy (ÉNy–DK-irányultságú) kvarcporfírpásza rajzolódik ki. A diabázttufa összlet a térképen a blokktól É-ra Ny–K-i irányú vonulatot alkot. A blokk DK-i végén van — a Hősök-forrása völgyét harántolva — a hidrotermális metasomatózis legerőteljesebb megnyilvánulása: U-Be-RF elemdúsulást hordozó foszfát-Mn-oxid testekkel. A térkép-vázlaton bekeretezett területeken kinagyítva ábrázoltuk a P-Mn-testeket harántoló főbb kutatási létesítményeket. Így a Hősök-forrása völgyében: II. kutatóakna, 40. sz. nagyfeltárás, K–DK-i irányban haladva a Bszk-jelű mélyfúrások tártak fel U-anomális foszfát-Mn-oxid testeket, amelyek közül K–DK-i irányban legtávolabbi — 388 m-ig mélyített — Bszk-55 fúrás vastag, kvarcporfír „telérekkel” átjárt kvarcporfírtufa összletben már csak vörös és fekete Mn-oxidos agyag hordozott (95 és 107 m között) némi U-anomáliát.

A foszfát-Mn-oxid kőzettestek településszerkezete

A foszfátos-Mn-oxidos U-tartalmú kőzetanyag szeszélyes eloszlású és változó vastagságú kiemelkedő lencsákat, szalagokat alkot. A 40. sz. feltárásban két meredek dőlésű, hasonló elhelyezkedésű, Mn-oxidos foszfáttest zúzott zónás törésvonal mentén települ és egyiket maga a törésvonal határolja (3. ábra). A bal oldali test inkább Mn-oxidos, a jobb oldali Mn-oxidban szegényebb, foszfátúsabb. A feltárás mögötti sekélyfúrásorban (az 5. ábrán a–b szelvény) a Hőf-5 jelű urános (kb. 300 γ), keményebb foszfátot tar-

talmaz, amelyet a Hőf-5-3a fúrásokban Mn-oxidos agyag szegélyez; a Hőf-7–14 fúrásokban már csak az utóbbi folytatódik (mint a „távolabbi” Bszk-53 fúrásban), csökkent U-anomáliával (18, ill. 60 γ).

A bonyolult telepalkatokat a 17,5 m mély, x-08-II. kutatóakna szelvényében (4. ábra) szemléltethetjük a 3–16 m közötti mélységközben. A 40. sz. feltárásához hasonló összetételű, szálbanálló, Mn-oxidos foszfátkőzet (foszfátit, foszforit) 5–20 cm vastagságú — a kvarcporfírtufával együtt gyúrt, préselt — ismétlődő sávokat alkot, fedőjében kvarcittá kovósodott kvarcporfírtufa „sapkával”. A foszfátit szalagokat fehéresszürke, Mn-oxid tartalmú agyag burkolja. Az I.

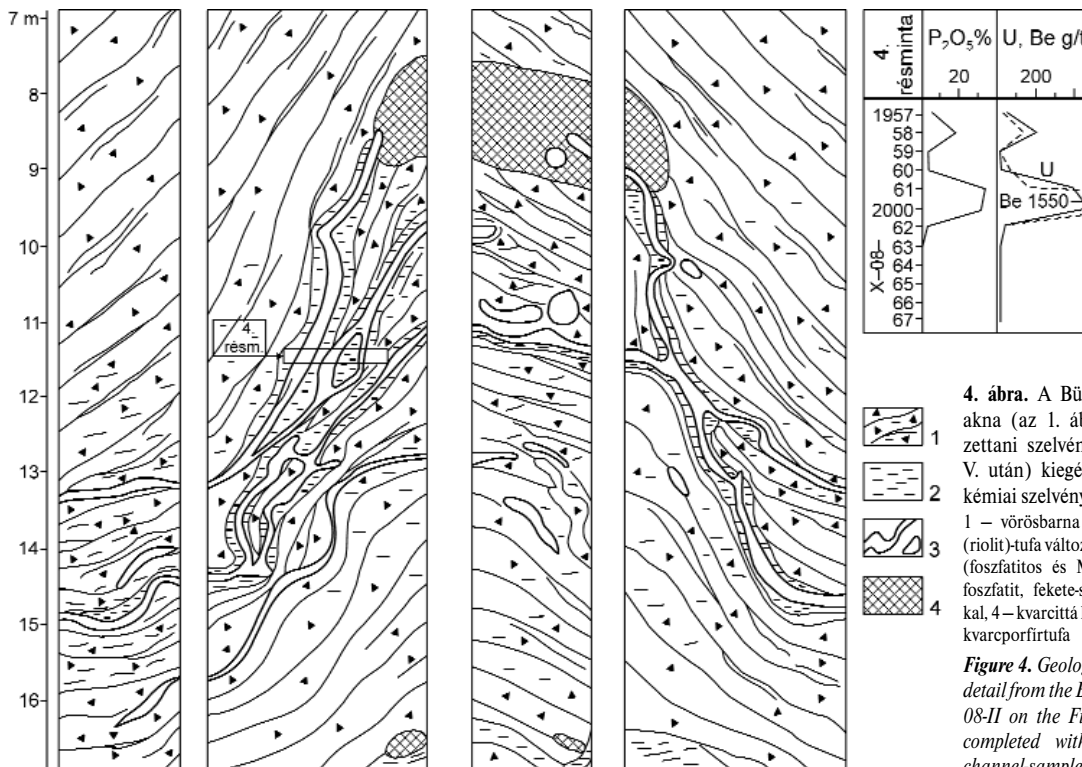


3. ábra. A 40. sz. feltárás és környéke közettani-geokémiai szelvénye (VINCZE 2005) és mintavételi vázlata (CSERNYECOVA 1972)

1 – kvarcporfír (riolit)-tufa, 2 – mészkő, 3 – foszfátosodott kőzet, 4 – foszfátosodott-mangánércesedett kőzet

Figure 3. Petrographical-geochemical column (by VINCZE 2005) and sampling sketch of the No 40 exposure and its surrounding (by TCHERNYECOVA 1972).

1 – Rhyolite (Quartzporphyry) tuff, 2 – Rhyolite (Quartzporphyry), 3 – Limestone, 4 – Phosphatized rock, 5 – Phosphatized plus Mn-oxide bearing rock



4. ábra. A Bükkszentkereszt II. kutatóakna (az 1. ábrán x-08-II) földtani-kőzettani szelvényének részlete (KERMJÉT V. után) kiegészítve a 4. rész minta geochemiail szelvényével

1 – vörösbarna és zöldesszürke kvarcporfir (riolit)-tufa változatok, 2 – fehéresszürke agyag (foszfátos és Mn-oxidos), 3 – sárgásfehér foszfátit, fekete-sötétbarna Mn-oxidos sávokkal, 4 – kvarcított kovásodott világos vörösbarna kvarcporfirtufa

Figure 4. Geological-petrographical profile detail from the Bükkszentkereszt II shaft (x-08-II on the Figure 1, after V. KERMJÉT), completed with geochemical profile of channel-sample No 4

1 – Red-brown and green-grey rhyolite (quartzporphyry) tuff varieties, 2 – Light-grey clay, containing phosphatite and Mn-oxide, 3 – Yellow-white phosphatite, with black-darkbrown Mn-oxide bands, 4 – Light-red brown rhyolite (quartzporphyry) tuff, silicified to quartzite

kutatóaknában viszont kisebb mértékű a foszfátosodás, de nagyobb mérvű a Mn-oxid ércesedés (I. táblázat).

A Bszk-37–49 mélyfúrási rétegsorokból szerkesztett A–B szelvény (5. ábra) a szerkezeti felépítés bonyolultságát mutatja, amelynek következtében csak a Bszk-52, –44 fúrások (a szelvényen bekeretezett részlet) bizonyultak

produktívnak. A bekeretezett részlet nagyításán (6. ábra) látható a kvarcporfir (riolit) tufában a Bszk-52, –44 fúrások már nagyobb (kb. 30 m) mélységben Mn-oxidban szegény foszfáttestet harántoltak, a foszfátosodás mértékének megfelelő, jelentős γ -karotázis értékekkel. Vastag, kvarcitosodott kvarcporfirtufa itt is jelen van, de a foszfátosodás alatt.

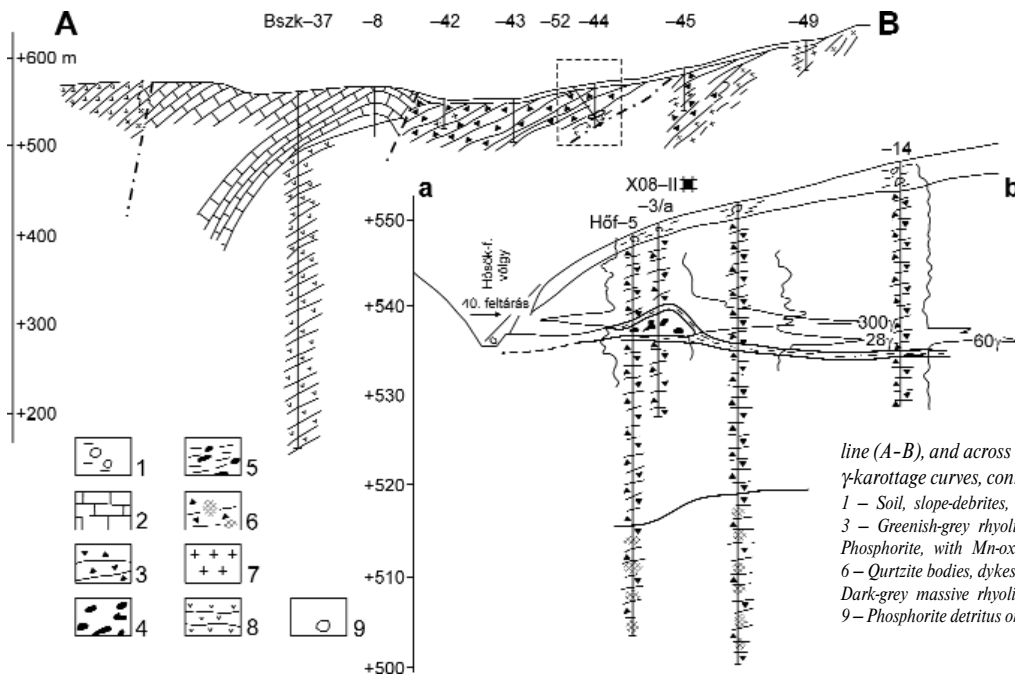
I. táblázat. A bükkszentkereszt P-Mn-metasomatitok főkomponens és U-, Be-, ritkaföldfém (Rf) elemzési adatai

Table I. Analysed data of main components and U-, Be-, REE of P-Mn metasomatites from Bükkszentkereszt

A minta jele / az érték típusa		Elemzések száma	P ₂ O ₅	MnO	SiO ₂	U g/t	Be g/t	Rf g/t	Részleg Fraction
			súly% – weight%						
40. felt.	átlag (average)	13	21,65	8,13	(43,1)	413	193	(203)	>1% P ₂ O ₅
I. akna	átlag (average)	16	4,07	8,16	(51,5)	92	146	143	>1% P ₂ O ₅
	átlag (average)	7	5,2	28,68		183	60		>1% P ₂ O ₅
II. akna	átlag (average)	11	11,03	1,88	(54,5)	302	267		>1% P ₂ O ₅
	átlag (average)	3	11,07	4,93		280	138		>1% P ₂ O ₅
Bszk-44	átlag (average)	7	14,29	0,13	(41,2)	239	(6)	(90)	>1% P ₂ O ₅
Bszk-52	átlag (average)	8	15,8	0,10		255	(100)	(170)	>1% P ₂ O ₅
x-08-É-1-8	átlag (average)	8	21,73	9,53	26,3	438	187	294	
	max.		35,3	44,6	74,6	650	320	(500)	
	átlag (average)	6	21,85	1,40	34,7	428	150	305	foszfátos
Σ foszfátos	átlag (average)	21	12,65	0,83	48,8	279	145	178	
	max.		35,3	3,19	74,6	550	290	(500)	
x-08-2000			31,32	2,50	10,24	998	1550	-	
?Mn-oxidos	átlag (average)	8	9,79	41,6	23,8	258	133	203	
	max.		24,8	89,6	69,2	610	320	(300)	
Kvarcporfir tufák	átlag (average)	10	0,35	0,11	68,8	4	8	63	
	max.		0,80	0,42	82,0	30	30	(100)	

Megjegyzés: MÉV Kémiai Analtikai Labor kémiai elemzése, az x-08-2000 minta kivételével (Uránkutató Intézet, Moszkva).

Note: Chemical Analyses, performed by Chem. Anal. Lab. Mecsek Ore Mining Enterprise, - except No x-08-2000 (U-Research Institute, Moscow).



Osszességében úgy tűnik, hogy a felszíni kibúvástól a mélység felé haladva először a foszfáttest Mn-ércesedése csökken, majd a foszfátosodás is megszűnik és végül csak a Mn-os agyagburok marad, ami továbbra is aktív, aktívabb mint a befogadó kvarcporfir tufa.

