

Újabb adatok a Sopron környéki leuchtenbergittartalmú metamorfítok keletkezésének problematikájához

Dr. Kisházi Péter—Ivancsics Jenő*

(5 ábrával, 4 táblázattal)

Összefoglalás: A Soproni-hegység kristályos magja és a Fertőrákosi-palaszige-metamorf sorozatában helyenként vékony sávokban feltűnnek olyan világosszínű kőzettagok (leukofillitek és diszténkvarcitok), melyek különleges kémiai összetételükkel (gyakorlatilag csak SiO_2 , Al_2O_3 , MgO és H_2O , illetve változó mennyiségű K_2O építi fel azokat) már régen felhívták magukra a figyelmet. E kőzetek közös jellemzője egy szintelen klorit (leuchtenbergit) megjelenése, mely a magnézium hordozója. Keletkezésük sok vitát váltott ki. A leggyakoribb nézet Mg-metaszomatózissal számol. Mi megkíséreltük az itteni metamorfítok általános genetikai folyamataiba beilleszteni e kőzetek keletkezését is, s arra a megállapításra jutottunk, hogy a diszténkvarcitok a pennin szubdukcióval, a leukofillitek pedig a takarómozgásokkal kapcsolatban alakultak ki a helyileg érvényesülő nagy nyomás és erőteljes fluidum-hatás eredményeként. Megkíséreltük e metamorf-metaszomatikus elváltozások és anyagvándorlások főbb mozzanatait is nyomon követni.

Bevezetés

E tárgyban nemrég ugyanitt megjelent vitairatunkban (KISHÁZI P. és IVANCSICS J., 1985) jeleztük, hogy e különleges megjelenésű, kemizmusú és ásványos összetételű kőzetek genetikai kérdéseivel magunk is foglalkozni kívánunk széles körű vizsgálódásaink alapján. A fő problémát az eléggé szokatlan kémiai összetétel (nagy SiO_2 -tartalom mellett viszonylag jelentős MgO -tartalom, míg viszont meglehetősen csekély az alkáliák — különösen az Na_2O —, az összes vas és a CaO mennyisége) jelenti. E kőzetek lényegében véve csak SiO_2 , Al_2O_3 , MgO , H_2O és ingadozó mennyiségű K_2O komponensekből állnak (I. táblázat).

Az osztrák Keleti-Alpok kristályos vonulatában a Hohe Tauern-től a magyar határig fel-felbukkanó e különleges kőzetek (leukofillitek és diszténkvarcitok) vizsgálatával sokan foglalkoztak, s közülük is talán leginkább VENDEL M. és WIESENEDER H. nevét emelhetjük ki. A probléma jelenlegi állásának áttekintéseként egy-egy legutóbbi idevágó munkájukat ajánlhatjuk (VENDEL M. 1972; MODJTAHEDI M. és WIESENEDER H. 1974). Az eddigi nézetek túlnyomó többsége a metamorfózis során bekövetkezett elemvándorlással — mindenekelőtt Mg-metaszomatózissal — számol ezek (különösen pedig a leukofillitek) származtatásában, s csak kevesen vannak (így LELKES-FELVÁRI Gy. és má-

* Központi Bányászati Fejlesztési Intézet, Ásványelőkészítési Osztály — Petrográfia, 9401 Sopron, Szt. György u. 16.

Sopron környéki metamorfitek kémiai összetétele (súly %)
 Chemical composition of the metamorphics in the Sopron area (% by weight)

I. táblázat — Table I.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO ₂	63,02	57,43	52,66	65,47	76,23	73,99	76,46	75,64	68,50	60,70
TiO ₂	1,07	1,30	1,14	1,20	0,24	0,10	0,25	0,15	0,50	0,05
Al ₂ O ₃	19,29	22,99	27,31	22,43	14,48	14,84	13,21	14,34	14,90	12,10
Fe ₂ O ₃	1,38	1,85	3,12	0,41	0,38	0,51	0,72	0,62	1,68	0,77
FeO	5,44	4,77	2,92	0,37	0,15	0,32	0,11	0,17	1,56	1,00
MgO	2,06	1,86	2,23	5,55	5,58	0,15	0,30	2,67	3,40	15,30
CaO	0,24	0,27	0,08	0,12	0,14	0,61	0,20	0,48	0,84	0,01
Na ₂ O	0,95	1,61	0,85	0,17	0,53	2,98	3,23	0,22	0,38	0,22
K ₂ O	4,50	4,23	5,14	0,90	0,18	5,56	4,39	3,50	3,40	0,30
H ₂ O ⁺	2,00	3,06	4,65	3,68	2,25	0,70	0,80	2,40		
H ₂ O ⁻	0,37	0,25	0,23	0,15	0,11	0,06	0,30	0,06	} 2,91	
P ₂ O ₅	< 0,01	0,01	0,01	0,02	ny	0,33	0,01	0,14	0,05	0,05
CO ₂	—	—	—	—	—	—	0,21	—	—	—
S	0,08	0,02	0,08	—	—	—	0,14	—	—	—
	100,40	99,65	100,42	100,35	100,30	100,73	100,33	100,39	98,12	97,47

1. Andaluzit-szilimanit-biotitpala (Öbrennberg, Kőbérc-romi kis kf.); 2. Sáros csillámpala (Öbrennberg, Kovács árok oldal-árka); 3. Normál csillámpala (Brennbergi völgy, vöröshídi kf.); 4. Szürkekvarcit (Füzesárok); 5. Fehérkvarcit (Récényi út melletti kutatóárok); 6. Muszkovitgneisz (Nándormagaslati kf.); 7. Muszkovitgneisz (Fertőrákos-újhegyi árkolás); 8. Leukofillit (Tolvaj-árki kf.); 9—10. Leukofillit (Fertőrákos-újhegyi árkolás).

1. Andalusite-sillimanite-biotite schist (Öbrennberg, small quarry at Kőbérc-rom); 2. Banded micaschist (Öbrennberg, distributory to Kovács ravine); 3. Normal micaschist (Brennberg Valley, Vöröshídi quarry); 4. Grey quartzite (Füzesárok); 5. White quartzite (exploratory trench by Récényi Street); 6. Muscovite gneiss (Nándormagaslatt quarry); 7. Muscovite gneiss (trenching at Újhegy near Fertőrákos); 8. Leucophyllite (quarry in Tolvaj ravine); 9—10. Leucophyllite (trenching at Újhegy near Fertőrákos).

sok, 1982), akik szerint egy megfelelő kémiai összetételű kiinduló kőzetanyag (protolit) jött volna létre már ezt megelőzően, azaz *izokémikus metamorfózis* történt (ez utóbbi nézettel szembeni ellenvetéseinket az említett vitáiratunkban fejtettük ki).

