

## ADATOK A ZÓNÁS PLAGIOKLÁSZOK ISMERETÉHEZ II.

### *A zónás szerkezet és a hőmérsék kapcsolata.*

Irta: vitéz LENGYEL ENDRE dr.\*

— A 2. ábrával s egy táblával a kötet végén, —

Valamennyi tűzeredésű kőzet plagioklászaian előfordulhat zónás szerkezet, de sehol sem olyan jellegzetes és kifejezett e jelenség, mint a neutrális kiömlési kőzetekben. Mélységi kőzetekben ritkábban jelenik meg s tapasztalataim szerint az esetek nagyrésztében nem igazi, változó vegyi összetétellel és fizikai tulajdonságokkal bíró zónásság, hanem csupán a növekedésben beálló megszakadás, úgy, hogy a mag- és csekélyszámú burok között legtöbbször semmiféle vegyi vagy fizikai különbség nem tapasztalható.

A lehülés alkalmával szerepet játszó vegyi és fizikai viszonyok széles skálájú és gyors ingadozása következtében porfirok kőzetekben érvényesül legszebben KONOWOLOV<sup>1</sup>-nak a binár keverékek desztillációjából leszűrt szabálya, amely szerint az először kiváló keverékkristályoknak a magasabb hőfokon olvadó komponensből van feleslegük. És valóban, zónás plagioklászok magja normális — egyenletesen csökkenő — magmalehülés eseteiben mindig anorthit-dúsabb, mint a zónák. Ami az anorthitnak DAY, ALLEN majd BOWEN által megállapított magasabb olvadáspontjával is összhangzásban áll.

Közismert tény, hogy a kristályos-palák alsó csoportjában is megtalálhatók a zónás plagioklászok. A zónasorrend azonban itt mindig fordított, mert a geodynamikus erőhatások fokozatos növekedése következtében a hőmérsék emelkedő tendenciája érvényesül: a mag lesz tehát albitdúsabb, a burok pedig kifelé An-molekulában egyre gazdagabbak.

Magasabb szintben a kristályos-palák felső csoportjában, viszonylagosan jóval alacsonyabb hőmérsék mellett pedig csupán albit jelenik meg, mert bár az összetétel itt is megengedné bázisosabb földpáttag megjelenését, de alacsony hőmérsék mellett a Ca-tartalom más, exothermális ásványvegyületek képzésébe nyer leköttést.

Az újabb fiziko-kémiai vizsgálatokból ismeretes, hogy a mesterséges szilikát-kristályokon megállapított olvadáspontok jóval magasabbak, mint ugyan ezen vegyületek különböző arányú keverék-kapcsolatainak természetes képződésénél szükséges hőfok. Tudjuk továbbá azt is, hogy az izomorf-keverék

\* Előadta a Magyarhoni Földtani Társulat 1927. évi január 6-án tartott szakülésén.

1 H. E. BOEKE: Grundlagen der physikalisch-chemischen Petrographie. Berlin, 1915, p. 156.

szilikátoknak s így a plagioklászoknak nincs állandó és egyénileg jellemző szilárdulási hőfokuk, hanem szilárdulási intervallumuk, amelynek maximuma felett még olvadékok, minimuma alatt pedig már szilárd fázisok. E két véglet közötti halmazállapot viszkózus pép, amelyben kristály és olvadék egyensúlyban fordul elő egymás mellett.

Az első kiválások következtében — KONOWALOW tétele szerint azoknak a magasabb hőfokon olvadó komponensből lévén fölöslegük — megváltozik az oldat összetétele s mivel szilárd állapotban szilikátoknál diffúzió igen nehezen megy végbe, a hőmérsékcsökkenéssel párhuzamosan változó összetételű keverékolvadék a legelőször kivált magot bekérgezi. A frakcionált kristályosodásnak e neme jellemző a zónás plagioklászokra is, ahol a legelőször kivált kristály a fokozatosan lehülő olvadékkal kicserélődés által nem juthat egyensúlyba s az alacsonyabb olvadáspontú alkatrészekben gazdagabb vegyületek rétegek formájában rakódnak egymásra.