Foszfát- és Mn-oxidos ásványosodást hordozó kvarcporfir (riolit)-tufa kőzettani vizsgálata

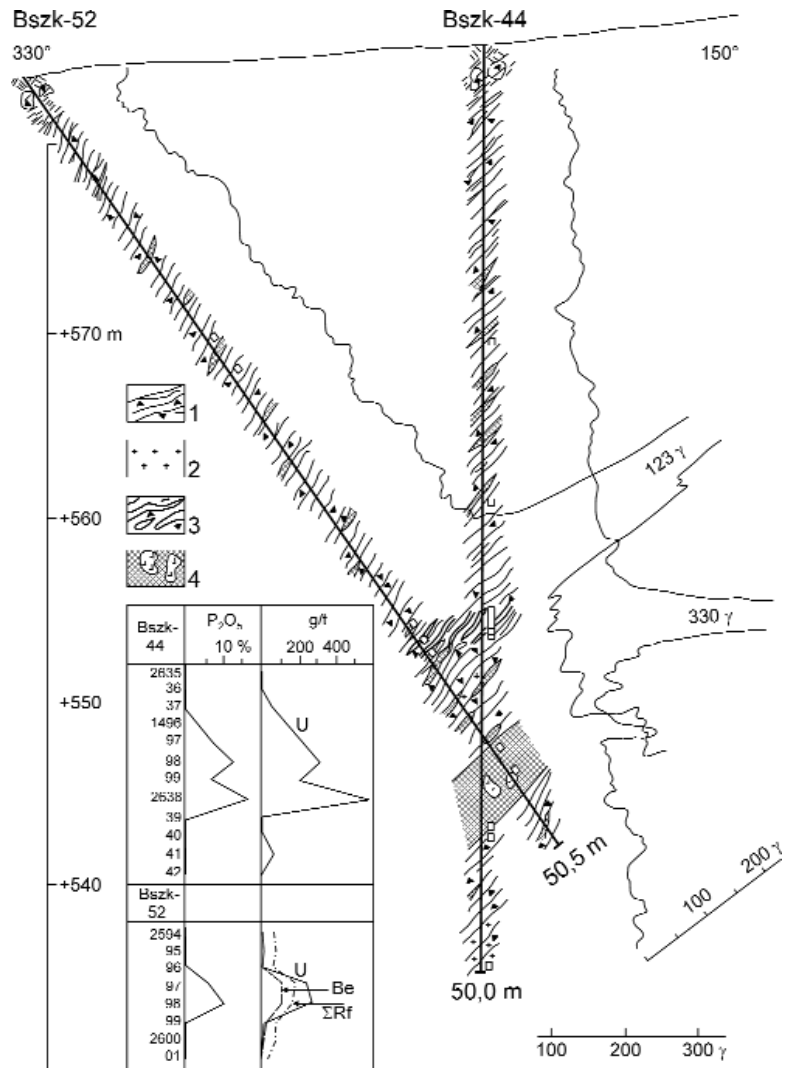
Az előzőekben utaltunk a területtel foglalkozó szerzők nem egységes, ellentmondásos kőzettani minősítésére. Néhányuk (Balogh K., Pantó G., Árkai P.) abban egyetért, hogy a terület piroklasztikumai a metamorfózis során a lávaeredetű tagoknál nagyobb mértékben alakultak át — azonban a metamorf — metasztatikus anyagkicserelődés az eredeti kőzeteket

6. ábra. A Bszk-52 és -44 jelű mélyfúrásokat harántoló földtani-kőzettani szelvény, γ -karotázs görbével (az 5. ábra A-B szelvényén bekeretezett szakasz részletezése CSÁKI F. után) kiegészítve a minták elemzése alapján felépített geokémiai szelvényekkel

1 – zöldesszürke kvarcporfir (riolit)-tufa változatok, 2 – sötétszürke, sávos-préselt kvarcporfir (riolit), 3 – világosszürke szalagos-réteges, gyüredezett foszforit, 4 – turmalinos-földpátos kvarcit-test (telér?) diabáz-tufa(?) zárványokkal

Figure 6. Geological-petrographical profile across the deep boreholes Bszk-52, -44 (by F. Csáki), with γ -carotage curves (detailed profile of the framed part on A-B-profile, shown Figure 5), completed with geochemical profiles, built up the sampling

1 – Greenish-grey quartzporphyry (rhyolite) tuff varieties, 2 – dark grey striped quartzporphyry, 3 – light grey bedded folded phosphorite, 4 – Quartzite block with thurmaline and feldspar (dyke?) diabase tuff (?) inclusion



oly mértékben megváltoztatta, hogy területi elkülönítésük a lávaeredetű kőzetektől és terepi felismerésük igen nehéz és bizonytalan. Mikroszkóposan is bizonytalan a kvarcporfirrok különválasztása tufaiktól az ásványos összetételben, és szerkezetben utólagosan bekövetkező változások miatt.

Vizsgálataink főképpen a kutatással feltárt foszfátos–Mn-érces testekre és környezetükre irányultak és a piroklastikus vulkáni összetétel valamivel kiterjedtebben és a lávakőzeteket részletesebben az ELTE Kőzettani Tanszéke mintázta és vizsgálta (KUBOVICS et al. 1987). Szöveti bélyegeik alapján a savanyú vulkanogén kőzeteket öt csoportba sorolták:

1. Kovásodott, földpátosodott, aprószemcsés „metakvarcporfir” (metariolit), uralkodóan a vulkáni kőzetekre jellemző bélyegekkel.

2. Katakklázis, aprószemcsés „metakvarcporfir” (metariolit-tufa.) Jellemző a deformáció hatására kialakult kataklázis szövet.

3. Durva porfiroblasztos, kataklázis–fillonitos szövetű aleuritos „metakvarcporfir” (metariolit)-tufa. Jellemző a több mm-es, cm-es porfiroklastok (kvarc, alkáli földpát: pertites ortoklász, antipertites albit), néha átalakult lapilli, a kvarc–fillonitos részleg összefonódása.

4. Középszemű, porfiroblasztos–fillonitos szövetű, aleuritos „metakvarcporfir” (metariolit)-tufa.

5. Finomszemű, fillonitos szövetű, aleuritos „metakvarcporfir” (metariolit)-tufa, -tufás metaaleurit. A 3., 4., 5. csoportra jellemző a deformációs hatás növekedése.

A képződmények fő tömegét alkotó savanyú piroklastit mellett finomtörmelék, aleuritos anyag-hozzájárulásra utaló nyomnak tekintik a megjelenő és felszaporodó cirkont, esetleg turmalint. Aleuritos anyag (finomszemű kvarc, szericit, alkáli földpát) legalább részben szediment eredetű.

A savanyú piroklastitúra utalnak rezorbeált szegélyű kvarc (0,1–1 mm), átalakult lapillik és a színes elegyrészek utáni pszeudomorfózák.

Saját vizsgálataink szerint a foszfátos–Mn-oxidos kőzettesteket befogadó kőzetek világos zöldesszürke színű, pérselt, lemezes, metamorfizált–metaszomatizált „metakvarcporfir” (metariolit)-tufák több-kevesebb porfirbeágyazással, amelyek a foszfátos testek környezetében mikrolyukacsok, kataklázosok és mikrobreccsák. A „kvarcporfir” (riolit)-tufa — mikroszkópos összképe alapján — fő tömegében, tulajdonképpen porfiroblasztos mikropala. Eredeti fő összetevője savanyú, részben aleuropelites piroklastit lehetett.

A mikropala alapszövege hintetlen apatitot, rutiltü-halmazokat, bontott Ti-ásványokat (leukoxén), turmalint, esetenként anatózt, limonitot, magnetitet, hematitot, goethitet tartalmaz járulékos elegyrészként. A 10–20 µm-es hosszúságú turmalin két változata figyelhető meg: a kék indigolit (?) és a zöld verdelit (?): mindkettő tulajdonképpen Li-tartalmú elbatit. A 10–50 µm-es szemcseméretű, xenomorf apatithintés a foszfátos testek közvetlen közelében felszaporodik. Ugyanitt hirtelen jelentőssé válik a hidrocillám képződése. Utóbbiak mindig színesek és pleokroosak. Összetételük a derivatográfiás felvételek alapján

(Selmezi B.): hidrofengit, vagy zöld hidrocillám (gümbelit), szericit, hidromuszkovit és illit-hidromuszkovit, dioktaédres és trioktaédres szerkezetekkel. Mikroszkóposan halványsárgás, színtelen, zöldessárga pleokroizmusú hidrofengit és halványsárga–világosbarna, zöldessárgán pleokroos vegyes illit-hidromuszkovit. Új ásványosodásként biotit legezű alakú lemezkei és a biotithoz hasonló, de magasabb interferenciaszínű, sárgás-zöldes színű ásvány: cookeit, (Al-Li-klorit) is megjelenhetnek. (I. tábla, 3–7. kép), valamint illit-mezőben, citromsárga csillám lemezekék Li-csillám?, lepidolit?, (I. tábla, 6. kép)

A hidrocillámok az alapanyagban sávosan, a palásság mentén sorakoznak: a porfirblasztok körül szélesebb sávban, ami már közvetlen a káliföldpátoknak egy (meg)előző fázisban végbement albitosodását (Na-metamorfózis) jelzi. A foszfáttestektől távolabbra hidrocillám csak foltokban fordul elő („foltos pala” küllem). A 40. feltárás és az x-08-II. akna környezetében gyakoribb a hidrofengit, az x-08-I. akna és a Bszk–52 fúrás környezetében pedig a kevert illit-hidromuszkovit, a szericit–hidromuszkovit a jellemző. A mikropala porfiroblasztjait (fenokristályait) kvarc, az elbontott „kvarcporfir” (riolit)-tufa maradék káliföldpátja, albit vagy albitosodó káliföldpát képviseli. A káliföldpát és kvarc rendszerint rezorbeált, töredezett, néhol továbbnövekedéses szegéllyel, amely mindig a palásság síkjában található. Az új (metaszomatikus) albitok, albitosodó földpátok és az új képződésű kvarc a palásság síkjára merőlegesek. Az albit többsége „sakktáblás” és mikroklinből képződik: az SiO₂ feleslegből pedig finomszemű kvarc lesz

Az „eredeti” kvarcporfir (riolit)-tufa alapanyaga Si-tartalmú oldatok hatására utólag teljesen átkristályosodott; többnyire granoblasztos, ritkábban egymásba fogazott szerkezetű, mikrokristályos méretű (5–40 µm), hullámos kioltású kvarcból, kevés földpátból és változó mennyiségű színes hidrocillámból áll. Az alapanyag finoman réteges, irányított, a porfiroblasztok körül fluidális szerkezetet alkot. Jól megfigyelhetők — a korai Na-szomatizist tanúsító — albit lécekből álló foltok (I. tábla, 1.)

A foszfátos testek közelében — hidrocillámosodás mellett — „fedő” irányban gyakoriak a másodlagosan kvarcittá alakult lencsék és erek, a „fedő” irányban pedig kvarc-földpátos erek (I. tábla, 2.), a kőzetrétegzéssel megegyezően, vagy azt metszően. A kvarc-földpátos erek összetétele változó: kvarc-ortoklász-albit, kvarc-ortoklász-albit-turmalin-biotit, kvarc-albit-biotit és kvarc-albit.

A 40. feltárás közelében található (szálban álló?) „kvarcporfir” (riolit) összetételében és szerkezetében is különbözik a porfiroblasztos mikropaláktól: az általunk vizsgált ún. „kvarcporfir” minták közül az egyedüli, amely eredetileg is biztosan „kvarcporfir” (riolit) lehetett: folyásos szövetű, kevés rezorbeált kvarc fenokristállal. Alapszövege finom kvarcból, hidrocillámból (szericitből), ill. majdnem teljesen elbontott („szericitesedett”) földpátból áll.

Viszont az alsó-bagoly-hegyi szálban álló „kvarcporfir” az átalakult kvarcporfirtufákhoz hasonló, tehát inkább kvarcporfir (riolit)-tufának minősül.

A „bázikus” vulkanogén sorozatból — általunk vizsgált Bükkzentlászló környéki hólyagos diabáz kifakult, világos zöldesszürke színű, porfíros szövetű, finoman kristályos, mikroüreges lávaközet, — jól megőrzött fluidális (folyásos) szerkezettel, átkristályosodott alapanyaggal.

A P-Mn-metaszomatit testek kőzettani-szerkezeti felépítése

A foszfátos-Mn-oxidos testek a befogadó kőzetektől éles határral, mikrobreccsásodott zónával különülnek el, — gyakran a kőzetrétegzést metsző településsel. Szabálytalanul gyüredezett-sávós szerkezetűek és — összetételüktől függően — különböző színűek.

A külszíni (40.) feltárásban nagyjából szimmetrikus felépítésű. A középső, Mn-oxidban legdúsabb sávból kifelé haladva sötétbarna, világosbarna, ismét sötétbarna, majd krémszínű sáv következnek. Összetételük (csökkenő mennyiségi sorrendben): a belső sötétbarna sávban Mn-oxid, foszfát, kovás agyag, a világosbarna sávban foszfát, kovás agyag, Mn-oxid, a külső sötétebb barna sávban Mn-oxid és foszfát egyező arányban, kovás agyag, a krémszínű sávban foszfát, kovás anyag, nagyon kevés Mn-oxid; majd inkább kovásodott, kissé Mn-oxidos sáv következnek, ahol már megjelennek a mikrobreccsásodott zóna kőzetzárványai, darabkái.

A mikrobreccsában a kvarc és mikropala zúzalékot intenzív foszfátosodás, részben Mn-oxid cementálja, de megfigyelhető a metasomatikus kvarc-albit-illit képződése is.

A foszfátosodás és Mn-oxid ércesedés kifejlődése, aránya más szelvényekben a vázolt „teljes” felépítéstől eltérő: általában „csonka” inkább csak a foszfátosodás (x-08-I. akna, Bszk-52 és -44 fúrás) vagy a Mn-ércesedés a jellemző (x-08-I. akna, II. táblázat). Az x-08-II. aknában (4. ábra) két foszfátos sáv között foszfát- és Mn-oxid-tartalmú, elváltozott, illit-hidromuskovitos „kvarcporfir” (riolit)-

tufa települ. Ugyanitt és több szelvényben (a–b szelvény az 5. ábrán, Bszk-55 fúrás I. akna) — a helyszíni (terepi) és makroszkópos dokumentációk lapján észlelt — Mn-oxidos agyagburok, vagy „önálló” réteg tényleges összetétele anyagvizsgálattal nem eléggé tisztázott. Pl. a II. akna x-08-1958. sz. mintájában 10% manganomelán (DT), 15,8% P₂O₅ és 30% SiO₂ tartalomhoz (kémiai elemzés) nem társul az agyagásványokra jellemző K–Na tartalom (2,4% K₂O, 0,45% Na₂O). Az I. aknában a Mn-oxidos sáv (>30–40% MnO!) fedőjéből leírt „képlékeny”, morzsalékos, Mn-oxid-dal szennyezett szürke anyag fő vegyi összetevői: 69,2% SiO₂, 18% MnO, 0,53% P₂O₅, 1,5% K₂O és 0,5% Na₂O.