A leukofillitek származtatása

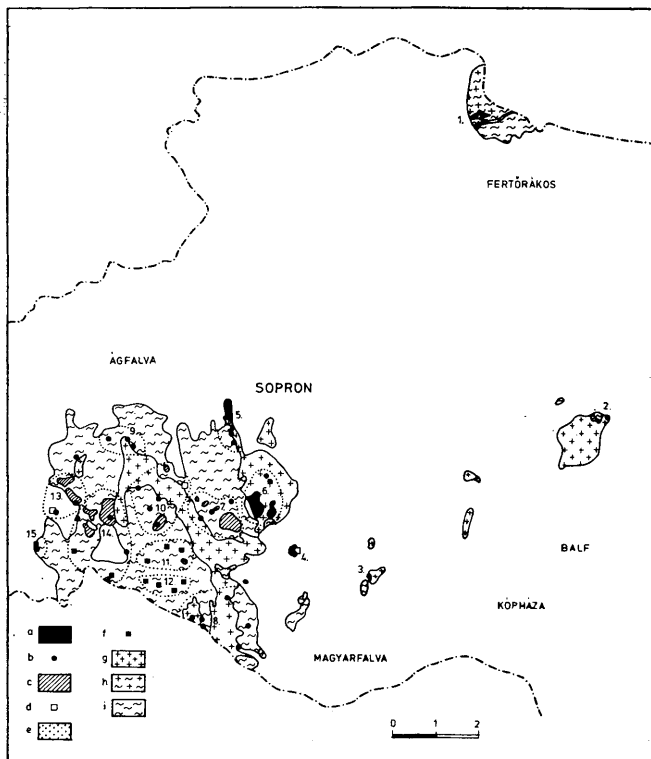
A leukofilliteket és diszténkvarcitokat elsősorban a közös *leuchtenbergitartalom* kapcsolja össze, mely azonban nem jelent egyszersmind azonos keletkezést is. Mind előfordulásban, mind metamorf fokban eléggé különböznek egymástól, jóllehet olykor bizonyos átmenetesség is megfigyelhető köztük.

Mint hogy a leukofillitekre jóval több adat áll rendelkezésünkre, mint a diszténkvarcitokra, így ezek származását próbáljuk először felvázolni.

Szinte általános a véleményem, hogy keletkezésük *horizontális mozgási pályák* kialakulásához kötött, melyek legtöbbször a gneisz-csillámpala határon, ritkábban e kőzetek belsejében találhatók, s fokozatos szerkezeti, szöveti és ásványos átmenetek figyelhetők meg a gazdakőzetek és a belőlük keletkezett leukofillitek között. A Sopronhoz közeli régi gneisz-kőfejtőkben számos helyen (l. az 1. ábra térképvázlatát) találhatók ilyen szelvényrészek, bár többnyire csak egyik irányban — a fekvő gneiszek felé — kifejlődve (a fedő kőzetösszlet valószínűleg gravitációsan lecsúszhatott fölülük a hegység vertikális feldarabolódása és kiemelkedése során, a fiatalabb időkben).

E horizontális (vagy pontosabban csak szubhorizontális) mozgási pályák pedig az Alpok fő felgyűrődési eseményeihez kapcsolt *takarós szerkezetalakulás* során jöttek létre a felsőkréta — eocén folyamán (egy alpi leukofillit kora 80 millió évnél bizonyult; SCHARBERT S., in: KIESL W. és mások, 1983). E mozgási pályák — különösen kialakulásuk kezdeti szakaszán — még meglehetősen

mélyen helyezkedhettek el a felszín alatt, s így eléggé magas hőmérsékletű és nagy nyomású viszonyok között folyhatott le a pályamenti kőzetek *fillonitosodása*, miközben a felszakadási pórusok telítve lehettek fluidumokkal. E flu-



1. ábra. Sopron környéki metamorfkőzet-területek leukofillit és diszténkvarcit előfordulásai. **Jelmagyarázat:** 1. Fertőrákosi palasziget, 2. Halászsárdai-rög, 3. Harkai-kúp, 4. Rókaház-domb, 5. Nándormagaslat — Vashegy, 6. Károlymagaslat — Daloshegy, 7. Fűzes-árok — Rókadomb, 8. Házhegy — Naphegy, 9. Tolvaj árok, 10. Várhely-Tacsi árok, 11. Nagy-Fűzes, 12. Szarvashegy, 13. Poloskabérc, 14. Seprőkötőhegy — Muck, 15. Öbrennberg ± Kőbérc; a. Leukofillit, b. Leukofillit indikáció, c. Fehérkvarcit, d. Fehérkvarcit indikáció, e. Szürkekvarcit, f. Szürkekvarcit indikáció, g. Gneisz, h. Földpátos csillámpala, amfibolpala, amfibolit, i. Csillámpala

Fig. 1. Leucophyllite and kyanite quartzite occurrences in the metamorphic rocks of the Sopron area. **Explanation:** 1. Fertőrákosi Schist Island, 2. Halászsárdai block, 3. Harka Cone, 4. Rókaház Hill, 5. Nándormagaslat — Vashegy, 6. Károlymagaslat — Daloshegy, 7. Fűzes ravine — Rókadomb, 8. Házhegy — Naphegy, 9. Tolvaj ravine, 10. Várhely-Tacsi ravine, 11. Nagy-Fűzes, 12. Szarvashegy, 13. Poloskabérc, 14. Seprőkötőhegy — Muck, 15. Öbrennberg — Kőbérc; a. Leucophyllite, b. Leucophyllite indication, c. White quartzite, d. White quartzite indication, e. Grey quartzite, f. Grey quartzite indication, g. Gneiss, h. Feldspar-bearing mica-schist, hornblende-schist, amphibolite, i. Micaschist

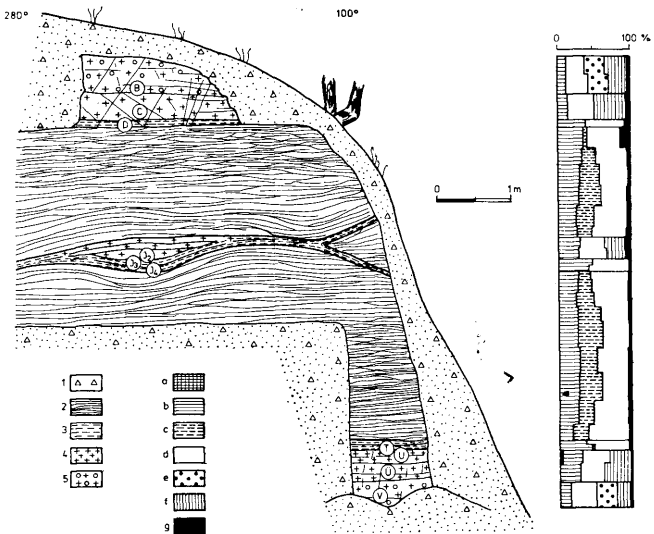
idumok legvalószínűbben a kissé korábban megindult pennin szubdukció (TOLLMANN A. 1980) révén mélybekerült fiatalabb üledékekből szabadultak ki.