DAY ALLEN majd újabban BOWEN körültekintő vizsgálataiból tudjuk, hogy az olvadáspont a plagioklászok összetételével állandóan változik s hogy csak az anorthitnak van éles olvadáspontja. A savanyubb triklin földpátoknál kisebb-nagyobb szilárdulási idő- illetve hőmérsékköz jelenik meg, sőt a legsavanyubb összetételű albit olvadásfokának meghatározása a reakciókkal való tehetetlenségünk következtében igen nehezen vihető keresztül s csak olvadásmaximuma határozható meg  $\pm 10^0$ -os korrigálási hibával.

BECKE és BRAUNS a plagioklászok zónás szerkezetének előidéző okául a magma vegyi összetételének fokozatos megváltozását tekintették. A nyomás, hőmérsékváltozás, ásványképző tényezők jelenléte szerintük alárendelt szerepet játszik. BOWEN<sup>3</sup> ezzel szemben sztatikus kísérletekkel igazolta, hogy a plagioklász-keveréksorozat kristályosodása olvadáshőjükkel áll egyenes arányban. A vegyi összetétel és szilárdulási hőmérsék egymással párhuzamos, fokozatosan emelkedő, illetve sülyedő pályát fut meg. A keverék-kristályok összetételének egyenlete szerinte csupán a két keverék-komponens olvadáshőjét tartalmazza.

Valamely földpátkeverék olvadáspontja tehát függ a keveredési aránytól s bizonyos mértékben az esetenkénti nyomástól, amellyel az olvadáspont arányosan változik és mindig alatta áll az alkotó komponensek olvadáshőjének. Keverékolvadéktól e szerint a kiválás már a magasabb olvadáspontú alkatrész szilárdulási hőmérsékmaximuma alatt bekövetkezik. Mivel pedig a két izomorf alkatrész olvadáshője különböző s az olvadéktól egyszerre nem válhatik ki, az először kiváló kristálymagvak a nehezebben olvadó, tehát magasabb olvadáspontú alkatrészből tartalmazznak többet, amelyeket a későbbi, alacsonyabb hőmérséknél megszilárduló keverékolvadékok burok alakjában vesznek körül.

A dunazughegységi andezitek zónás plagioklászainak vizsgálata közben különös figyelemmel kísértem azokat a jelenségeket, amelyek a vegyi össze-

<sup>2</sup> F. BOEKE: *Tschermak's Mitt.* 1906. 25, 1.

<sup>3</sup> H. E. BOEKE: *Grundlagen der phys.-chem. Petrographie.* Berlin 1915. p. 157.

tétel és hőmérsék kapcsolataira utalnak és tapasztalataimat röviden a következőkben összegezhetem:

Minden megfigyelésem a mellett tanuskodik, hogy a földpátkeverékek kiválásánál a magma adott vegyi összetételén belül kiömlési kőzetekben a nyomás alárendelt szerepe mellett elsősorban a hőmérsék a döntő tényező. Különböző hőmérséken eltérő a földpátkeverék-olvadékok koncentráció képessége, ami az adott vegyi összetétel határain belül az Ab- és An- molekulacsoportok kapcsolatmódozatában illetőleg arányában nyilvánul meg. Kiömlési kőzetekre épen a nagy nyomás alól való felszabadulás s a gyorsabb ütemű hőmérsék-csökkenés a jellemző, amely nemcsak kedvező alkalmat nyújt, de egyenesen kényszerítőleg hat a zónák lerakódására. Ha a nyomás a zónális felepitésben döntő szerepet játszana, mélységi kőzetek megszilárdulásánál bőséges alkalom kínálkozna e tényező irányító befolyására. A lehülés azonban itt végtelenül lassú folyamat lévén, zónás szerkezet már csak azért sem jelenhetik meg, mert a rendkívül hosszú ideig tartó magas temperatura következtében bő alkalom kínálkozik a földpátmolekuláknak a magmatikus összetétel összefüggő csoportosulására: egységes földpátanyag kiválására.