Metaszomatikus elváltozások kemizmusa

A foszfátos-Mn-oxidos kőzettestek fő vegyi összetevői: 15–35% P₂O₅, 0,1–61% MnO₂, 6–74% SiO₂. A foszfátos-Mn-oxidos kőzetminták és az elváltozott „kvarcporfir” (riolit)-tufa minták fő vegyi összetevőinek összehasonlítását és változékonyságát a I. és II. táblázatok és a 7. ábra szemléltetik. A diagram csúcsain az SiO₂ a metamorfizált-metaszomatizált „kvarcporfir” (riolit)-tufák szilikátos jellegét kifejező komponens: a P₂O₅ és a MnO₂ a foszfátosodás, ill. a mangánosodás mértékét és arányait kifejező összetevők. A diagram alapján megállapítható összefüggések:

— Az SiO₂-csúcsnál a P és a Mn metaszomatizációval nem érintett mikropalaminták tömörülnek.

— A SiO₂-P₂O₅ oldalon az uralkodóan foszfátosodott-mangánosodott-, a SiO₂-MnO₂ oldalon a Mn-ércesedett minták különülnek el és mindkét oldalon a teljes P-, ill. Mn-metaszomatizáció is végbement („tisztá” foszfát kőzet, vagy „Mn-érc”).

— A mező belsejében található a foszfátosodott + mangánosodott minták, bár még mindig uralkodóan foszfátosodtak, vagy mangánosodtak, rávilágítanak a Mn- és P-metaszomatizáció bármely arányának lehetőségére.

II. táblázat. A bükkzentkeresztli kvarcporfir (riolit)-tufák és metasomatitjaik kőzetelemzései (súly%)

Table II. Chemical rock analyses of quartzporphyry (rhyolite) tuffs and their metasomatites from Bükkzentkereszt (weight%)

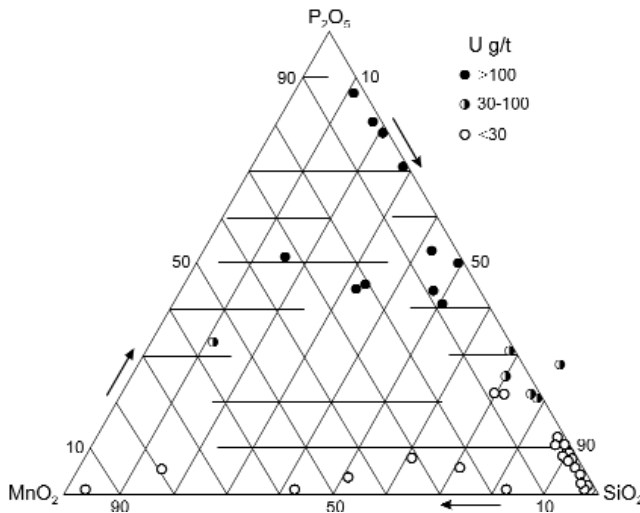
Összetevő	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	x-08-2000	É 1 8	É 2	É 3	É 6	2616 Bagoly-h.	11 (40. felt.)	2. árok Oroszkút	40-42. feltárás	11őf-24 fúrás	Bszk-52, 44 fúrások	II. akna	Kvarcporfir (Zavarickij)
SiO ₂	10,24	26,3	4,2	6,0	74,6	77,2	71,3	88,0	71-95	69-81	78	65-80	72,36
TiO ₂	0,17	0,07	0,05	0,06	0,16	0,03		0,02			0,03	0,03	0,33
Al ₂ O ₃	2,35	2,1	1,3	<1	3,5	3,5		6,1 11		6,7 15,6	6 12	10 12	14,17
Fe ₂ O ₃	0,57					1,5	0,51	0,43-0,72	0,43-1,28	1-1,72	0,57-1,81	1,43-2,72	1,55
öFe		1,5	1,2	2,1	1,2								
FeO	0,09					1,11	0,14	0,26 0,51	0,13 0,51	0,26 1,8	0,26 0,9	0,39 0,64	1,01
MnO	2,50	6,57	0,92	30,8	0,31	1,08				0,01	0,01-0,3	0,02-0,2	0,09
CaO	46,92	27,6	43,0	24,0	8,6	0,71	0,14	0,3 0,5	0,3 1,4	0,2 0,8	0,5 1,1	0,7 0,9	1,38
MgO	0,39	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,11	0,1	0,1 0,6	0,1 0,3	0,1 0,3	0,1 0,5	0,1 0,5	0,52
Na ₂ O	0,44	0,45	0,4	0,3	0,5	2,8	0,75	2-2,8	0,2-4,2	0,4-3,8	0,9-3,1	2,2-2,9	2,85
K ₂ O	0,36	1,03	0,22	1,3	1,7	4,4	6,15	2,6 3,8	0,2 7,5	2,2 9,0	0,15 9,3	2,8 4,2	4,56
P ₂ O ₅	31,32	21,7	35,3	18,0	6,8	0,22	0,03	0,1 0,2	0,1 0,3		0,2 0,6	0,5	0,09

Megjegyzés: MÉV Kémiai Analitikai Labor elemzései, az x-08-2000. minta kivételével (Uránkutató Intézet, Moszkva).

Note: Analysed by Chem. Anal. Lab., Mecsek Ore Mining Enterprise, - except No x-08-2000. (U-Research Institute, Moscow).

1-5. P-Mn metasomatitok, 6-8. „kvarcporfirok” („riolitok”), 9-12. „kvarcporfir” („riolit”)-tufák.

1-5. P-Mn metasomatites, 6-8. „Quartzporphyries” („Rhyolites”), 9-12. „Quartzporphyry” („Rhyolite”)-tuffs.



7. ábra. A bükkzentkereszi metasomatitok P - Mn - Si háromszög diagramja
 Figure 7. P-Mn-Si triangle diagramme of the metasomatites, at Bükkzentkereszt

A megismert foszfátos–Mn-oxidos testek — a megkutatott területen — azonos kémiai (és ásványtani) jellegűek; csupán az arányok változnak. A I. és II. táblázatok, valamint a 7. ábra alapján egyértelmű, hogy a P-, Mn-metaszomatózis a kőzet szilikátos komponenseit — azokat kiszorítva — helyettesíti, felemészte a korábbi Si-metaszomatózis Si-többletét is.

A foszfátos–Mn-oxidos testeket bezáró kőzetek viszonylagosan Ca-Al, Mg- és Fe- „szegények” és Si-ban, foszforban egy részük még magában is, kis hányaduk pedig Na-ban és K-ban is „gazdagok”, a normál „kvarcporfirhoz” (riolithoz) és tufáikhoz viszonyítva. A kémiai összetétel változásai enyhe ÉNy–DK-i irányítottságot mutatnak, amely megegyezik a töréss tektonika ugyanilyen irányú öveivel. Így a SiO₂ és Na₂O tartalmak maximális értékei a terület DK-i részéből az ÉNy-i rész felé növekednek, a K₂O és a vas (Fe²⁺+Fe³⁺) csökkennek. Ezt az irányultságot követik az U-Be elem dúszulások is.

A foszfátos és Mn-oxidos testeket tartalmazó „kvarcporfir” (riolit)-tufa Si-os (kovásodás) K-os és/vagy Na-os metaszomatózisa (utóbbi esetben „albitosodása”) mértékét a normál kvarcporfir (II. táblázat: Zavarickij után) összetételétől, K₂O/Na₂O arányától (1,6), ill. Na₂O/K₂O arányától (0,625) való eltérések behatárolják, és választ adnak arra a kérdésre is, hogy milyen mértékben számolhatunk elembehozatalra külső forrásból, vagy csak az összetétel elemzésének átrendeződése történt. A nagymérvű Si-többletek, amelyek erőteljes kovásodásban–kvarcitosodásban nyilvánulnak meg (72–95% SiO₂, 78%-os átlaggal) külső Si-forrást valószínűsítene. A foszfátosodott + Mn-oxidos kőzettestek helyéről kiszorult Si (a 18%-nyi átlagos P₂O₅+MnO tartalomhoz tartozó SiO₂ átlag 53%)

nem fedezi — az eltérő kőzettömeg-arányok miatt sem — a Si-többletet, de a külső forrásból végbement kovásodást utólagosan növelte.

A K₂O tartalmak maximális értékei (6–9,3%) — a K-metaszomatózis megnyilvánulásaként — a hidrocillámos-agyagásványos tartalmú kőzetekben jelennek meg, míg a legkiugróbb Na₂O tartalmak (3,3–3,8%) enyhe albitosodásban nyilvánulnak meg. A K₂O/Na₂O és a Na₂O/K₂O arányok szélső értékei (7,3–20,9 és 3–19,3) és az általánosan előforduló relatív növekedések (K₂O/Na₂O > 1,6 és Na₂O/K₂O > 0,625) nagyobb része nem abszolút K- vagy Na-többletből, hanem valamelyik relatív csökkenésből ered. Összességében az összetétel átlagos K- és Na-tartalma és K/Na aránya kisebb a kőzettípus átlagánál (3,1% K₂O, 2,3% Na₂O, 1,3 K₂O/Na₂O), ami relatív Na-többletet tükröz; tehát nem kell külső K- vagy Na-forrással számolnunk.

A P–Mn metasomatitok kőzetalkotó ásványai (I. tábla 7., 8., II–IV. táblák)

A foszfátosodott kőzettestek kőzetalkotó foszfátásványa a gélyszerű kollofán, amely izotróp-kriptokristályos (10–35 µm-es szemcseméretű), szferolit-os-mikroszferolit-os halmazt (aggregátumokat) alkot. A mikrokristályos részleg xenomorf szemcséket és tűs-szál-aszferolitokat alkotva, hintetten, vagy a mikrorepedéseket szegélyező, azok falára nőtt egyedi apatitkristályokként is megjelenik. A tömeges kiválású kollofán gyakran mikrolyukacsos-üreges és a lyukacsok falán ugyancsak apatitkristályok sorakoznak (I. tábla, 7. kép), vagy sárga színű gélyszerű ásvány szegélyezi; esetleg a lyukacsokat szferolit-os apatittal körbenőtt Mn-oxid ásvány tölti ki.

A foszfáttest egészében polifázisos foszfátásványosodás, amely egyetlen határozott ásványos összetételnek sem felel meg. Részben röntgenamorf; a kristályos fázisban leghatározottabban a karbonát-fluorapatit — ásványtanilag frankolit-dahlit — jelentkezik, de nem zárható ki a hidroxilapatit és a Mn-apatit sem.

A nehézásvány részlegek foszfátásványainak fő Rtg-diffrakciós csúcsai (Å) a foszfátos minták nagy CaO-tartalma (III. táblázat) az apatit karbonát összetevőjére utal.

Az egyik legdúsabb foszfátos minta (x-08–2000) apatit dústípmányának infravörös színképgörbéjén (ZEFIROV & POLIKARPOVA 1972) határozottan észlelhető a CO₃²⁻-anion komponense. Az X-08–14 minta foszfátos részlegének DT felvételén (Selmeczi B.) viszont az apatit hidroxil-komponense jellegzetes. A foszfátos mintákban kémiaiilag elemzett F-tartalom 0,32 és 2,8% között változik, továbbá elektron-mikroszondával Gálné Sólymos K. az apatitban 3,6% F-tartalmat mért (KUBOVICS et al. 1987, 1989), ami egyértelműen fluorapatitra utal. A megfigyel-

III. táblázat. A nehézásvány részlegek foszfátásványainak fő Rtg-diffrakciós csúcsai (Å)

Table III. X-ray-diffractions of P-bearing minerals of the heavy metal spectra (Å)

x-08-2000	(8,063)	(4,032)	3,439	3,066	2,792	2,696	2,50	2,471	2,245	1,932	1,745
x-08-É				3,062	2,786	2,693		2,239		1,928	1,843

hető, vagy becsülhető optikai adatok ($N_m \geq 1,6$; egy optikai tengely; optikailag negatív, esetleg anomális; a mikroszferolitos szerkezet) kiemelten nem jellemzőek az apatit sor bármely tagjára.

A foszfátos sávok színe a krémfehértől (szürkésfehértől) a majdnem sötétbarnáig változik. A barnás színt a Mn-oxidos „szennyeződés” okozza, s ez makroszkóposan megtevesztő, mivel jóval több „Mn-oxidos” sáv látható, amelyek valójában foszfátos (kollofános) sávok.

A világosabb árnyalatú mikroszferolitokban megfigyelhetők a tús-szál asapatitkristályok hosszanti élei mentén elhelyezkedő opak Mn-oxid-sávok is, amelyek a sferolitokban egy nikollal nézve csillagalakú rajzolatokat alkotnak. Hasonló, sugaras-szál as-tűs kiválásokat alkot a Ca-foszfát sferolitokkal a vas-hidroxil-foszfát: dufrenit is (KUBOVICS et al. 1987, 1989).

A világosabb és sötétebb színárnyalatú foszfátos (kollofános) sávok és lencsék — mikroszkóposan is — szabálytalanul, szeszélyesen váltakoznak egymással és a kvarcból-kvarcitből, kevés kalcionból, kvarc-földpátból álló lencsékkel, sávokkal, amelyek tartalmaznak még kevés szericitet, kalcitot, kloritot, turmalint, baritot, zeolitot (mordenit, klinoptilolit) is.

A Mn-oxidok a kollofán-apatit mezőben opak, dendritszerű tús-sugaras sferolitokat, karéjos- vagy szabálytalan gélyszerű foltokat, lencséket és sávokat alkotnak. Kiválásai erőteljesen kiemelik a mikrotektonikai mozgásokat, a zűzött zónákat, a mikrobreccsásodást (II. tábla 4., III. tábla, 1–4. kép). A Mn-oxidos zónák is tartalmaznak erősen préselt mikropala töredékeket. A Mn-oxidok-hidroxidok ásvány megjelenése szintén változó.