Az elmondottak konkrétabb illusztrálására és további kifejtésére bemutatunk két részletesebben feldolgozott leukofillit-szelvényt.

a) A Tolvaj-árki kőfejtő D-i falrészlete

E felhagyott kőfejtő felső részén bukkan elő a leukofillit gneiszbe települten (2. ábra és II. táblázat). Ráadásul — eléggé ritka jelenségként — a leukofillit-sáv közepe táján még egy vékonyabb gneisz-közbetelepülés is megfigyelhető itt, mely feltehetően a takarómozgás egy későbbi stádiumában vált le a gazdaközet-falból és került a pálya belsejébe, ahol már nem volt alkalma teljesen asszimilálódni.

A szelvény szemlátomást szimmetrikus felépítésű. Ha mindkét irányból befelé haladunk, a kőzetszerkezet egyre palásodottabbá, a szövet mind inkább lepidoblasztossá válik, s az ásványos összetételben is jellegzetes *öves változások* figyelhetők meg. A gyakorlatilag elváltozatlan (bár rendszerint a normálisnál



2. ábra. A Tolvaj árki kőfejtő déli részlete. ⊙ modális ásványos összetétel a táblázatban. Jelmagyarázat: Földtani szelvény: 1. Törmelék, 2. Leukofillit, 3. Muszkovit-kvarcpora, 4. Muszkovit-altitgneisz, 5. Muszkovit-mikroklín-albitgneisz; Ásványi összetétel: a. Biotit (flogopit), b. Muszkovit, c. Leuchtenbergit, d. Kvarc, e. Mikroklín, f. Albit, g. Egyéb

Fig. 2. Detail of S face of Tolvaj ravine quarry. ⊙ modal mineralogical composition in the table. Explanations: Geological profile: 1. Clastics, 2. Leucophyllite, 3. Muscovite-quartz schist, 4. Muscovite-albite gneiss, 5. Muscovite-microcline-albite gneiss; Mineralogical composition: a. Biotite (phlogopite), b. Muscovite, c. Leuchtenbergite, d. Quartz, e. Microcline, f. Albite, g. Others

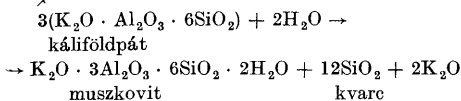
A Tolvaj-árki kőfejtő D-i falrészének modális ásványos összetétele (súly %-ban)
 Modal mineralogical composition of a fraction from the S face of the quarry in Tolvaj ravine (% by weight)

II. táblázat — Table II.

Minta Sample	Ásvány Mineral	Mikro- klin	Albit	Kvarc	Musz- kovit	Leuch- ten- bergit	Biotit (* flogo- pít)	Egyéb Others	Kőzettípus Rock type
B		27	26	31	14	—	ny	2	muszkovit-albit-mikro- klingneisz
C		<1	43	38	16	—	<1	2	muszkovit-albitgneisz
D		—	ny	53	41	—	—	6	muszkovit-kvarcpala
H		—	—	44	24	32	—	ny	muszkovit-leuchtenbergit- -kvarcpala
J ₂		—	12	50	38	—	—	<1	muszkovit-albitgneisz
J ₃		—	ny	52	47	ny	—	ny	muszkovit-kvarcpala
J ₄		—	—	56	42	—	ny*	2	muszkovit-kvarcpala
T		—	—	48	48	ny	—	4	muszkovit-kvarcpala
U		—	25	39	33	—	1	2	muszkovit-albitgneisz
Ü		—	35	34	28	—	<1	2	muszkovit-albitgneisz
V		26	19	36	18	—	—	1	muszkovit-albit-mikro- klingneisz

már kissé palásodottabb és némileg több muszkovitot is tartalmazó) *mikroclin-albitgneisz* (gazdaközet) után két jellegzetes átmeneti kőzetsáv következik: a külső egy mikroclin nélküli *albitgneisz*, a belső pedig egy földpátmentes *kvarc-muszkovitpala*. Az utóbbiban még nem fordul elő leuchtenbergit, s így ezt még nem lehet szorosabb értelemben vett leukofillitnek tartani, jóllehet külsőre már nagyon hasonlít hozzá (sokan oda is sorolják). Legbelül egységes *leuchtenbergit-muszkovit-kvarcpala* (igazi leukofillit) következik, kivéve a már említett reliktum-betelepedést, mely átmeneti kőzetekből (albitgneisz és muszkovit-kvarcpala) áll.

A megállapított övek alapján a következő *ásványátalakulásoknak* kellett bekövetkezniök: A folyamat kezdetén a mozgás folytán felmorzsolódott kőzetanyag pórusterét kitöltő magas hőmérsékletű fluidum zömét alkotó vízgőz hatására a káliföldpátok átalakulhatnak muszkovittá (szericitté):



Az így felszabadult K_2O vesz részt azután az albitok hasonló muszkovitosodásában, melynek során viszont Na_2O és SiO_2 szabadul fel. A Na_2O a fluidumok segítségével eltávozik. Itt mindjárt megjegyezhetjük, hogy a Na_2O egy része nem tesz meg hosszú utat, hanem már az albitgneisz-övben megreked, ahol ugyanis gyakoriak az ún. *sakktábla-albitok*, melyek keletkezését leginkább a mikroclinok Na-metaszomatózisával magyarázzák. Ugyanezt jelzi ez öv megemelt albit-, illetve viszonylag kis muszkovittartalma is (l. a II. táblázatban a C és Ü minta adatait).

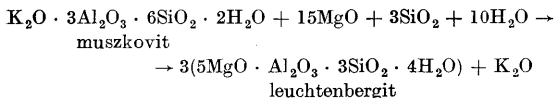
Ha ez átalakulási reakciók során felszabadult Na nagyobb és a helyben beépülni nem tudó K kisebb részének további sorsát kívánjuk követni, arról természetesen már sok biztosat nem lehet mondani. Tény azonban, hogy a környező gneiszekben — sőt normál csillámpalákban is — nem ritkán lehet kimutatni apró, újképződésű albitokat, illetve (csak a gneiszekben) olyan káliföld-

pát-növekményeket, melyek a szemek kialakulása után jöttek létre, s így — mindkét esetben — késői kristályosodásról tanúskodnak.