Ezzel szemben andezitvizsgálataim alapján általánosítható törvényszerűségnek tűnik fel, hogy kiömlési kőzetekben, amelyeknek megszilárdulása gyorsütemű hősülédés és aránylag kicsiny nyomás mellett történik és ahol az effuzió alatti és utáni vegyi és fizikai feltételek még kedvezők voltak rövidebb-hosszabb ideig a kristályok továbbnövekedésére, zónás szerkezet elkerülhetetlen. Alig van andezitfajta, melynek plagioklászain a megszilárdulás alatti hőmérsék-csökkenéssel mindenkor szorosan összefüggő és szerfelett változatos megjelenésű zónásság felismerhető ne volna.

A nagyméretű földpátgyéneken rendszerint több a zóna, a kisebbeken kevesebb, míg végre a mikrolithokon legtöbbször hiányzik. Minél nagyobb időköz telt el a kristályközpontok fellépésében, annál eltérőbbek nagyság tekintetében a porfiros földpátkristályok és minél hosszabb ideig vesztegelt kedvező körülmények között a magma a földpát kiváláshoz szükséges hőmérsékoptimumon, annál nagyobb viszonylagosan a mag. És végül: minél több időt vett igénybe a kiömlött magmatömeg lehülése, annál nagyobb és finomabb átmenetű a magot körülfogó zónák száma.

Hirtelenül lehülő, üveges, aprókristályos kőzeteknél (Kis Kik pyroxenamfibolandezitje) a zónás szerkezet megtalálható ugyan, de nem kifejezett. A határvonalak elmosódtak s az egyes tagok extinkciója között kicsiny a különbség. Nyilvánvaló, hogy ilyen esetekben — aránylag kisméretű magmatömegekben — nem állott rendelkezésre elegendő idő- és hőmérsékoptimum zónalerakódásra, tehát nagyobb variációjú földpáttagok kiválására.

A legkülső zóna igen sok esetben élesen elkülönül a többitől. Eltekintve azon esetektől, amikor ez a határozott fizikai elkülönülés a belső, bázisosabb burkok nagyobbméretű elváltozásának következménye, — a külső, üde zóna optikai sajátosságai (fénytörés  $< 1.54$ ; extinkció 3—4<sup>0</sup>) egybehangzóan arra



vallanak, hogy albithoz közelálló savanyúságú. Ilyen esetekben fel kell tételeznünk, hogy a magma általános vegyi összetétele ilyen savanyú földpáttag kiválását, földpát és kvarz eutektikumából álló alapanyagának megmerevedése előtt megengedte.

Különösen felzites alapanyagú, savanyúbb andezitekben határolja a plagioklászokat élesen elkülönülő, a többi zónáknál szélesebb külső, savanyú burok, jeléül annak, hogy növekedése egyenletesen gyorsuló magmalehülés mellett, a savanyú földpátkeverékekre jellemző széles szilárdulási intervallum következtében, hosszú ideig tartott zavartalan fizikai viszonyok között. E megfigyelés összhangzásban áll az albitfajok széles szilárdulási-hőmérsékközével, amelynek maximuma  $1100^{\circ}$  körül van, de — laboratoriumi vizsgálatok tanúsága szerint — a hőhatár bizonytalan szélességben folytatódik a minimum felé.

Ha már most abból az alapfeltevésből indulunk ki, hogy izomorf-zónáság esetében az egymásra következő burkok kiválása fokozatosan csökkenő hőmérséken történt, fel kell tételeznünk, hogy minden egyes burok az illető földpátkeverékre jellemző hőintervallumot képviseli, melyet DAY és ALLEN kísérleteik során az egyes tagokra megállapítottak.