Mn-ércesedett kőzetminták dúsítványainak (nem mágnesez nehéz részleg) Mn-ásványai Rtg-diffrakciós csúcsaik (Å) alapján mennyiségi sorrendben: pszilomelán (manganomelán)–kriptomelán, ramsdellit, manganit, és piroluzit (IV. táblázat). Más, dúsán ércesedett minták dúsítványai (x–08–13Mn) a piroluzit a fő ércásvány, de litioforit (x–08–12Mn) is megjelenik és jelentős Mn-hordozóvá válik (x–08–14/1) a foszfátásványoknál említett Mn-apatit (Kisházi P.) is. DT-alapján (Selmecei B.) pedig vasszegény bixbit: partridgeit jelenléte is valószínű. Ez az összetétel átvezet a vas-oxid és -hidroxid ásványosodáshoz (pl. goethit) — amely az oxidatív közegben, a pirít eloxidálódásával is járt (pirit utáni Fe-oxid ásvány pszeudomorfózák (KUBOVICS et al. 1987). A Rtg-diffrakciós csúcsok nagysága elmarad az elemzett Mn-tartalom alapján vártnál, ami a Rtg-amorf oxidfázis jelentős részarányára utal (x–08–1044/2). Az átlagosan kis fajsúlyú (2,8–3,0) Mn-oxidos dúsítvány vernadit [$MnO_2(H_2O)$ lehet (ZEFIROV & POLIKARPOVA 1972)].

POLGÁRI et al. (2000) a két kutatóknakból mangán-ércként 4 mintát elemeztek ásványtanilag, Rtg-diffrakto-metriával és az alábbi összetételeket kapták:

II. akna, 250. minta:

kvarc>>kriptomelán>apatit>filloszilikát (10 Å)

II. akna, 251. minta:

kvarc>>filloszilikát(10 Å)>hidroxil-apatit

I. akna, 202. minta:

kriptomelán>todorokit>kvarc>filloszilikát (10 Å)

I. akna, 253. minta:

kriptomelán>hidroxil-apatit>kvarc>filloszilikát(10 Å)

A 10 Å-ös filloszilikát szericit-muszkovit típusú, rendezett szerkezetű. Figyelemre méltó a neutronaktivációval elemzett Zn- és As-tartalom (1400g/t!).

Az U-, Be- és ritkaföldfém (Rf)-tartalmak geokémiai-ásványtani jellege

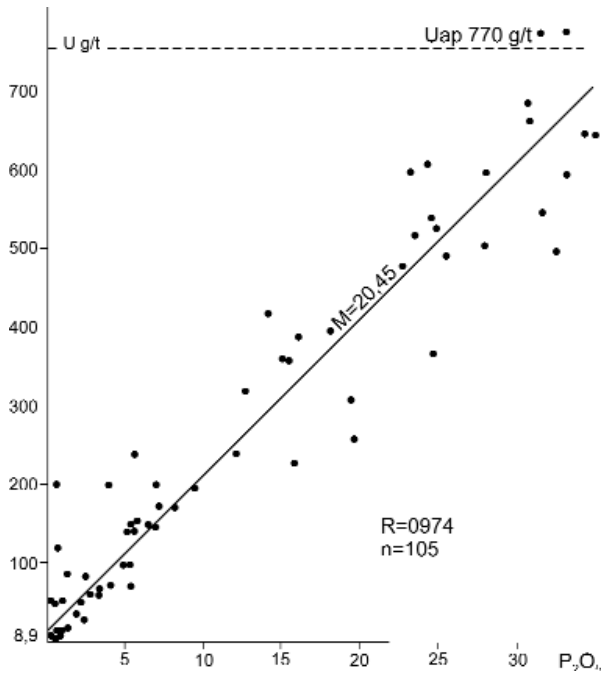
Az U-meddő és az U-anomális minták elhelyezkedése alapján már a P-Mn-Si-háromszög diagram (7. ábra) is rávilágít arra, hogy a kőzetek U-tartalma a foszfát-metaszomatózis függvénye. Ezen összefüggés pontosabb vizsgálatához a P_2O_5 –U értékpárokot korreláció-diagramban vizsgáltuk (8. ábra). A korreláció kis szórású, lineáris összefüggést mutat a regressziós egyenes (M) alapján bármely mintára a P_2O_5 tartalomból előzetesen becsülhető várható U-tartalom és fordítva: a kutatási létesítményekben — in situ — radiometrikusan mért U-tartalomról a P_2O_5 tartalomra következtethetünk (V. táblázat).

A „háttér” („a P_2O_5 -től független”) U-tartalom a regressziós egyenes y-metszéspontja (8,9 g/t U). 1% P_2O_5 növekményhez 20,5 g/t U-növekmény tartozik. Az apatit ásványra számolható U-tartalom (Uap) ~760 g/t. (Ez egyébként egyezik a fertőrákosi csillámpalák apatitjának U-tartalmával: 770 g/t.) Gyakorlatilag az U-dúsultsági szint képviseli itt az apatit rácsába való beépülés felső határát: a 800 g/t-nál nagyobb U-tartalom esetén már valószínű az U-ásványok önálló megjelenése. E megfontolást szemlélteti az U finomdiszperz eloszlása az α -nyomdetektoros (III. tábla) és α -magemulziós (IV. tábla 5, 6) mikroradiográfiákon. Egyedül az x–08–2000 jelű minta U-tartalma közelíti meg a 0,1%-ot (I., II. táblázatok) — aminek megfelelően — radiográfiáján is megfigyelhetjük az α -nyomoknak az önálló U-ásványosodást jelző tömörülést (III. tábla 1., IV. tábla 5.). E minta nem mágnesez részlegéből — optikailag — „meghatározott” U-ásványok: uránkorom (fekete, opak, mikrométerű szemcsehalmazok) és uranofán (átlátszó, tús, mikrométerű, narancssárga színű szemcsehalmazok) (ZEFIROV & POLIKARPOVA 1972). A Rtg-

IV. táblázat. Mn-ércesedett kőzetminták dúsítványainak (nem mágnesez nehéz részleg) Mn-ásványai Rtg-diffrakciós csúcsaik (Å) alapján

Table IV. X-ray diffraction peaks (Å) of Mn-minerals of Mn-oxide bearing rock samples

x-08-2000	6,875				2,412	2,288	2,217		1,781
x-08-É	6,870	4,043	3,062	2,533	2,404	2,281	2,205	1,834	1,791



8. ábra. A P₂O₅-U-tartalmak korrelációs diagramja
 Figure 8. Correlation diagramme between P₂O₅-U contents

V. táblázat. A P₂O₅-tartalomból előzetesen becsülhető várható U-tartalom

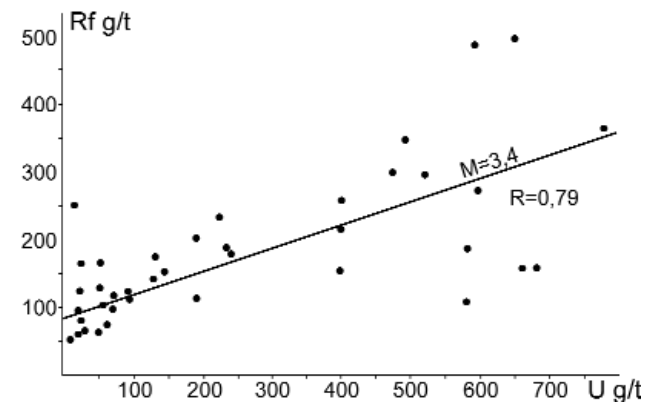
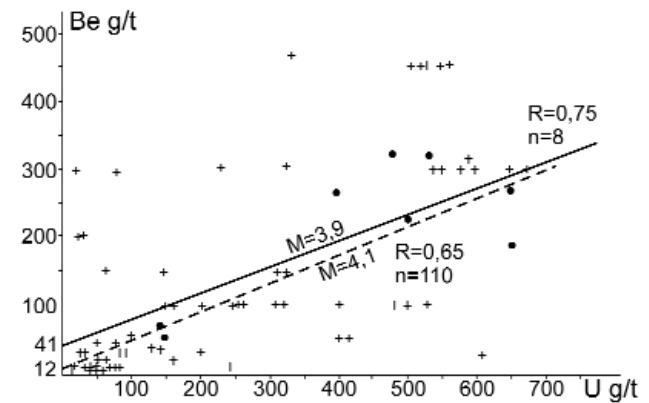
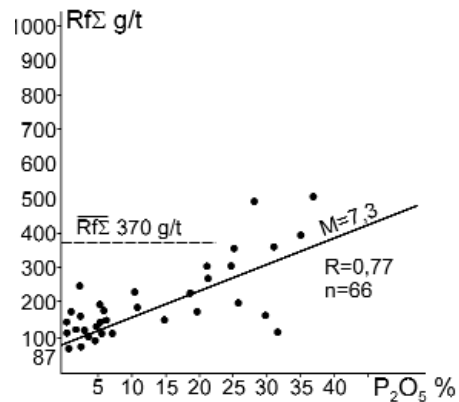
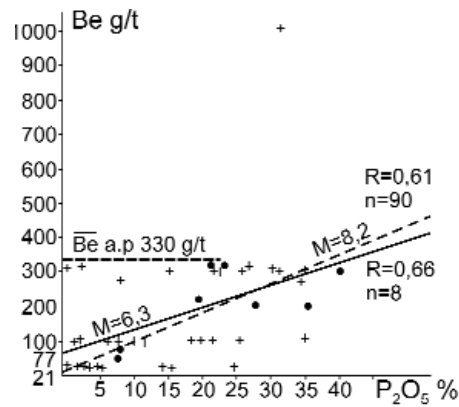
Table V. The P₂O₅ content previously estimated the expected U content

P ₂ O ₅ %	1	5	10	15	20	25	30	35
U g/t	29	111	213	315	418	520	622	724

diffrakciós felvételek alapján Kisházi P. kevés uraninitet jelöl meg — bizonytalan elegyrészként. (E bizonytalanság a csekély mennyiségéből adódik.) A radiográfiákon a Mn-oxidos sávok helyei csak a foszfáttartalmuk mértékében adnak α-nyomokat, önmagukban U-meddők. A MnO₂-U korreláció (72 értékpárból) elhanyagolható (R=0,048).

A stabil apatittrács az erősen oxidatív Mn-oxidos (a Mn 90–95%-a Mn⁺⁺), magas vas-oxidációs fokú (átl. O_{Fe}=6,55) környezetben gátolta a beépült U⁺⁺ nagyfokú feloxidálódását (U⁺⁺ rel.%: 76–42, átlagosan 61). Az U⁶⁺-tá feloxidálódott U uranofánként (U⁶⁺-szilikát) és „U-koromként” (U⁴-U⁶⁺-oxid) ásványosodhatott.

A P₂O₅-Be tartalom korrelációja lazább, mint a P₂O₅-U korreláció (9. ábra); a Be dúsultságának mértéke kevesebb mint a fele az uránénak. A hasonló U-Be-korrelációt a P-U és a P-Be korrelációk determinálják. A P₂O₅-ΣRf és a z U-ΣRf tartalmak kapcsolatai (9. ábra) — a közös hordozó közegre (foszfát) utalóan — nagyon hasonlóak. A korrelációból az apatit ásványra számolható Be-tartalom: ~320 g/t, a ΣRf tartalom ~360 g/t kiugróan nagy Be-dúsulás — az U-hoz hasonlóan — csak az x-08–2000 mintában van; ahol meghaladja az U dúsultságát is: 0,155% (I–II. táblázat). Hordozó ásványként ZEFIROV & POLIKARPOVA (1972) a



9. ábra. A P₂O₅-Be-Rf, valamint az U-Be-Rf-tartalmak korrelációs diagramjai

Figure 9. Correlation diagrammes between P₂O₅-Be, P₂O₅-REE, U-Be, U-REE contents

berillonitot $[\text{NaBe}(\text{PO}_4)]$ jelöli meg; amely a könnyű és nehéz frakciókban ritkán előforduló, sárgás színű, igen finomszemű (1 μm) szemcsehalmozatot alkot. Törésmutatója közel azonos, vagy valamivel magasabb a kvarcéval, kettőstörése azonos a kvarcéval. Két optikai tengelyű.

SELMECZI B.-né (1972) kőzetmikroszkópiai megfigyelései szerint a tűs apatitál együtt megjelennek a bertrandit $[\text{Be}_4\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})_2]$ táblás és prizmás ikerkristályai, amelyek — szintén mikroszferolitokat alkotva — a mikrorepedéseket szegélyezik (I. tábla 8., II. tábla 3.). Kvarc-földpát telérben vezuviánt talált, amely Be-tartalmú is lehet(?) (I. tábla, 3.).

A fluorapatit lézerszínkép mikroelemzése (Nagy B-né) alapján a Be eloszlása közel homogén. Gálné Sóllymos K. elektronmikroszkopos elemzése alapján (KUBOVICS et al. 1989) lehetséges, hogy a Be-(hordozó) ásvány helyeit — a foszfát mezőben — szubmikroszkópos méretű, hintett Si-zárványok (inklúziók) jelzik (bertrandit), de figyelembe véve a P-Be korrelációt is — Be-foszfát (berillonit) előfordulási valószínűsége sem kisebb. Rtg-diffrakció alapján megjelenő halvány csúcsok utalnak berillonitra (3,659, 2,288 Å) és bertranditra (4,215, 2,288) is, de értékelhetőségük — a nagyságrendekkel nagyobb tömegű kőzetalkotó ásványok mellett — bizonytalan.

A foszfátos mezőben önálló ritkaföldfém ásványosodás nem volt elkülöníthető; valószínű, hogy a ritkaföldfémek az uránhoz hasonlóan a kollofán-apatitba épülnek be.

A kvarcporfír (riolit)-tufa összlet jellegzetes nyomelem anomáliái

A radiometriai („4 komponenses”) elemzések alapján az U-meddő kvarcporfír tufa 8,7 g/t uránt, 10,34 g/t Th-ot és 3,9 g/t K-ot tartalmaz. Az anomális kvarcporfírtufa U-tartalma 30–40 g/t, Th-tartalma 10–20 g/t, ami a P-Mn-metaszomatitban növekszik max. 40 g/t-ra; ~400 g/t U mellett. A pontosabb Rtg-spektrometriai elemzés a 30–100 g/t közti U-anomáliákra 52 g/t U-átlagot ad; az átlagos Th-tartalom az U-meddőhöz (U<30 g/t) viszonyítva az U-anomális és „U-érc” mintákban alig nő (7–8 és 12 g/t Th), tehát a sugárzó elemzés határozottan urános jellegű.

Az U-anomáliákat — az összletben szórta — foltokban megjelenő foszfátásvány-tartalom hordozza (P-U-korreláció: 8. ábra). Hasonlóképpen a csak enyhén anomális Be- és ritkaföldfém tartalom is — a P-Be és P-Rf korrelációknak megfelelően (9. ábra) a kőzet foszfátásványosodásához kötődik.