Ami a gazdalkozet többi ásványát illeti, a kvarcok stabilisak (noha átkristályosodnak), sőt mennyiségük nő is a különböző átalakulási reakciók során felszabaduló kovasavval. A muszkovit ugyancsak stabilis, s mennyisége — mint láttuk — a kvarcnál is tetemesebben felszaporodik. Ugyanakkor a legbelső zónában — bár itt is stabilis — egy része Mg-metaszomatózissal leuchtenbergitté alakul át (l. később). Az eredetileg is kevés biotit a külső övekben szintén muszkovitosodik. A legbelső övben esetleg a biotit közvetlenül is átalakulhat leuchtenbergitté, bár valószínűleg itt is két lépcsős ez az átalakulás. A felszabaduló Fe egy része és a Ti helyben marad apró érchintések alakjában. A vas nagyobb része azonban eltávozik és a környezetben válik ki pirit- vagy magnetszemekként.

A kvarc-muszkovitpala zónában jellegzetes — bár általában csak szórványos — elegyrész még egy *flogopitszerű biotit*, melyről már VENDEL M. (1929) is említést tesz. Ez valószínűleg nincs közvetlen kapcsolatban az előbb említett biotittal, hanem teljesen új képződésű, s a Mg-gazdag oldatok hozhatták létre a belső zóna külső szegélyén. A muszkovit-kvarcpala övre egyébként jellemző még a viszonylag durva szemcsézettség is, ami fluidumban gazdag közegből történő kristályosodást jelez.

A legbelső zónában — ahol legerősebb volt az időszakos stressz és a fluidumnyomás — a stabilis kvarc és muszkovit mellett még jelentős mennyiségű új képződésű *Mg-klorit (leuchtenbergit)* is jelentkezik a muszkovitok egy részének *Mg-metaszomatózisa* révén:



E reakció térfogat-növekedéssel jár, ami a pórustér csökkenését, esetleg teljes zárulását eredményezi (minthogy jelentős mennyiségű fluidumanyag (H_2O) is belép a reakciótermékbe, a pórusok kitöltése megkönnyül). A magnézium itteni kiválását a megnövekedett nyomás válthatta ki, mely lecsökkentette mobilitását (vö. SZÁDECZKY-KARDOSS E., 1955, 539 o.).

A metaszomatózishoz szükséges magnézium a nem túl távoli környezetből kerülhetett oda a biotitok egy részének muszkovitosodása során felszabadulva. Ilyen elváltozások ugyanis mind a gneiszekben, mind a csillámpalákban kimutathatók (KISHÁZI P., 1977; KISHÁZI P. és IVANCSICS J., 1985).

Az *irányított nyomás* (stressz) hatása az átmozgási pálya mentén térben és időben változó lehetett az orogén működések szakasos voltának megfelelően, azaz az átmozgásoknak voltak intenzívebb és viszonylag nyugodtabb periódusai, s mindkettőben történhetek ásványátkristályosodások. A *fluidumnyomás* valószínűleg fordítottan pulzálhatott: a legerősebb stressz idején (új hézagterek létesülésével) csökkenhetett, a nyugalmi időszakokban (a pórusok részleges záródásával) viszont emelkedhetett. A mozgási pálya végeredményben úgy működhetett, mint egy nyílt, de feszített és nagyon korlátozott hézagterű hasadék.

Gneisz anyagközet esetén az *elemvándorlás* a következőképpen összegezhető: inertként viselkedett a Si, Al és Ti; odavándorlással dúsult a Mg és H; elvándor-

dorlással csökkent viszont a Fe, Ca, Na (nagy mértékben) és K (kis mértékben). Az egyébként mobilisan viselkedő Mg — mint említettük — az átmozgási pálya mentén időszakosan kialakult nagyobb helyi nyomás hatására veszítette el mobilitását és lépett be az itt nagyon stabilis leuchtenbergit-szerkezetbe, míg a K nagy részét a szintén stabilis muszkovit-szerkezet fogta be, illetve tartotta vissza.

b) A Fertőrákos-újhegyi leukofillit-árválás szelvénye

A fertőrákosi kristályospala-sziget DNy-i részén egy kutatóárok által feltárt leukofillit szelvényét a 3. ábra és a III. táblázat mutatja be. A szelvényt először Kósa L. (1976) dolgozta fel. Megállapítása szerint a fedőt képviselő albit-mikroklín-muszkovitgneisz 20–30°-os dőléssel települ. Alatta, vele konkordánsan következnek a leukofillit, melynek dőlése a gneisz-kontaktustól távolodva egyre meredekebbé válik, s függőleges dőlés elérése után vetőzóna mentén érintkezik a feké klorit-albitpalákkal. Ez a zavart település nyilvánvalóan későbbi tektonika eredménye.

Vizsgálataink szerint a fedő gneisz hasonlít a soproni gneiszekhez. Legfontosabb azonban az, hogy az átmeneti zónák itt is kimutathatók: az albitgneisz-zónában kevés saktábla-albittal, a muszkovit-kvarcpala övben pedig némi flogopitszerű biotit.

Legfeltűnőbb különbség az előbbi szelvényvel szemben a leukofillit-övben mutatkozik. A leuchtenbergit-tartalom itt eleinte még „normális”, de egyre inkább szaporodik, míg végül elérünk egy helyre, ahol már gyakorlatilag csak leuchtenbergit található, majd mennyisége ismét csökken, bár a soproni leukofillitekénél még mindig jóval bőségesebb marad. A feké klorit-albitgneisz felé tektonikus az érintkezés, átmeneti zónák megjelenése nélkül.

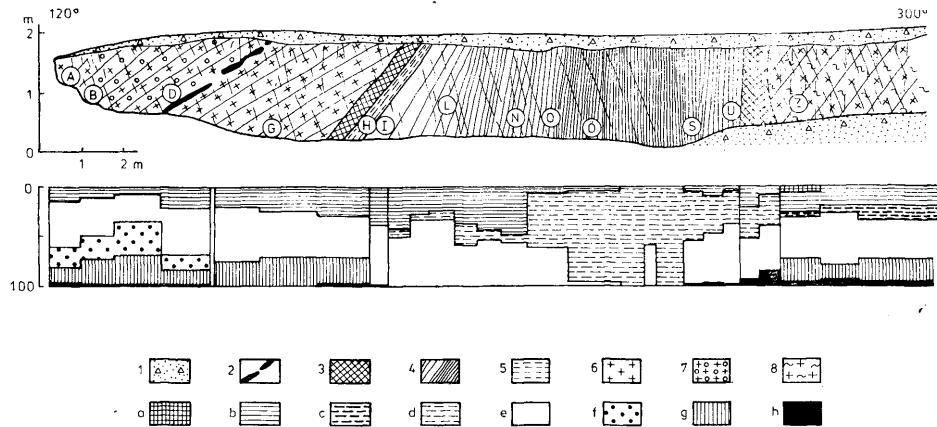
A leuchtenbergit-dúsulás itt gazdagabb forrást és/vagy intenzívebb Mg-szállítást tételez fel, mint amilyen a Soproni-hegységben állhatott rendelkezésre. A jelenlegi feké alkotó klorit-albitgneisz ugyan több Mg-t tartalmaz, mint a fedő gneisz, de még ez is kevésnek tűnik. Az átmozgás során a feké kőzetek inkább