De viszont az a tény, hogy a zónás szerkezet külső megnyilvánulásban nem fokozatos és átmenetnélküli, hanem egymástól élesen elhatárolt zónákba különülő, amelyeken belül viszont egyöntetű — azt a feltevést veti felszínre, hogy az Ab- és An-molekulák nem alkotnak minden elképzelhető arányban izomorf-keveréket, holott az elméletileg várható volna, hanem vagy az egyes zónák lerakódási ideje alatt szünetel bizonyos határok között a hőmérsék iránti érzékenység s ez esetben a zónák nagyobb variációjú keveréktagokra jellemző hőintervallumot képviselnek vagy pedig egyre nehezebbé válik a fokozatosan lehülő és egyre viszkózusabbá váló magmaolvadékból a hőmérséknek megfelelő keverékmolekulák szilárd fázissá történő csoportosulása. Úgy, hogy joggal feltehető, hogy a zónák szélessége a lehülés gyorsabb-lassúbb ütemével áll egyenes arányban. U. i. azonos koncentrációviszonyok feltételezése esetén minél keskenyebb valamely zóna, annál rövidebb ideig tartott az illető keveréktag kiválása, tehát annál gyorsabban esett át a magma az illető földpátkeverékre jellemző hőintervallumon. És viszont: minél szélesebb a zóna, annál lassabb ütemben ment végbe viszonylagosan az illető keveréktagra jellemző hőmérsékcsökkenés, annál lassabb volt tehát a lehülés üteme s egyben annál több idő állott rendelkezésre azonos összetételű zónák növekedésére.

Ha tehát — azonos vegyi és fizikai viszonyok között — egyenletesnek tételezzük fel a kristályosodási gyorsaságot, amit újabb kísérletek is igazolnak, a zónák változó szélessége a magmabeli hőmérséktségűledés folyamatáról nyújt hű képet. A mag még stabilis hőmérséklet mellett növekedett a meglévő nagyságúra, de a zónák megjelenése már a magma — földpátkeveréktagokat jellemző, kritikus kristályosodási hőjének gyorsabbmenetelű csökkenéséről tesz bizonyosságot. Úgy, hogy ebben az értelemben a kiömlési kőzetek porfirok földpátjai

nem tekinthetők a szó szoros értelmében intratellurikusoknak — amint azt *Rosenbusch* elmélete tanítja, — mert a zónás plagioklászok közelebbi vizsgálata azt mutatja, hogy növekedésük főként az effuzió alatt és kis részben után ment végbe, tehát tulajdonképpen a teljes magmamegszilárdulás időpontjáig folytatódott. Még aránylag legnagyobb mélységben jött létre — a kiválásra kedvező hőmérséklet bekövetkeztével — a kristálymag, amelynek további, zónális növekedése már részben hypabisszikus mélységben, részben a felületen ment végbe. Ez utóbbi eset kizárólag nagyobb tömegű, lassan lehülő effuzív tömegekre nézve áll, amint az az Etna fiatalkorú látatömegei földpátjain is tapasztalható.

Mivel a magmalehülés menete és a zónaszélesség között szoros kapcsolat áll fenn, igen valószínű, hogy ugyanazon hőmérsék és kristályosodási készség mellett pl. egy 2  $\mu$ -os szélességű burok lerakódásához kétszer annyi idő szükséges, mint az 1  $\mu$ -oséhoz. Nem messzefekvő dolog tehát — kellő laboratoriumi kísérletek birtokában — hogy a földpátok zónáinak viszonylagos mértékegysége alapján s a földpátmolekulák vonzási koefficiensének ill. növekedési gyorsaságának ismerete segítségével — a kiválás, a kristályosodás időtartama, tehát magának az effuzív magmatömegnek lehülési azaz megszilárdulási gyorsasága is megállapítható lesz.

Rendkívül érdekes eredményekre jutunk abban az esetben, ha orientált, lehetőleg ikermentes földpátmetszeteken (010 lappal  $\parallel$ ) a zónák szélességét az optikailag meghatározott Ab-An keverékaránnyal, illetőleg a neki megfelelő szilárdulási hőmérséklettel állítjuk párhuzamba.