Az optikai színképadatok alapján a P-Mn-metaszomatitokban az U-meddő háttérhez viszonyítva észrevehetően nőnek a kalkofilelem-tartalmak átlagértékei (g/t): Ag: 0,3–3; Cu: 10–36 (max 100); Zn: 100–300 (max. 1000); As: 160–300; Pb: (Rtg-spektrometriai elemzés) 24–50 (max. 153), de eloszlásuk a kollofánban inhomogén, ami finomszemcsés önálló ásványos megjelenésükre utal (KUBOVICS et al. 1987). Az Sn-tartalom az U-meddőben ~20 g/t, a P-Mn-metaszomatitokban 20–100

g/t, de a nem a foszfátos, hanem a Mn-oxidos részlegekben dúsul, ahova valószínűleg izomorf helyettesítéssel épül be. A P-Mn-metaszomatitokban kifejezetten az U dúsulásához kötődik a Mo előfordulása (1–30 g/t). A P-Mn-metaszomatitokban anomális Li-tartalom: 300–1600 g/t (KUBOVICS et al. 1987) a Mn-ásványosodásban a litioforit megjelenését valószínűsíti.

Az urándúsulás izotópeokémiai értékelése

Az urándúsulás értékelésének egyik izotópeokémiai módszere az elemzett U-tartalom radiogén „ólomfedezetének” vizsgálata. Ehhez az uránban dús foszfáttestekből 23 izotópszínkép és 4 tömegspektrométeres elemzés, a beágyazó kvarcporfírtufákból 46 Pb-izotóp színképelemzés készült. A jelentős számú alapadat — statisztikai alapon — értékes támpontot nyújt a radiometriai korvizsgálatokhoz is (VI. táblázat).

Az U-meddőből (U<10 g/t) a háttér izotóppozíció volt meghatározható: $^{206}\text{Pb}=25,7\%$, $^{207}\text{Pb}=21,2\%$, a $^{206/207}\text{Pb}$ hányados=1,21. Az U-anomális minták (U>100 g/t) $^{206+207}\text{Pb}/^{208}\text{Pb}$ átlaghányadosa (0,987) nem éri el az „ércesedés” minősítési territóriumot ($\geq 1,0$), de az „ércmintaké” (U>300 g/t) már meghaladja (1,04), jelezve a radiogén összetevők az U-tartalommal arányos növekedését és elkülönülését az enyhén U-anomális (U=30–100 g/t) mintáktól (0,9) és a háttértől ($\ll 0,9$).

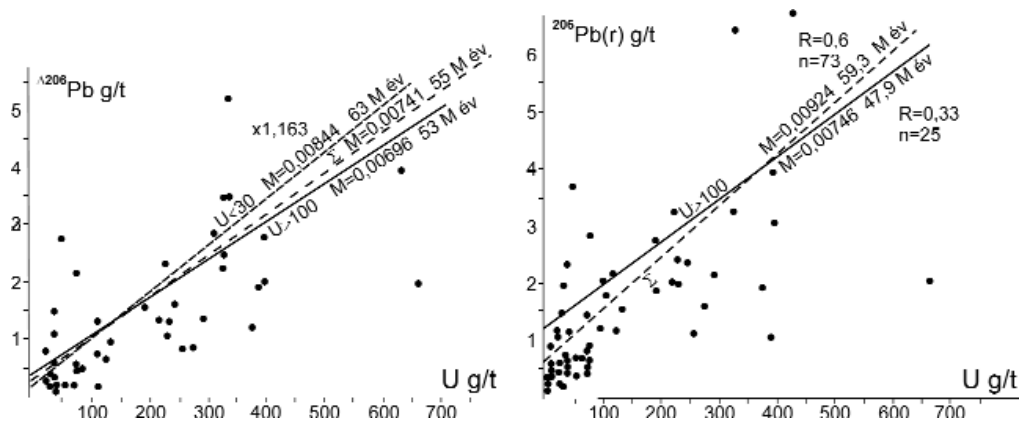
A radiogén ^{206}Pb -nak az U-tartalomtól való függése (^{206}Pb -U korrelációk) regressziós egyenesének meredeksége (10. ábra) az egységnyi U-növekményhez tartozó átlagos radiogén ^{206}Pb növekményt mutatja (66 adatpárból $M=0,00741$); kifejezve az U-dúsulás átlagos korát ($\sim 47 \pm 13$ M év). A meredekség az U-dúsultság mértékétől is függ: a 30–100 g/t U-tartalomnál 0,00844 (55 M év); U>100 g/t-nál 0,00696 (45 M év); — ami azt jelzi, hogy az U-feldúsulása nem köthető egyetlen epizodikus időponthoz, hanem előrehaladó folyamat lehetett. Ha a t_{206} és $t_{\Delta 206}$ időgyakoriságokat diagramban vizsgáljuk (11. ábra), az anomális U-tartalmak megjelenését két fő intervallumra bonthatjuk: 135–90 és 80–30 M év; az utóbbin belül 70 és 90 M év közötti gyakorisági csúccsal. Az U-dús minták t_{206} és t_{207} egyedi koradatai (VI. táblázat) látszólagosak a t_{206} - t_{207} korok nagyfokú diszkordanciája miatt. A konkordia diagram (12. ábra) segítségével e probléma nem oldható meg a szokványos módon: egyetlen — szoros illeszkedésű adatpárokkal leírt — diszkordia egyenesnek a konkordia görbével alkotott metszéspontja idejével; az adatpárok egymással csak korrelációs kapcsolatba hozhatók. E korrelációs kapcsolatban az „U-meddő” és „U-érc” mintákra szerkeszthető diszkordia egyenesek meredeksége élesen eltérő. Míg a meddő minták diszkordia egyenesei közel párhuzamosak (szaggatott vonalak) egymással és kormetszéspontjuk a konkordia görbével az U csökkenésével nő (165, 220 M év); az „érc” és „anomális” mintáké az U-tartalommal növekvő meredekségű, — a konkordia görbével egymáshoz közelálló idő-metszéspontokkal (49–29

VI. táblázat. A bükkszentkereszti foszfát-kőzetek ólomizotóp összetétele, izotóparányai és koradatai az ólomizotóp szinképelemzések alapján

Table VI. Pb-isotopic composition, isotope ratios and age data of the phosphate rock, Bükkszentkereszt – based on lead isotope spectrometry

A minta jele Sign of sample	U g/t	Pb g/t	²⁰⁴ Pb at%	²⁰⁶ Pb at%	²⁰⁷ Pb at%	²⁰⁶ Pb(r) ²³⁸ U	²⁰⁷ Pb(r) ²³⁵ U	²⁰⁷ Pb(r) ²⁰⁶ Pb(r)	? ²⁰⁶ Pb U	t ₂₀₆	t ₂₀₇	t _{? 206Pb}
61-R-514*	390	26	1,49	31,18	19,94	0,00265	-	-	0,00366	17	-	37
61-R-514	398	41	(1,2)	30,7	19,3	0,00996	0,075565	0,05505	0,00487	64	74	53
61-R-532*	334	90	1,17	28,56	19,40	0,021125	0,44024	0,1522	0,00613	135	372	79
61-R-532	334	116	(1,3)	29,0	19,3	0,01926	-	-	0,01047	123	-	117
61-R-535*	662	19	1,30	33,56	19,08	0,003107	-	-	0,00225	20	-	23
61-R-535	633	36	(1,2)	33,9	17,5	0,00761	-	-	0,00633	49	-	48
61-R-838*	41	97	1,40	27,07	20,58	0,02743	-	-	0,00633	974	-	325
61-R-838	39	119	(1,3)	25,9	20,0	0,05981	-	-	0,0324	374	-	63
61-R-531	116	60	(1,3)	27,3	19,7	0,01852	-	-	0,00831	118	-	85
61-R-543	368	101	(1,2)	32,2	20,4	0,03130	0,68275	0,15827	0,02426	199	529	181
61-R-549	384	153	(1,2)	30,4	19,8	0,03714	0,60994	0,11916	0,02546	235	484	190
61-R-823	108	67	(1,3)	26,5	20,1	0,01647	-	-	0,00676	105	-	51
61-R-839	126	37	(1,3)	26,9	20,9	0,00915	0,2294	0,18188	0,00475	59	210	36
61-R-840	114	40	(1,3)	26,0	20,6	0,00728	0,1063	0,10591	0,00142	47	103	11
61-É-2972	132	19	(1,2)	29,4	20,0	0,01175	0,2662	0,16440	0,00124	75	240	55
61-É-2973	223	22	(1,2)	30,2	20,2	0,00897	0,2139	0,17312	0,00605	58	197	46
61-É-2974	375	23	(1,2)	29,6	20,5	0,00515	0,1623	0,22877	0,00329	33	153	25
61-É-2975	258	26	(1,3)	28,0	20,3	0,00442	-	-	0,00315	28	-	34
61-É-2982	397	33	(1,2)	30,4	19,2	0,00775	0,0447	0,0447	0,00531	50	47	40
61-É-2983	327	30	(1,2)	31,8	19,6	0,01004	0,11118	0,08037	0,00761	64	107	54
61-É-2984	221	33	(1,2)	30,8	19,5	0,01461	0,15715	0,07805	0,01036	93	148	78
61-É-2985	228	20	(1,2)	32,9	18,7	0,010715	-	-	0,00859	69	-	65
61-É-2986	292	25	(1,2)	29,7	19,8	0,007288	0,13106	0,13050	0,00465	47	125	35
61-É-2987	246	26	(1,2)	30,2	19,0	0,009608	0,02696	0,02036	0,00646	62	27	49
61-É-2988	229	23	(1,2)	29,9	19,4	0,008782	0,08969	0,07411	0,006	56	87	43
61-É-2990	275	21	(1,2)	28,7	18,1	0,005677	-	-	0,00312	36	-	24
61-É-2991	191	36	(1,2)	28,9	20,2	0,014299	0,40876	0,20744	0,00819	92	348	12

* Tömegspektrométeres adatok. – Mass-spectrometric data.



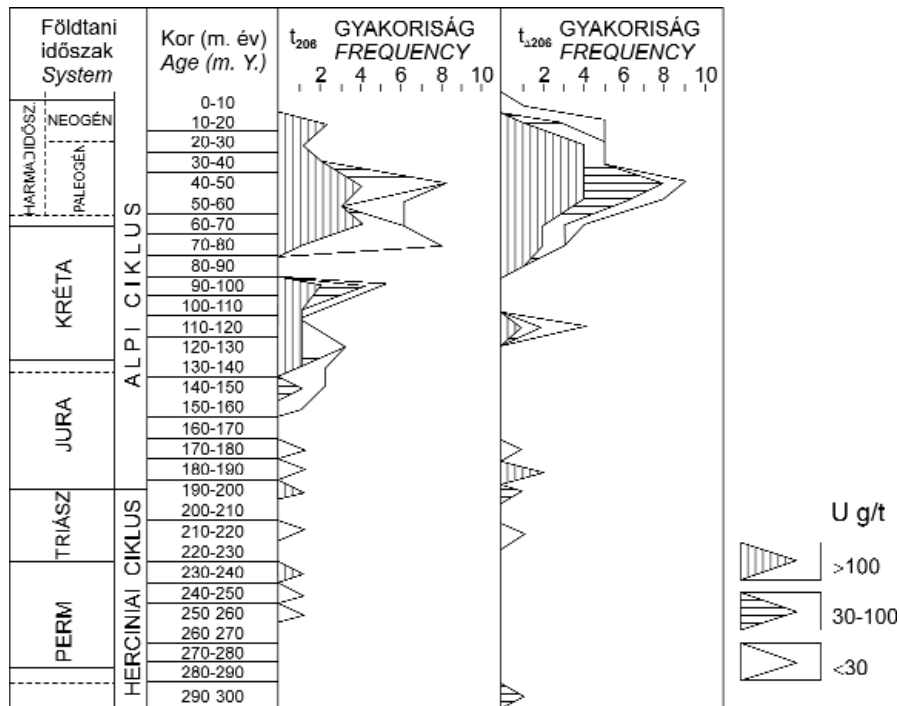
10. ábra. Az U és a radiogén ²⁰⁶Pb korrelációi a bükkszentkereszti kvarcporfir (riolit)-tufák ércindikációiban

Figure 10. Correlation of U and radiogenic ²⁰⁶Pb-contents in the ore-indications of rhyolite (quartzporphyry) tuffs at Bükkszentkereszt

M év). A meddő minták idő-metszéspontjai a savanyú vulkáni működés („kvarcporfir” és tufái) időszakát, az ércmintáké az U feldúsulásának időintervallumát képviselik.