A Fertőrákos-újhegyi árválás modális ásványos összetétele (súly %-ban)

Modal mineralogical composition of the rock exposed by trenching at Újhegy near Fertőrákos (% by weight)

III. táblázat — Table III.

Minta Sample	Ásvány Mineral								Kőzettípus Rock type
	Mikroklín	Albit	Kvarc	Muszkovit	Leuchtenbergit	Pennin	Biotit (* flogopit)	Egyéb Others	
A	18	19	49	11	—	—	—	3	muszkovit-mikroklín-albitgneisz
B	24	28	39	7	—	—	—	2	muszkovit-mikroklín-albitgneisz
D	12	21	49	18	—	—	ny	ny	muszkovit-mikroklín-albitgneisz
G	—	30	40	30	—	—	ny	ny	muszkovit-albitgneisz
H	—	ny	61	38	—	—	ny*	1	muszkovit-kvarcpala
I	—	—	53	42	5	—	ny*	ny	leuchtenbergit-muszkovit-kvarcpala
L	—	—	46	37	15	—	—	2	leuchtenbergit-muszkovit-kvarcpala
N	—	—	48	47	5	—	—	ny	leuchtenbergit-muszkovit-kvarcpala
O	—	—	44	5	51	—	—	ny	muszkovit-leuchtenbergit-kvarcpala
O	—	—	2	2	96	—	—	<1	leuchtenbergitpala
S	—	—	48	3	49	—	—	ny	muszkovit leuchtenbergit-kvarcpala
U	—	—	61	<1	37	—	—	1	leuchtenbergit-kvarcpala
Z	—	25	43	25	—	3	—	4	leuchtenbergit-kvarcpala kloritos muszkovit-albitgneisz



3. ábra. Fertőrákos, újhegyi leukofillit árkokolás. (A) modális ásványos összetétel a táblázatban. Jel magyarázat: Földtani szelvény: 1. Törmelék, 2. Kvarc szegregátum, 3. Vetőbréccsa, 4. Leukofillit, 5. Muszkovit-kvarcpala, 6. Muszkovit-albitgneisz, 7. Muszkovit-mikroklin-albitgneisz, 8. Klorit-albit-muszkovitpala (gneisz); Ásványi összetétel: a. Biotit, b. Muszkovit, c. Zöld klorit, d. Leuchtenbergit, e. Kvarc, f. Mikroclin, g. Albit, h. Egyéb

Fig. 3. Leucophyllite trenching at Újhegy near Fertőrákos. (A) modal mineralogical composition in the table. Explanation: Geological profile: 1. Clastics, 2. Quartz segregate, 3. Tectonic breccia, 4. Leucophyllite, 5. Muscovite-quartz schist, 6. Muscovite-albite gneiss, 7. Muscovite-microcline-albite gneiss, 8. Chlorite-albite-muscovite schist (gneiss); Mineralogical composition: a. Biotite, b. Muscovite, c. Green chlorite, d. Leuchtenbergite, e. Quartz, f. Microcline, g. Albite, h. Others

változhattak, mint a fedők, s így a korábbi szakaszokban más kőzetek alkothatták a fekűt, mint most. A jelenleg ismert itteni kőzetekből leginkább az *amfibolitok* elégíthetnék ki e követelményt.

Az *intenzívebb átmozgás* is hozzájárulhatott a fokozott Mg-szállításhoz. A fertőrákosi leukofillit esetleg egy fő áttolódási pályát képvisel, mely az itteni wechsel- és a soproni durvagneisz-sorozatok közötti határon alakult ki (mi hajlandók vagyunk a fedőgneiszt és a felette következő fillites (fillonitos) csillámpalákat már esetleg a durvagneisz-sorozathoz venni). Magasabb rendű mozgási pályára utalhat még a leukofillit-sáv vastagsága (kb. 8 m) is, mely lényegesen meghaladja a Soproni-hegységben levőkéét.

A diszténkvarcitok származtatása

A diszténkvarcitok a Soproni-hegységben gyakran kísérik a leukofilliteket, bár rendszerint egymástól elkülönült telepekben. Olykor azonban bizonyos közvetlenebb kapcsolatuk is megfigyelhető: pl. amikor tiszta leukofillitben néhány szem disztén is megjelenik, illetőleg ha a diszténkvarcitokat vékonyabb sávokban leukofillit kíséri. Ezek azonban inkább anomális, mint rendes esetek, s az első talán progresszív állhatott elő a leukofillit-képződés során a normálistól rövid ideig eltérő (megemelt) *pt*-viszonyok között, míg a második retrogresszív jöhetett létre a diszténkvarcitok későbbi leukofillitesedése révén.

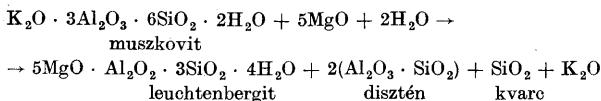
A leukofillitek azonban zömmel gneiszekhez (vagy gneisz-csillámpala szegélyzónákhoz), a diszténkvarcitok pedig mindig csillámpalákhoz kötve — azaz egymástól elkülönülten — jelennek meg. Ez a körülmény, valamint a keletkezésük *pt*-viszonyaiban mutatkozó különbség bizonyos mértékig eltérő származást sugalmaz. Arra következtethetünk, hogy a diszténkvarcitok valamivel idősebbek és mélyebben is jöhettek létre, mint a leukofillitek. A nyomás kiemelt szerepét a leuchtenbergit mellett itt a disztén is mutatja, a lokális hatásra pedig e képződmények sávszerű, illetve lencsés kifejlődése utalhat (bármilyen formák a későbbi átmozgások során is kialakulhattak).

Az irodalomban kevés konkrét adatot lehet találni a diszténkvarcitok keletkezésére vonatkozóan. WIESENEDER H. kaolinhomokokat említ kiinduló kőzetekként. VENDEL M. is elfogadja ezt alapnak, de hozzáteszi, hogy a Mg-tartalom forrásául még egy Mg-ásvány (pl. klorit) jelenlétét is fel kell tételezni a protolitban, vagy (inkább) itt is Mg-metaszomatózis történhetett. Mindketten alapjában véve *progresszív metamorfózis* termékekének tartják a diszténkvarcitokat.