Több száz metszet változatos, néha bonyolult felépítésű zónás-szerkezetének vizsgálatából a zónásságnak különböző típusait sikerült felismernem, amelyekre a komplikált zónásstrukturák visszavezethetők.

Ha ugyanis valamely koordináta-rendszer ordinátájára az Ab-An keverékarányt, abszcisszájára a vegyi összetételnek megfelelő szilárdulási hőmérsékletet vezetjük, a metszéspontok — vázlatos feltüntetésben — a következő görbéket adják (1. táblázatot):

1. típus. Hozsantartó és egyenletes lehülésnél a burok megközelítőleg egyenlő szélességűek. Nagyobb fokú eltérés csupán a mag s a legkülső burok méretében észlelhető. Grafikusan a lehülés menetét fokozatosan sülyedő, merészen ívelő parabolyszerű görbével ábrázolhatjuk, amelyen az esetleges hirtelen hőmérsék ingadozásoknak megfelelőleg kisebb kilengések is megjelenhetnek. A kristályosodási görbe a mag kiválása alatti kezdeti szakaszon — a kristálymag esetenkénti méretének megfelelőleg — vízszintes. A legkülső zónának sokszor a többitől élesen elkülönülő savanyúsága következtében a görbe alsó ága erősen közeleg az albit hőmérsékmaximumához. A zónák e típusnál hosszú szakaszon közelálló szélességűek, de általában keskenyek s rendkívül finom átmenetűek. Főként nagytömegű, lassan lehülő piroxenandezitek (Dömörkapu, Bölcsőhegy) plagioklászain ismerhető fel az izomorf zónás-strukturának e neme.

2. típus. A Szentendre-visegrádi hegység savanyúbb andezitjeire jóval jellemzőbb — uralkodólag megjelenő kisebbtömegű lávapadok, áruk, agglomeratumos tufák és breccsák esetén — az egyenletesen gyorsuló lehülés, amelynek grafikonja ferdén sülyedő, meg-megtörő vonalat ad. A görbe felső ága a mag viszonylagos nagysága szerint — kisebb-nagyobb szakaszon itt is közel horizontális, mert a mag kiválását megközelítőleg azonos hőmérsékleten kell feltételeznünk. Alsó ágának hajlásiránya sok esetben albithez közelálló tagra vall a vele kapcsolatos hőmérsék következtében. Tiszta albit jelenléte azonban még az elkülönülő legkülső búrok esetén is igen ritkán állapítható meg, aminek magyarázata minden valószínűség szerint abban rejlik, hogy tiszta albit kiválását a földpát-kvarz eutektikumot alkotó alapanyagoknak hirtelen bekövetkező megszilárdulása akadályozza meg. Az egymásra következő zónatagok néha már eltérő szélességűek: a belső, magra következő burkok rendszerint szélesebbek, a kifelé jövők fokozatosan keskenyebbek, az egyenletesen gyorsuló lehülés ütemének megfelelőleg.

3. típus. Az izomorf-zónás szerkezetnek érdekes képét mutatják azok az esetek, amikor a zónák többször váltakozva, eltérő szélességűek. Igen könnyen rekurrens-zónásságnak tűnnek fel, közelebbi vizsgálatuk folyamán azonban kiderül, hogy az egymásra következő burkok eltérő szélessége nem ugrásszerű vegyi-összetétel ingadozást, hanem csupán a lehülés menetében beállott többszörös lassúbbodást képvisel, amikor ugyanis jóval szélesebb, de anyagilag egyöntetű zónák lerakódására kínálkozott kedvező alkalom.