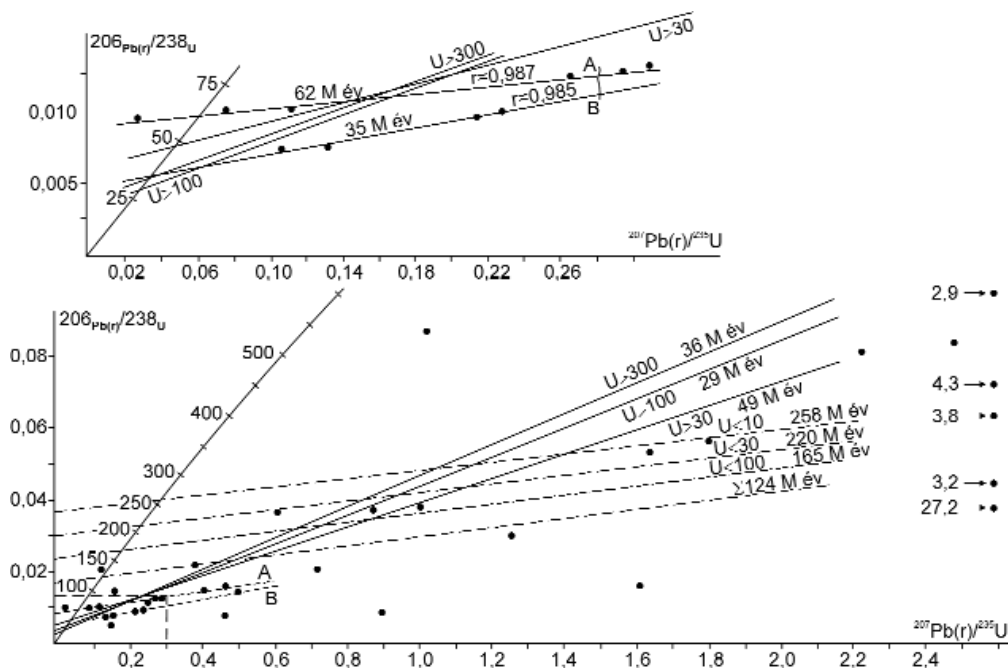
A bagoly-hegyi triász metariolit Rb/Sr kora (98±7 m. év) a metamorfózis idejét (KOVÁCH et al. 1985), hasonlóképpen az illit-muszkovit K/Ar korai (121,6 és 79 M év),

a cirkon „fission track” korai (122,9 és 89,5 M év) az apatit képződést megelőző metamorf, majd metasomatikus (K, Na, Si) felülbélyegzés ásványosodását képviseli (ÁRKAI 1983, DUNKL et al. 1995). Ugyanerre mutat a kor hisztogramon (10. ábra) a t₂₀₆ korok idősebb időintervallum (135–90 M év). Az apatit „fission track” kora: 47,7 (41,3–58,7) M év, — egybevág az apatitban végbement U-



11. ábra. A t_{206} izotópkorok gyakorisága a bükkzentkereszti kvarcporfir (riolit) tufák U-ércindikációiban

Figure 11. Distribution frequency of the t_{206} isotope ages in the U-ore indications of the rhyolite (quartzporphyry) tuffs, at Bükkzentkereszt



12. ábra. A $^{207}\text{Pb}(r)/^{235}\text{U}-^{206}\text{Pb}(r)/^{238}\text{U}$ izotóparányok szóródása a konkordia diagramon a bükkzentkereszti ércindikációkban.

A $t_{206}-t_{207}$ korreláció és konkordia lehetőségei: szoros illeszkedésű ($R>0,98$) és V-függő diszkordiaegyenesek (korrelációk)

Figure 12. Dispersion of the $^{207}\text{Pb}(r)/^{235}\text{U}-^{206}\text{Pb}(r)/^{238}\text{U}$ isotope ratios in the concordia-diagramme. The $t_{206}-t_{207}$ correlation and possibility of concordia: closely fitting ($R>0,98$) and U-dependent discordias (correlations)

beépülés idejével (t_{206} ~47 M év (11. ábra). Az U-tartalmak növekedésével járó t_{206} korcsökkenés az az apatitban meg nem kötött U-felesleg utólagos U-ásványosodását képviselheti (29–47 M év). Az U-többlet forrásaként felvethető az oligocén (rupéli) savanyú vulkáni működés (?) is.

Genetikai vázlat

A ladin–karni vulkanogén összlet jelenkori állapotát, összetételét kialakító folyamatsort — amely a foszfát-mangán-oxidok testek képződéséhez is vezetett — a következőkben vázoljuk:

Az öszzet fedőjében, feküjében és közbetelepülésként is tengeri mészköveket találunk, amelyek tenger alatti vulkáni működésre (lávaárak, kitörések), ill. tengervízbe hullott piroklasztikus anyagra (törmelék, vulkáni por) utalnak, amely jelentős mértékben keveredett finomtörmelékű tengeri üledékekkel (vulkáni tufit). Az ismétlődő működés időszakossága, váltakozó kemizmus (bázikus, savanyú) a későbbi folyamatokra is hatóan megváltoztatta a tengervíz oldott és az üledékanyag pórusvizének ionkészletét és pH-ját.

Már a vulkanogén szakaszban — a még meg nem szilárdult közetben — a Na- és Ca-tartalom átrendeződése savanyú plagioklász-lécekből álló csomókat, foltokat eredményezett. E folyamat folytatódott az utómagmás szakaszban, kiegészülve (mikro)érhálózáttal; a Si-behozatal révén pedig kvarcitlencsék, (testek) képződtek és az (tel)érhálózat kvarccal kombinálódott.

A terület epirogén süllyedésével egyidejűleg felújult vulkáni működést tenger alatti exhalációk, hidrotermák követték, amelyekből Si, P, Mn, U, Be, Rf és a hidrotermákra jellemző egyéb elembehozatal történt. (Ilyen folyamatok jelenkori valóságát a mélytengeri kutatások is igazolják.)

A terület süllyedése — az utómagmás hatásoktól függetlenül is — a közet hőmérsékletet a hidrotermális tartományba emelte, továbbá enyhe regionális metamorfózist is eredményezett. Mindez — az eredeti közetösszetételétől is függő — agyagásvány paragenéziseket (klorit, illit-szericit-hidrocsillám) és a hidrotermákra jellemző (pl. kalkofil) ásványosodás nyomait hozta létre.

A következő ásványosodási fázis — az irányított nyomásból eredő, deformációs – töréses tektonikai folyamatok hatására létrejött — mikrobrecsásodott kataklázos zónákban lokalizálódott. Itt a hidrotermás oldatok filtrációja a mészkövekből kalciumot szabadított fel és a szilikátközetek felemésztésével azokat U-, Be-, Rf-tartalmú Ca-foszfát, valamint Mn-oxid metasomatitokkal helyettesítette, amely folyamat foszfátos és/vagy Mn-oxidos közettesteket és foszfáttal–Mn-oxiddal cementált kataklázitokat eredmé-

nyezett. A deformációs mozgások újabb fázisai fillonitosodást, a korábbi metasomatit testek, telérek elvoncsolódását, gyüredezését, elnyíródását hozták. A közeli régióban további Mn–Fe ércindikációkat ismerünk GAÁL 1946 és MOLNÁR 1955 leírásából, a fenti vulkanizmussal kapcsolatosan, ezek radiológiai vizsgálata elmaradt.

Gazdaságföldtani értékelés

A P–Mn-metasomatitban az U–Be–Rf–P–Mn együttes dúsulása — az elvégzett technológiai kísérletek alapján (CSÖVÁRI 1982, 1983) — gazdaságos feldolgozhatóságot („ipari minőséget”) képvisel. Kidolgozták a hidrometallurgiai törzsfát: a közetörleményt először flotálással foszfátos-, Mn-oxidos és szilikátos-meddő részlegekre bontották. A Mn-oxidos részleg további feldolgozása a hazai Mn-ércekre alkalmazott eljárással végezhető. A foszfátos részleget intenzív feltárással feloldották és az oldatból ioncserélő gyantával U–Be és Rf-re mentesítették és az oldatból „szuperfoszfátot” állítottak elő. Az ioncserélő gyantáról a fémionokat eluálták és az eluáló oldatból — szelektíven — V-, Be- és Rf szilárd fázisokat állítottak elő. A bányászat gazdaságossága viszont — a megkutatottság elégtelensége (készletszámításra való alkalmatlansága) miatt — nem volt értékelhető.

Jelenleg — az uránbányászat és az Ércdúsító Üzem lebontása után — az ipari hasznosíthatóság kérdése már csak kutatástörténeti emlék.

Köszönetnyilvánítás

A cikk megjelenését, a Wildhorse Energy Hungary Kft. és a Mecsekérc Zrt. támogatta, amiért köszönetünket fejezzük ki.

Hálásan köszönjük POLGÁRI Márta és PELIKÁN Pál lektorainknak kritikai megjegyzéseiket és segítőkészségüket.

Irodalom —References

- ÁRKAI, P. 1973: Pumpellyite-prehnite-quartz facies Alpine metamorphism in the Middle Triassic volcanogenic-sedimentary sequence of the Bükk Mountains, Northeast Hungary. — *Acta Geologica Hungarica* **17/1–3**, 67–83.
- ÁRKAI, P. 1983: Very low- and low-grade Alpin metamorphism of the Paleozoic and Mesozoic Formations of the Bükkium, NE-Hungary. — *Acta Geologica Hungarica* **26/1–2**, 83–101.
- ÁRKAI, P., BALOGH, KAD. & DUNKL, I. 1995: Timing of low-temperature metamorphism and cooling of the Paleozoic and Mesozoic formations of the Bükkium, innermost West Carpathians, Hungary. — *Geologische Rundschau* **84**, 334–344.
- ÁRVÁNE SÓS E., BALOGH KAD., RAVASZNE BARANYAI L. & RAVASZ CS. 1987: Mezozoos magmás közetek K/Ar kora Magyarország egyes területein (K/Ar dates of Mesozoic igneous rocks in some areas of Hungary). — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1985. évről*, 295–307.
- BALOGH K. 1964: A Bükkhegység földtani képződményei (Die geologischen Bildungen des Bükk-Gebirges). — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* **48/2**, 719 p.
- BARABÁS A. 1957: Jelentés a Bükk hegységben 1956. évben végzett radiológiai kutatásokról. — *Kézirat*, MÉV. J-0446
- BARABÁS A. 1997: A hazai uránkutatás, uránbányászat és geológia. — *Földtani Kutatás* **34/3**, 4–11.

- BARABÁS A. & KONRÁD Gy. (szerk.) 2000: Zárójelentés a magyarországi uránérc-kutatásról és a nyugat-mecseki uránérc-bányászatról. — *Kézirat*, Mecsekérc Adattár, 457 p.
- CSÁKI F. 1970: Fúrási tervjavaslat a bükk-szentkereszti kutatási terület mélységi kutatására. — *Kézirat*, MÉV Adattár 0333.
- CSÁKI F. 1971: Anomália bejelentés: Bükk-szentkereszt, Hősök forrása. — *Kézirat*, MÉV Adattár J-0450.
- CSÁKI F. 1971: Javlat a Hősök forrása völgyében a felderítő kutatás folytatására. — *Kézirat*, MÉV Adattár J-0334.
- CSÁKI F. & CSÁKI F.-né TARCSAY C. 1973: Összefoglaló jelentés a bükk-szentkereszti kutatásból. — *Kézirat*, MÉV Adattár J-0434. 180 p. 180.
- CSERNYECOVA, K. N. 1972: Informacionnuij otset po mineralogii radioaktivnuij anomalij Sopronszkih gor i Bükk-szentkereszta. — *Kézirat*, MÉV Irattár 1913.
- CSONTOS L. 2000: A Bükk hegység mezozoos rétegtani újraértékelése (Stratigraphic reevaluation of the Bükk Mts (N. Hungary)). — *Földtani Közlemények* **130/1**, 95–131.
- CSÓVÁRI M. 1982–1983: Foszforitok és apatitok ritkafém tartalmának kimérésére irányuló kísérletek. — In: *Műszaki fejlesztési és kísérleti témák éves zárójelentései* (A MÉV Kutatási Fejlesztő Üzeme Évkönyvei), 1982, 1983. II. köt. 199–206 és 230–250. MÉV Irattár.
- DUNKL I., ÁRKAI P., BALOGH KAD., CSONTOS L. & NAGY G. 1994: A hőtörténet modellezése fission track adatok felhasználásával — A Bükk hegység kiemelkedéstörténete (Thermal modelling based on apatite fission track dating: the uplift history of the Bükk Mts. Inner Western Carpathians, Hungary). — *Földtani Közlemények* **124/1**, 1–24.
- GAÁL I. 1946: Mangánnyomok a Bükk-hegységben. — *Természettudomány* I. 146–149.
- HAAS J. (szerk.) 1995: *Magyarország litosztratigráfiai alapegységei. Triász*. — Magyar Állami Földtani Intézet Kiadása, Budapest, 1993, 278 p.
- KERESZTES L. 1973: Előzetes jelentés a bükk-szentkereszti kutatási területen 1972-ben végzett terepi radiometrikus mérésekről. — *Kézirat*, MÉV Adattár J-0676.
- KOCH S. 1985: *Magyarország ásványai*. — Akadémiai Kiadó, Budapest, 2. átdolg. kiad., 75–78., 361–374., 454–456., 516–523.
- KONRÁD Gy. & BARABÁS A. 2001: A magyarországi uránérc-kutatásról és a nyugat-mecseki uránérc-bányászatról szóló zárójelentés. — *Bányászati és Kohászati Lapok, Bányászat* **134/4**, 212–219.
- KOVÁCH, Á., SVINGOR, É. & ÁRKAI, P. 1985: Early Alpine resetting of Rb–Sr ages in the Upper Triassic quartzporphyres of the Bükk Mountains, northeastern Hungary. — *Proc. Rep. XIIIth Congr. Of CBGA, Kraków, Part 1.*, 385–386.
- KUBOVICS I., NAGY B., NAGY-BALOGH J., PUSKÁS Z. & GÁI-SÓLYMOS K. 1987: A magyarországi savanyú vulkanitok (tufák) és metamorfitek berillium és néhány egyéb ritkafém tartalmának tanulmányozása. (25-3-39J. OTKA téma). — *Kutatási jelentés*, MTA.
- KUBOVICS, I., NAGY, B., NAGY-BALOGH, J. & PUSKÁS, Z. 1989: Beryllium and some other rare element contents of acid volcanics (tuffs) and metamorphites in Hungary. — *Acta Geologica Hungarica* **21/1–2**, 219–231.
- MAJOROS Gy. 1970: Bükk-szentkereszt környéki U-anomália felderítő kutatások (08 téma). — *Kézirat*, MÉV Adattár J-612.
- MAJOROS Gy. 1997: A mecseki lelőhelyen kívüli uránkutatás Magyarországon (Uranium exploration in Hungary beyond the Mecsek provenance). — *Földtani Kutatás* **34/3**, 15–18.
- MALÜSEV, N. J. 1981: *Radioaktivnuij i radiogennuij izotopii pri poizskah mesztorozszenij urana. (Radioactive and radiogenic isotopes for the explorations of the U deposits.)* — Energoiz let, Moszkva.
- MOLNÁR J. 1955: Jelentés a létrás-tetői hematitkutatásról. — *Kézirat*, MÉV Adattár.
- NYÁRI P. 1971: Földtani leírás a Bükk-hegység K-i részéről. — *Kézirat*, MÉV Adattár J-0284
- PANTÓ G. 1951: Az eruptívumok földtani helyzete Diósgyőr és Bükk-szentkereszt között (Geology of the Southern Igneous Belt in the Eastern Part of Bükk Mts.). — *Földtani Közlemények* **81/4–6**, 137–145.
- PANTÓ G. 1961: Mezozoos magmatizmus Magyarországon. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* **49**, 785–799.
- PELIKÁN P. 1993: Óhutai Diabáz Formáció. — In: HAAS J. (szerk.) *Magyarország litosztratigráfiai alapegységei. Triász*. — Magyar Állami Földtani Intézet Kiadása, Budapest, p. 123.
- POLGÁRI M., SZABÓ Z. & SZEDERKÉNYI T. (szerk.) 2000: *Mangánérc Magyarországon (Manganese ores in Hungary)*. — MTA Szegedi Akadémiai Bizottsága, Juhász Nyomda, Szeged, 652 p.
- SELMECZI B.-né 1972: A bükk-szentkereszti kutatási minták 1972. évi anyagvizsgálati eredményei. — *Kézirat*, MÉV Irattár 1570.
- SELMECZI B.-né & ANTAL P. 1974a: Bükk-szentkereszti kvarcporfirtufák anyagvizsgálatának eredményei. — *Kézirat*, MÉV Irattár 915.
- SELMECZI B.-né & ANTAL P. 1974b: A bükk-szentkereszti kutatási terület mintáinak anyagvizsgálati eredményei (összefoglaló dokumentáció T-005). — *Kézirat*, MÉV Adattár 1535.
- SELMECZI B.-né & VINCZE J. 1968–1974: A lelőhelyen kívüli (távlati kutatási) minták ásvány-kőzettani vizsgálata. — In: *Műszaki-fejlesztési-kutatási és kísérleti témák éves zárójelentései* (MÉV), 1968: 195–198, (A Bükk-szentkereszt környéki vulkanitok: kvarcporfir, diabáz és tufák.) 1972: 264–269, (Bükk-szentkereszt környéki kutatási terület), 1973: 239–243., 1974: 272–278.
- STAAZ, M. H. & GRIFFITS, W. R. 1961: Beryllium bearing turf in the Thomas Range, Juab County, Utah. — *Economic Geology* **56/5**, 940–950.
- SUTOVA, L., TERPIGOREVA, Z. & ZSURAVLEVA, I. 1977: Rezultati mineralogicseskoga analiza (Mecsek, É-Bükk, Balaton-felvidék). — Jelentés a MÉV részére, Nyevszkaja Expedicija, Leningrad. — *Kézirat*, MÉV Irattár J-2900.
- SZABÓ I. 1972: Csoportos sekélyfúrási tervjavaslat az Oroszkút környéki terület rész kutatására. — *Kézirat*, MÉV Adattár J-0337
- SZABÓ I. 1974: Jelentés 1973. évről a Bükk-hegységi k.-f.-triász üledékes-vulkáni képződmények földtani-geofizikai kutatásáról. — *Kézirat*, MÉV Adattár J-1478.
- SZABÓ I. 1974: Az észak-magyarországi sugárzóanyag kutatási perspektívák az V. 5 éves terv időszakára. Kutatási jelentés. — *Kézirat*, MÉV Adattár J-2259
- SZABÓ I. 2002: A Upponyi- és a Bükk-hegységi sugárzóanyag-kutatások története. — *Közlemények a magyarországi ásványi nyersanyagok történetéből. XIII. Érkutatások Magyarországon a 20. században*. 217–234.
- SZENTPÉTERY Zs. 1932: A Bagolyhegy kvarzporphyra, Lillafürednél (Quarzporphyr des Bagolyberges bei Lillafüred). — *Acta Chemica, Mineralogica et Physica. A m. kir. Ferencz József-Tudományegyetem Tudományos Közleményei* **11**, 81–150.