Ezzel szemben mi a progresszív metamorfózisuk csúcsára jutott itteni csillámpalák (*andaluzit-szilimanit-biotitpalák*) *retrográd metamorfózisával* hozzuk kapcsolatba keletkezésüket, és pedig azok nagyarányú szericitedésével és diszténesezésével (KISHÁZI P., 1977; KISHÁZI P. és IVANCSICS J., 1985). Ez az elváltozás fluidumok közreműködésével, megemelt nyomás mellett következhetett be, és pedig legvalószínűbben az idős alpi időben, a *pennin szubdukció* kezdeti szakaszán, a középsőkréta folyamán (TOLLMANN A., 1980). Ekkor az alsókeletalpi egység (durvagneisz-sorozat) alá került nedves üledékekből felhevült fluidumok nyomultak felfelé és torlódtak meg a tömör kristályospalákon. Ahol ez a feltorló hatás a legerősebb volt a csillámpalákban, s a fluidum-

nyomás is a maximumát érte el, ott az átalakulások is a legintenzívebben folyhattak le.

A szericitesedés általános és nagyarányú volt, mely kiterjedt úgyszólván az összes eredeti ásványra (andaluzit, szillimanit, biotit, földpátok). A diszténesedés inkább csak az alumoszilikátokat (főként az andaluzitot) érte, de a legintenzívebb helyeken áterjedt a szericitek egy részére vagy egészére is, s az apróbb diszténlécek egyben nagyobb xenoblasztos egyénekké kristályosodtak át (miközben anyaguk több-kevesebb utat is megtehetett az új nukleációs központokig). A *leuchtenbergit* itt is csak a legnagyobb nyomású helyeken jelenik meg a nagyobb diszténnel együtt. Keletkezése — olykor kimutathatóan — közvetlenül a biotitból is történhetett pszeudomorf módon, többnyire azonban a biotitok szericitesedése révén felszabadult magnézium a fluidumok segítségével kisebb-nagyobb utat megtéve jutott el a legnagyobb nyomású helyekre, ahol a korábban keletkezett szericiteket *metaszomatizálta*, miközben disztén is keletkezett:



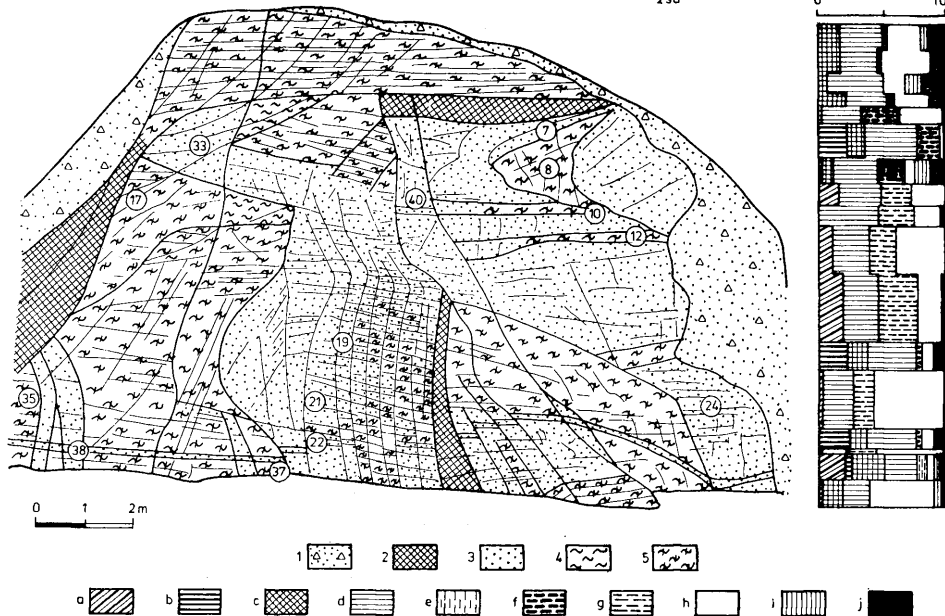
A reakció némi térfogatnövekedéssel zajlik le, melyet a felszakadási hézagok kompenzálhatnak.

A diszténkvarcitokat két fő típusra lehet osztani: *szürke- és fehérkvarcit*. Az előbbi jelentősebb mennyiségű muszkovitot (szericitet) is tartalmaz, az utóbbi ettől csaknem teljesen mentes. Mindaz, amit keletkezésükről eddig elmondunk, közvetlenebbül csak a szürkekvarcitokra vonatkozik, melyek átmenetes tagokkal kapcsolódnak az andaluzit-szillimanit-biotitpalákhhoz.

A lezajlott kémiai változásokat az I. táblázat adatai segítségével követhetjük nyomon (lásd az I. és 4. oszlopot). Eszerint a szürkekvarcitokban az andaluzit-szillimanit-biotitpalákhhoz képest némi relatív dúsulás mutatkozik Si-ben és Al-ban, erős csökkenés van össz-vasban és alkáliákban (bár a visszatartott K₂O mennyisége még nem elhanyagolható), kisebb mértékben dúsult abszolút értelemben viszont a H₂O, nagyobb mértékben pedig az MgO. Végeredményben nagyon hasonló a kép a leukofilliteknel megállapíthatóhoz.

Az elmondottak illusztrálására szolgál az *Öbrennberg-Kőbérc oromi kőfejtő* szelvénye (4. ábra és IV. táblázat), mely a Kovácsárok Ny-i oldalában található. Itt egy helyen tanulmányozhatók az ún. *sávós csillámpalák* (diszténes, illetve kloritoidos muszkovitpalák) és a velük társult *szürkekvarcitok* különféle változatai és azok települési viszonyai (kissé D-ebbre ugyanitt, egy másik kis kőfejtőben pedig az andaluzit-szillimanit-biotitpalákat és ez elváltozások kezdeti szakaszait figyelhetjük meg).

Az összetöredezettségen és kaotikus településen kívül legfeltűnőbb szerkezeti vonás a középső részen felismerhető meredek dőlésű héjas szerkezet, mely különösen a szürkekvarcitokban fejlődött jól ki. Makroszkóposan a feltárás közetei egy világosabb (szürkekvarcitos) és egy sötétebb színű (sávós csillámpalás) típusba sorolhatók, melyek helyenként elég élesen, máshol elmosódottabb határral mennek át egymásba. Területi eloszlásukban alig lehet szabályszerűséget felfedezni, azon kívül, hogy a legtípusosabb szürkekvarcitok a már említett héjas szerkezetben jelennek meg.