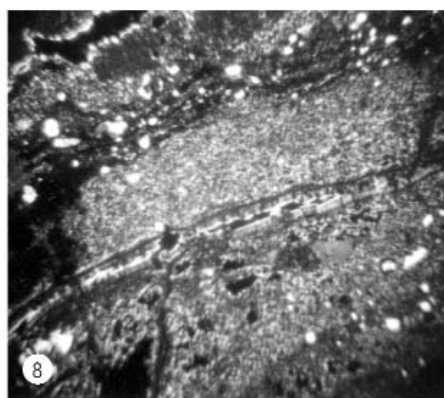
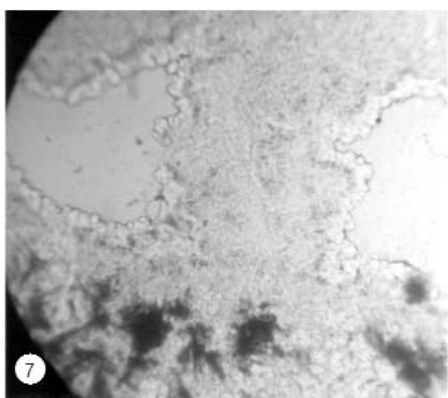
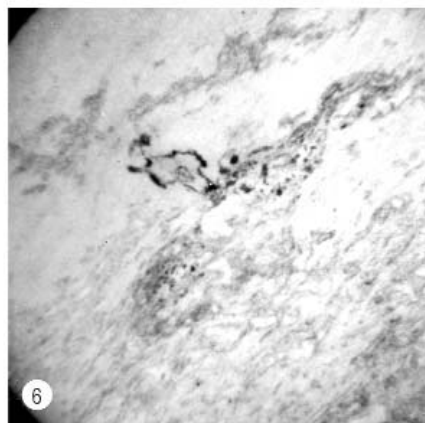
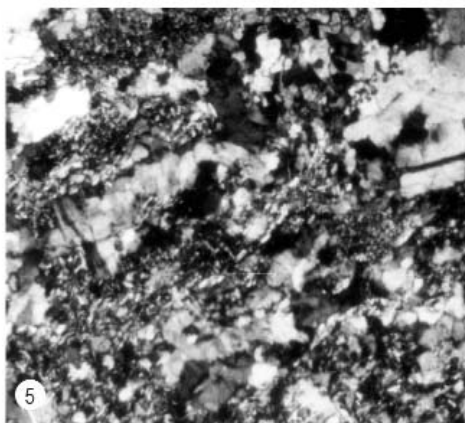
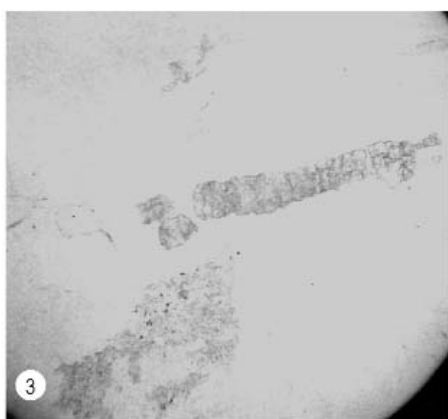
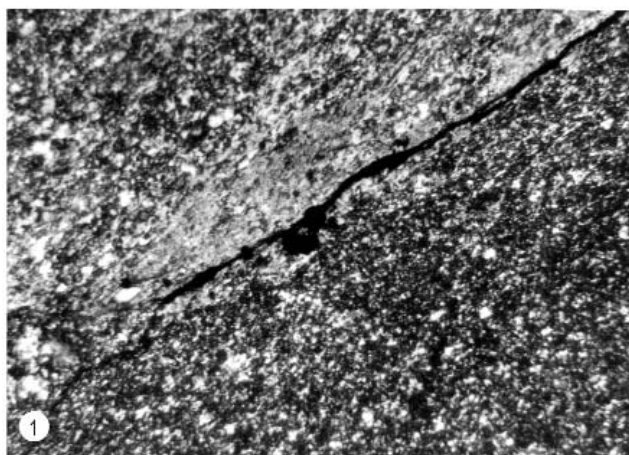
- SZENTPÉTERY Zs. 1947: Bükkhegységi Kerekhegy eruptívumai (Eruptivgesteine des Kerekberges im Bükkgebirge). — *Földtani Közlöny* **73**, 11–21.
- SZENTPÉTERY Zs. 1950: Az újhutai Lőrinc-hegy diabázsfajtái (Diabasarten des Lőrincberges bei Újhuta im Bükkgebirge). — *Földtani Közlöny* **80/7–9**, 316–323.
- SZOLDÁN, Zs. 1990: Middle Triassic magmatic sequences from different tectonic settings in the Bükk Mts (NE Hungary). — *Acta Mineralogica-Petrographica, Szeged* **31**, 25–42.
- VINCZE J. 1997. A hazai uránérc kutatások ásvány-közzettani-geokémiai laboratóriumi háttere. — *Földtani Kutatás* **34/3**, 36–39.
- VINCZE J., ELEK I., SEBESSY L., BÁLINT Gy., SZABÓ L. & VIRÁGH K. 1982–1989: *Izotópgeokémiai uránérc kutatás*. In: 1982: II kötet 255–270, 1980: 325–328, 1984: 298–302, 1985: 257–266, 1986: 205–269, 1987: 297–302, 1988: 216–222, 1989: 161.
- WÉBER B. 1967: Jelentés a 193 és 195–196 a. (Bükkszentkereszt) légi anomáliák földi azonosításáról. — *Kézirat*, MÉV Adattár J-0240.
- WÉBER B. 1968: A Bükkszentkereszt környéki anomáliák kutatása. — *Kézirat*, MÉV Irattár.
- WÉBER B. 1975: Az urán és a tórium eloszlása az Északi-középhegység földtani képződményeiben a légi-gammaspektrofotometriai mérések alapján. — *Földtani Közlöny* **105/3**, 309–319.
- WÉBER B. & CSÁKI F. 1971: Éves jelentés a Bükkszentkereszt környéki kutatásokról. — *Kézirat*, MÉV Irattár.
- ZEFIROV, A. P. & POLIKARPOVA, V. A. 1972: Hét darab minta ásvány-közzettani vizsgálata a „Bauxit” vállalatától. (Mineralogopetrograficseskoe izucsenyiji szemi prob sz predpiatyija “Bokszit”). — *Kézirat*, A SZU Tud. Akad. 2. sz. Tud. Kut. Int. Jel., MÉV Irattár 1555.

Kézirat beérkezett: 2006. 03. 01.

I. tábla — Plate I

1. Savanyú plagioklász lécekből álló csomó a riolit (kvarcporfír) tufában, mint a korai Na- (és Ca) metasomatózis eredménye. +Nic, N=80×
 2. Szerteágazó, metasomatikus kvarc-földpát telér riolitban (kvarcporfírban). +Nic, N=80×
 3. Kvarc-földpátos telérben Be-tart.(?) vezuvián. 1 Nic, N=80×
 4. Kvarc-földpátos telérben Be-tart.(?) vezuvián. +Nic
 5. Kvarc-földpátos telérben Al-Li-klorit (cookeit) szferolitos halmazai. +Nic, N=80×
 6. Az előző telér (környezetében) mellett sárgászöld illitben élénk citromsárga csillámlemezek (Li-csillám ?) szegélyükön opak (Mn?) ásvánnyal. 1 Nic, N=80×
 7. A mikroszferolitos apatit (kollofán) mezőben kialakult lyukacsokat nagyobb szemcseméretű, fennőtt apatit kristályok szegélyezik. Az apatit mezőben tűs-szferolitos mangánomelán hintések (fekete). 1 Nic, N=200×
 8. Mikroszferolitos kollofánsáv (világosszürke) mangánoxidos sávval (sötétszürke). A mikrorepedések mentén apatit és bertrandit(?) fenn-nőtt kristályai. +Nic, N=60×
-
1. Node, built up acidic plagioclase lates in rhyolite (quartzporphyry) tuff, as a result of the early Na (and Ca) metasomatism, +N, 120×
 2. Ramified metasomatic quartz-feldspar microdyke in rhyolite (quartzporphyry), +N, N=80×
 3. Vesuvian (Be containing?) in quartz-feldspar microdyke, single Nic, N=80×
 4. Vesuvian (Be containing?) in quartz-feldspar microdyke, +N
 4. Spherulitic aggregates of Al-Li-chlorite (cookeite) in quartz-feldspar microdyke +N, N=80×
 5. Bright lemon-yellow mica-lamellas (Li-mica?), edged by opaque (Mn) mineral in yellow-green illite near the above mentioned dyke, single Nic, N=80×
 6. Pores, formed in the spherulitic-apatite (kollophane)-field, edged by coarsed apatite phenocrysts. The apatite field contains needled-spherulitic manganomelane disseminations (black), single Nic, N=200×
 7. Microspherulitic kollophane bands (light grey) alternate with Mn-oxide ores (dark-grey). Along the micrographs, apatite and bertrandite(?) phenocrysts are lined up, +N, N=60×

I. tábla — Plate I

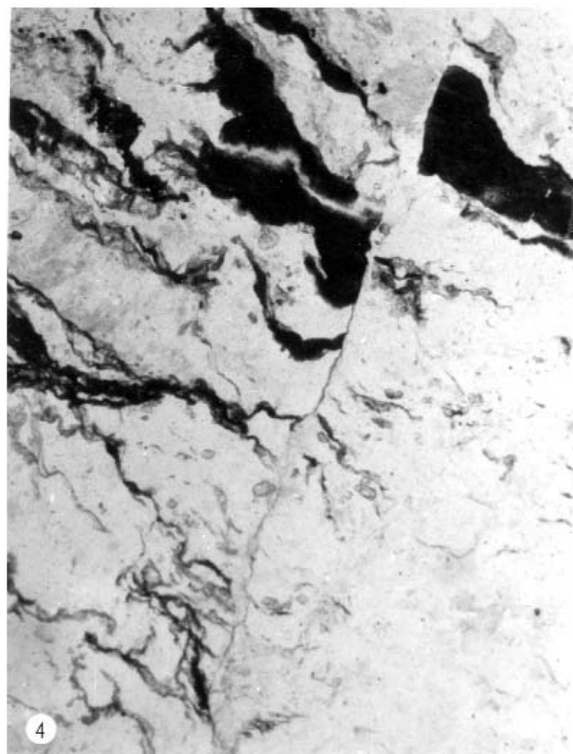
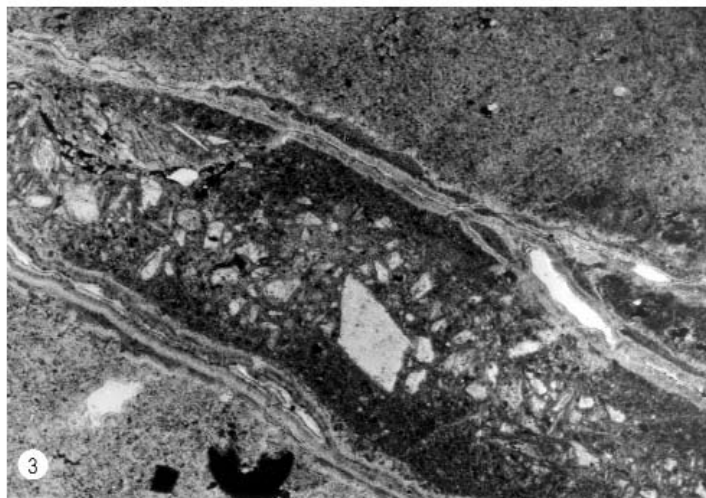
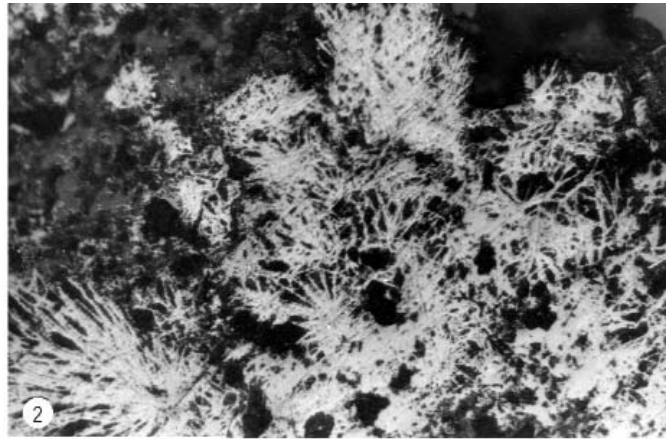
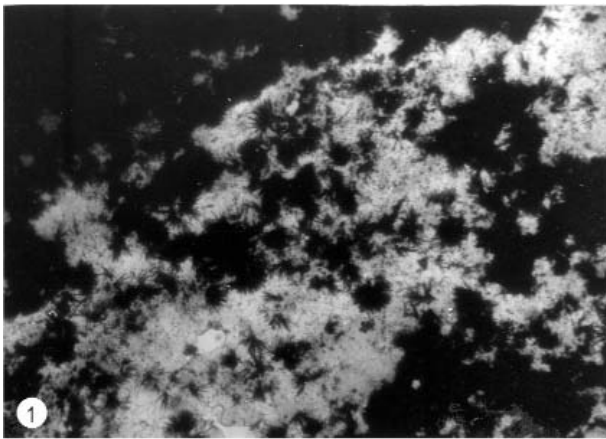


II. tábla — Plate II

1. Ramsdellit (fekete) tűs szferolitjai kollofánban. 1 Nic, N=200×
2. Manganomelán tűs-szferolitos kiválásai. Ércmikroszkópos felvétel, 1 Nic, N=200×
3. Krémszínű foszfátos sávban kollofánnal cementált mikrobrecsa (sötétszürke). A mikrorepedések falán apatit és bertrandit(?). az opak ásvány manganomelán. 1 Nic, N=120×
4. Mikrovető mentén posztt tektonikusan elnyíródott (elvoncsolódott) pszilomelán sávok kollofán mezőben. 1 Nic, N=60×

1. *Needled-spherulites of ramsdellite (black) in kollophane. Single N, N=200×*
2. *Needled-spherulitic precipitations of manganomelane. Ore-microscopic photo, single Nic, N=200×*
3. *Mikrobrecchia, cemented by kollophane (dark grey) in the cream-colored phosphatitic band. The wall of the micrographs covered by apatite and bertrandite(?). The opaque mineral is manganomelane. Single Nic. N=120×*
4. *Post-tectonically shared psilomelane bands in the kollophane field. Single Nic. N=60×*

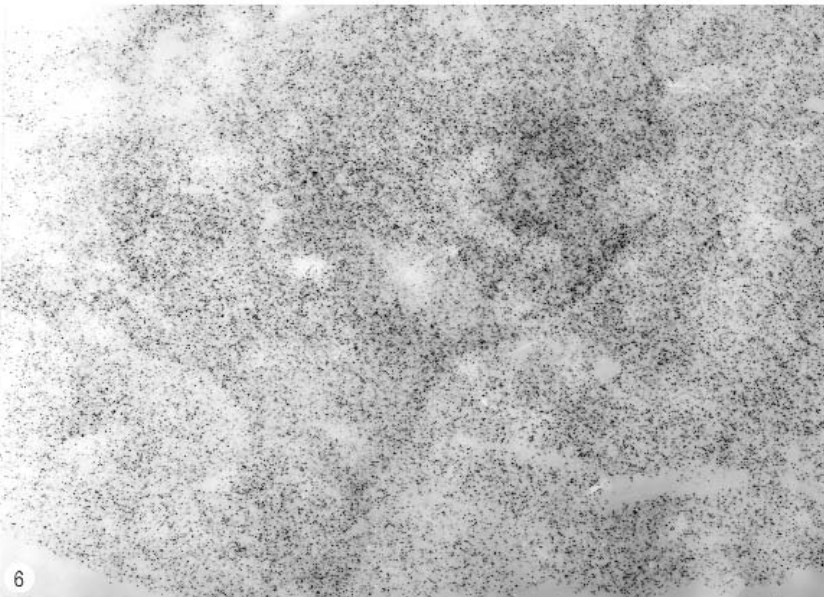
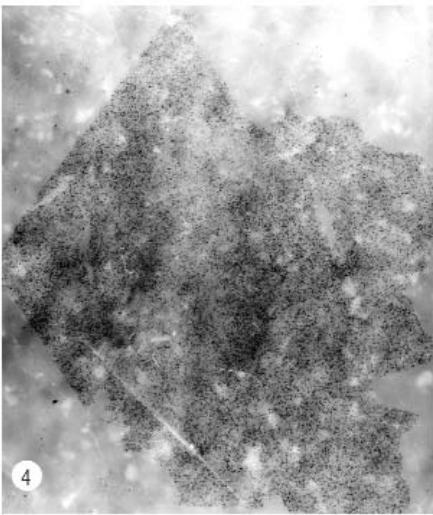
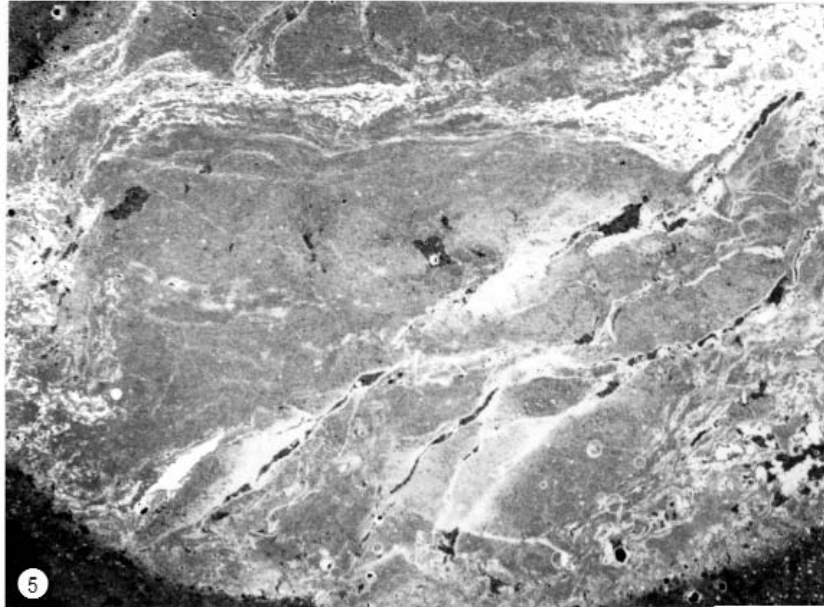
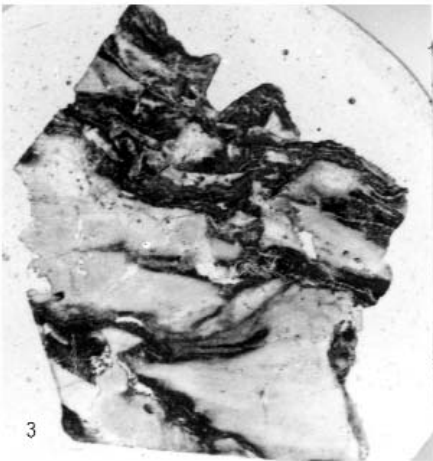
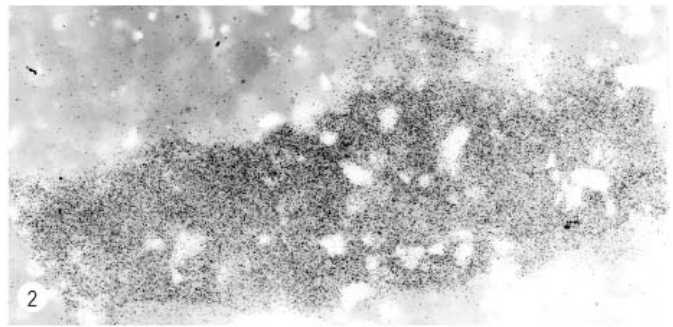
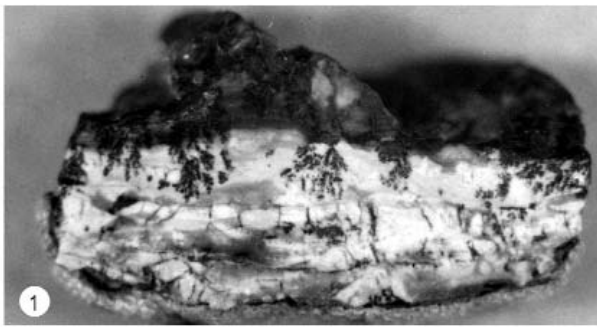
II. tábla — Plate II



III. tábla — Plate III

1. „Tiszta” P-Mn metasomatit, Mn-oxid dendriteket és beszüremkedéseket tartalmazó, krémszínű kollofánnal és sötétbarna Mn-oxidos (pszilomelános) sávval, benne kollofántartalmú foltokkal (világosabb foltok). Felületi csiszolat makrofelvétele. N=3×
 2. A csiszolat α -nyomdetektoros radiográfiája. Az egyenlőtlenül szórt nagy nyomsűrűség a foszfátos mező szórt-finomdiszperz U-tartalmát jelzi. A nyíllal jelzett, pontszerű nyomsűrűsödések U-oxid szemcséket jeleznek. A Mn-oxidos sáv csak a kollofán tartalmú helyeken tartalmaz α -nyomokat, ill. uránt, N=5×
 3. Breccsásodott, sávok kollofán-pszilomelán metasomatit. A Mn-oxidos sávok kollofánt tartalmaznak. Felületi csiszolat makrofelvétele, N=2×
 4. Az α -nyomdetektoros radiográfia foltos megoszlássűrűsége a foszfátartalomnak megfelelő U-eloszlást jelzi.
 5. Vékonycsiszolat áteső fényben készült negatív fényképének részlete. (A Mn-oxidos részleg (sávok) fehérek, a foszfátosak szürkék-feketék.) N=5×
 6. A csiszolat α -nyomdetektoros radiográfiájának nyomsűrűsége és U-tartalma megfelel a foszfátásványosodás mértékének, a foltos-sávok eloszlásnak.
-
1. "Pure" P-Mn-metasomatite, with cream-colored kollophane-band, containing Mn-oxide dendrites, and dark-brown Mn-oxide (psilomelane) ore, containing kollophane spots (light spots). Macrophoto of polished section. N=3×
 2. Alpha-track radiograph of the section above. The unequally scattered and powerful density of tracks signs a fine-dispersed U-contents of the phosphate-field. The point-like concentrations of tracks sign U-oxide (?) grains (shown by arrow). The Mn-oxide band extensively contains α -tracks (U) on the phosphate-contaminated places. Macrophoto, N=5×
 3. Striped kollophane-psilomelane metasomatite. The Mn-oxide strips contain kollophane.
 4. The α -track radiograph with its dense, but spotty-dispersion corresponds to phosphate- and U-contents. Macrophoto of polished section, N=2×
 5. Detail of thin section in transmitted light. Negative photo: the Mn-oxide parts (stripes) are white, the phosphatic ones are grey-black, N=5×
 6. The α -track density (U-content) corresponds to degree of phosphate mineralization and its spotty dispersion.

III. tábla — Plate III



IV. tábla — Plate IV

1. Kriptokristályos, sugaras frankolit kiválások (világosszürke-fehér) összenövésben pszilomelánnal (fekete), áteső fényben. N=100×
 2. +Nic.
 3. A riolit (kvarcporfír) tufa finomszemű kvarcból és földpátból (fehér), foszfátból (szürke), pszilomelán kiválásokból, erekből és dendritekből álló alapszövege. 1 Nic, N=40×
 4. +Nic.
 5. U-tartalmú frankolit és magemulziós mikroautoradiográfiája szórt és sűrűbb α -nyomokkal a fekete, pontszerű uránoxid kiválások körül, N=100×
 6. U-tartalmú frankolit és magemulziós mikroautoradiográfiája szórt- és sűrűbb α -nyomokkal és pszilomelánnal (α -nyomok nélkül), N=100×
-
1. *Cryptocrystalline radial francolite (light grey) intergrowth psilomelane (black), in transmitted light. N=100×*
 2. *Cryptocrystalline radial francolite (light grey) intergrowth psilomelane (black), in transmitted light, +N*
 3. *Rhyolite (quartzporphyry) tuff matrix, built up by fine-grained quartz (white), phosphate (grey), psilomelane precipitations: veins and dendrites (black). Single N, N=40×*
 4. *Rhyolite (quartzporphyry) tuff matrix, built up by fine-grained quartz (white), phosphate (grey), psilomelane precipitations: veins and dendrites (black). +N*
 5. *U-bearing francolite and its nuclear-emulsion alpha radiograph, with scattered more dense α -tracks; around the black point-shaped U-oxide precipitations. N=100×*
 6. *U-bearing francolite (and its nuclear-emulsion alpha radiograph with scattered and more dense α -tracks) and psilomelane (without α -tracks). N=100×*

IV. tábla — Plate IV