4. ábra. Öbrennberg, Kőbérc-óromvégi kőfejtő. Ⓣ modális ásványos összetétel a táblázatban. Jel magyarázat: Földtani szelvény: 1. Törlemék, 2. Vetőbreccsa, 3. Disztén-leuchtenbergite-muskovit kvarcit, 4. (Kloritoid)-klorit-muskovitpala, 5. Disztén-(kloritoid)-muskovitpala; Ásványi összetétel: a. Disztén, b. Kloritoid, c. Biotit, d. Muszkovit, e. Paragonit, f. Pennin, g. Leuchtenbergit, h. Kvarc, i. Albit, j. Egyéb

Fig. 4. Kőbérc-Oromvég quarry at Öbrennberg. Ⓣ modal mineralogical composition in the table. Explanations: Geological profile: 1. Clastics, 2. Tectonic breccia, 3. Kyanite-leuchtenbergite-muscovite quartzite, 4. (Chloritoid)-chlorite-muscovite schist, 5. Kyanite-(chloritoid)-muscovite schist; Mineralogical composition: a. Kyanite, b. Chloritoid, c. Biotite, d. Muscovite, e. Paragonite, f. Pennine, g. Leuchtenbergite, h. Quartz, i. Albite, j. Others

Az Öbrennberg, Kőbérc-óromi köveit kőzetek modális ásványos összetétele (súly %-ban)
 Modal mineralogical composition of rocks from Kőbérc-órom quarry at Öbrennberg (% by weight)

IV. táblázat — Table IV.

a) Csillámpalák:

Micaschists

Minta Sample	Ásvány Mineral	Albit	Kvarc	Muskovit	Biotit	Pennin	Staurolit	Disztén	Kloritoid	Egyéb Others	Kőzettípus Rock type
8	ny	3	56	12	2	—	—	4	15	8	disztén-kloritoid-muskovitpala
10	ny	24	22	18	1	—	—	1	23	11	disztén kloritoid-muskovitpala
12	—	2	49	10	ny	—	—	1	28	10	disztén kloritoid-muskovitpala
17	—	2	59	17	—	—	—	—	13	9	kloritoid-muskovitpala
35	—	17	53	12	ny	ny	ny	ny	5	13	disztén kloritoid-muskovitpala
37	—	ny	50	19	—	—	—	16	—	15	disztén-muskovitpala

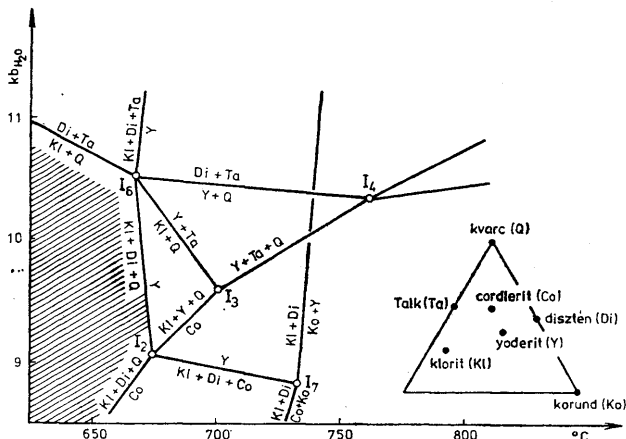
b) Diszténkvartcitok:

Disthene-quartzites

Minta Sample	Ásvány Mineral	Kvarc	Muskovit	Biotit	Leuchtenbergit	Klorit (fekő zóla)	Disztén	Egyéb Others	Kőzettípus Rock type
7	9	53	—	19	1	8	10	szürkekvarcit	grey quartzite
19	14	31	—	23	1	21	10	szürkekvarcit	
21	61	25	—	9	—	2	3	szürkekvarcit	
22	78	13	—	ny	7	ny	2	szürkekvarcit-szerű kőzet	grey quartzite-like rock
24	13	54	ny	24	1	5	3	szürkekvarcit	
33	25	53	ny	4	14	1	3	szürkekvarcit-szerű kőzet	
38	62	25	—	2	3	4	4	szürkekvarcit-szerű kőzet	
40	50	21	ny	2	14	4	9	szürkekvarcit-szerű kőzet	

A szürkekvarcitos jellegű kőzetek átmenetesen fejlődtek ki a diszténtartalmú sávós csillámpalákból. Közös jellemzőjük, hogy több-kevesebb diszténe (gyakrabban nagyobb xenoblasztos, ritkábban kisebb idioblasztos szemekben) kívül rendszeresen tartalmaznak jelentős mennyiségű kloritot is, és pedig szintelen vagy csaknem szintelen klinoklort (leuchtenbergit). E kloritok gyakran biotit utáni pszeudomorfózák, amit alátámaszt, hogy átmenetesen némi elváltozatlanul maradt biotit is előfordul. További fő elegyrész még a muszkovit, mely ritkábban jól fejlett, többnyire azonban aprópikkelyes (szericites vagy azt kissé meghaladó méretű) megjelenésű. Közönségesek az olyan pszeudomorf pikkelykőzetek, melyek leuchtenbergit és muszkovit mechanikus közberétegződéséből állnak. A biotitok ilyen jellegű elváltozásának melléktermékeiként sok apró opak szemce (Fe-Ti ásvány) mutatkozik hirtetten. Végül a kvarc is fontos elegyrész, bár koránt sem mindig a leggyakoribb.

A *fehérkvartcitok* ugyan nem átmenetesekek normál csillámpala környezetük felé és reliktumok sincsenek bennük, mégis úgy gondoljuk, hogy ezek is hasonlóan jöhettek létre, mint a szürkekvarcitok, csupán metamorf átalakulásuk (kloritosodás, diszténesezés) lehetett intenzívebb, kiterjedvén a muszkovitok zömére is. Az éles (nem átmenetes) elhatárolás pedig talán tektonikus okokra vezethető vissza, amennyiben későbbi horizontális mozgások során eredeti kör-



5. ábra. A $\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ -rendszer magasnyomású fázisdiagramja (SCHREYER és SEIFERT, 1969 nyomán)

Fig. 5. High-pressure phase diagram of the $\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ system (after SCHREYER and SEIFERT 1969)

nyezetüktől elszakított helyzetbe kerülhettek (erre vallhat egyébként határozottabb palásodottságuk, valamint a szegélyeik mentén fel-feltűnő vékony leukofillit-sáv is).

Végső megjegyzés

Mint hogy a nyomás szerepét végig hangsúlyoztuk e dolgozatban, továbbá, hogy e kőzetek különleges kémiai összetétele — főként pedig a fehérkvarcitoké — nagyon közel áll a SCHREYER W. (1974) által ismertetett „fehérpalák” összetételéhez, melyeket nagy nyomáson kísérletileg állítottak elő a négy fő komponensből (MgO , Al_2O_3 , SiO_2 és H_2O), felmerülhet valamiféle kapcsolatuk egymáshoz. MODJTAHEDI M. és WIESENEDER H. (1974) elvetették ennek lehetőségét, LELKES-FELVÁRI Gy. és mások (1982) viszont elvileg lehetségesnek tartják ezt.

Igazi fehérpalák (disztén-talk és egyéb különleges paragenézisek) ugyan nem fordulnak elő itt, de e vizsgálatok eredményeit összefoglaló diagramból (5. ábra) kitűnik, hogy az igazi fehérpalák keletkezésének pt-feltételei (11 kb. és 670°C) alatt a kvarc, disztén és Mg-klorit alkotnak stabilis ásványtársulásokat (l. az általunk bevonalazott területrészt az ábrában), azaz olyan ásványok, melyek a mi kőzeteinkben is döntő szerepűek. Végeredményben tehát azt mondhatjuk, hogy a diszténkvarcitok — különösen pedig a fehérkvarcitok — genetikailag a fehérpalákhoz lehetnének sorolhatók, azok mérsékelt nagy nyomásokon és kissé alacsonyabb hőmérsékleteken keletkezett megfelelőiként.

Irodalom — References

- KIESL, W.—WIESENER, H. és KLUGER, F. (1983): Untersuchungen des Vorkommens der Seltenen Erden und von Thorium in Gesteinen des unterostalpinen Kristallins des Semmering-Wechselseifens — Sitzungsber. d. Österr. Akad. d. Wiss. Mathem.-naturw. Kl., Abt. I., Bd. 192, H. 1—4, pp. 1—20.
- KISHÁZI P. (1977): Contributions to the knowledge of metamorphic rocks of Sopron Hills (Western Hungary) — Verh. Geol. B.-A., H. 2. pp. 35—43.
- KISHÁZI P.—IVANCSICS J. (1985): Genetic petrology of the Sopron crystalline schist sequence — Acta Geol. Hung. 28. 3—4., pp. 191—213.
- KISHÁZI P.—IVANCSICS J. (1985): Egy újabb leukofillit-keletkezési elméletéről — Földt. Kéz. 115. 1—2. pp. 199—204.
- LELKES-FELVÁRI Gy.—SÁRSI, F. P.—VISONA, D. (1982): On the genesis of some leuchtenbergite-bearing metamorphic rocks and their phase relations — Rend. Ital. di Min. e Petr., Vol. 38. 2. pp. 607—615.
- MODJTAHEDI, M.—WIESENER, H. (1974): Entstehung und Zusammensetzung der Leukophyllite (Weisschiefer) in der Ostalpen — Archiv f. Lagerstättenforschung in der Ostalpen. Sonderbd. 2. pp. 189—213.
- SCHREYER, W. (1974): Whiteschist, a new type of metamorphic rock formed at high pressures — Geol. Rundschau, Bd. 63., H. 2. pp. 597—609.
- TOLLMANN, A. (1980): Großtektonische Ergebnisse aus den Ostalpen im Sinne der Plattentektonik — Mitt. Österr. geol. Ges. 71/72. pp. 37—44.
- VENDEL M. (1929): Die Geologie der Umgebung von Sopron. I. Teil. Die kristallinen Schiefer — Mitt. Berg-, Hüttenm. Abt. an d. kgl. ung. Hochschule f. Berg- u. Forstwesen, Sopron, pp. 225—291.
- VENDEL M. (1933): Előzetes közlemény a Keleti Alpok északkeleti részében előforduló leukofillitek származásáról. — Földt. Kéz. LXIII. pp. 57—62.
- VENDEL M. (1972): Über die Genese der „Leukophyllite“ — Tsch. Min. Petr. Mitteil. Bd. 17. pp. 76—100.
- WIESENER, H. (1962): Die alpine Gesteinsmetamorphose am Alpenstrand — Geol. Rdsch., Bd. 52. pp. 238—246.
- WIESENER, H. (1971): Gesteinsserie und Metamorphose im Ostabschnitt der österreichischen Zentralalpen — Verh. Geol. B.-A., H. 2. pp. 344—357.

A kézirat beérkezett: 1985. V. 14.

Contribution to the problematics of the origin of leuchtenbergite-bearing metamorphics in the Sopron area

Dr P. Kisházi and J. Ivancsics

The metamorphic sequence of the crystalline core of the Sopron Mountains and the Fertőrákos Schist Island locally exhibits, in thin stripes, some light rock members (leucophyllites and kyanite quartzites) which, with their particular chemical composition (practically SiO_2 , Al_2O_3 , MgO and H_2O only or varying amounts of K_2O , respectively, constitute them), have for a long time now attracted the attention of scientists. What these rocks have all in common is the appearance of colourless chlorite (leuchtenbergite) which is the carrier of magnesium. Their origin has excited a good deal of controversy. The most common view reckons with Mg-metasomatism. The present writers, in turn, have attempted to have the origin of these rocks too fitted in the overall genetic processes responsible for the birth of the metamorphics occurring here. And they have come to conclude that the kyanite-quartzites were produced by Penninic subduction and the leucophyllites by nappe emplacement as a result of local manifestations of high pressure and a vigorous fluids effect. Attempts have been made at tracing the main episodes in these metamorphic alterations and migrations of material.

Manuscript received: 14th May, 1985.

Новые данные к проблеме образования метаморфитов с лейхтенбергитом из окрестностей г. Шопрон (Западная Венгрия)

Д-р Петер Кшхази, Йенё Иванчич

В метаморфической серии Шопронских гор и сланцевого острова при с. Фертьеракош местами в виде тонких полосок встречаются такие светлые породы (лейкофиллиты и диссеновые кварциты), которые уже давно обратили на себя внимание своим особым химическим составом (слагаясь практически одним кремнеземом, глиноземом, магнезией и

водой при переменном количестве K_2O). Общую особенность этих пород представляет появление в них бесцветного хлорита (лейхтенбергита), носителя магния. Их генезис вызывал многочисленные дискуссии. Наиболее распространенная точка зрения исходит из магниевого метасоматоза. Нами сделана попытка увязать происхождение этих пород с общими генетическими процессами метаморфических пород, развитых в районе, и мы пришли к заключению, что дистеновые кварциты возникли в связи с пеннинской субдукцией, а лейкофиллиты — в связи с надвиганием покровов под воздействием локального проявления высоких давлений и интенсивного флюидного влияния. Нами сделана также и попытка проследить основные моменты метаморфно-метасоматических изменений и миграции вещества.