4. típus. Ha a magma vegyi összetételében hirtelen változás áll be vagy a megszilárdulás nyugodt menetét zavaró okok következtében a lehülés alatti hőmérsékben ugrásszerű ingadozás (legtöbbször emelkedés) következik be, izomorf-zónásság helyett rekurrens-zónás szerkezet lép fel, amelynek görbéje vizsgálataim szerint — többszörösen, de mindig negatív sülyedő tendenciával visszaemelkedő. Teljesen fordított zónásságot (invers) sohasem tapasztaltam, s ez az ásványkiválás ismeretes vegyi és fizikai törvényszerűségei mellett kizárt dolog.

Rekurrens-zónás földpátok grafikonja tehát — az esetenkénti rekurrenciák (leginkább egy-kettő) száma szerint — többszörösen visszaeső görbe vonalat ad. Emelkedő részei a bázisossági (egyben magasabb olvadáspontú) ismétlődéseket jelzik, amelyek azonban kifelé haladó sorrendben az előzőknél legtöbbször savanyúbb keveréktagot képviselnek.

A zónás szerkezetnek itt ismertetett tiszta típusai ritkán fordulnak elő. Körültekintő vizsgálataim arról győzték meg, hogy a szilárduló földpátkristályok a vegyi és fizikai változások iránt bizonyos határokon belül, az Ab-An-molekulák arányváltozásával reagálnak s zónális felépítésben a legtöbb plagioklász a fenti típusok változatos és közelebbi tanulmányozásra érdemes kombinációja.



*Fouquè* az 1890-es években nem tartotta valószínűnek, hogy az albit és anorthit között megszakítatlan keveréksorozat áll fenn; vizsgálatai alapján 8-9 „typust“ különböztetett meg, amelyek szerinte nincsenek átmeneti tagokkal összekötve, de izomorf tulajdonságaik folytán egymásra rakódhatnak és keverékkristályokat alkothatnak. Amint tudjuk, később TSCHERMAK gondos vegyelemzések alapján felállította keverékelméletét, mely szerint az összes triklin földpátok a két határtag (Ab-An) között mindenféle, elméletileg lehetséges, keverékarányban alkothatnak kristályokat.

A nélkül, hogy e fizikai (főként optikai) vizsgálatokkal is támogatott elméletnek helyességét csak távolról is érinteni kísérelném, a zónás plagioklászok vizsgálatából, mint tapasztalati tényt, a következőket szűrhetem le:

Dacára a két szélső földpáttag között feltételezhető végtelen keveredési lehetőségnek, a kőzetek világában mégis mindössze 10-12 földpátfajta fordul elő, mely gyakoriságánál fogva önálló földpáttag benyomását kelti. És bár a kiömlési kőzetek plagioklászain is adva van a vegyi és fizikai alkalom, hogy az elmélet kézzelfoghatólag beigazoltnak bizonyuljon és az összetételnek és hőmérsékcsökkenésnek megfelelőleg számtalan földpátkeveréktag keletkezzék, vizsgálataim azt a valószínűséget támogatják, hogy különböző, a fiziko-kémiai vizsgálatok során még végérvényesen nem tisztázott okokból, de feltehetőleg a magma adott vegyi összetételéből s a fennálló fizikai viszonyoktól függően, főként strukturmolekuláris okok következtében nem jelennek meg az összes lehetséges keverékkristályok zónák alakjában. Összetételbeli éles ugrások, megszakadások lépnek fel közöttük, amelyek fontos közetfiziológiai mozzanatokkal függnek össze.

Az élesen határolt zónák megjelenése azt bizonyítja, hogy a hőmérsékcsökkenésnek megfelelően nem volt fokozatosan savanyodó a kiváló földpátkeverék, hanem meglehetősen széles (az egyes Ab-An keveréktagokra individualisan jellemző s a lehülés ütemétől is függő) hőintervallumon belül, tehát hosszabb ideig lehetséges volt ugyanolyan összetételű földpátfaj kiválása. Majd bizonyos hőminimum alatt zökkenésszerűleg megszűnt a továbbrakódás s éles határral új, jóval savanyúbb összetételű keveréktag kiválása kezdődött el. E feltevés mellett szól az a tény, hogy savanyúbb andezitekben, — melyek aránylag rövidebb idő alatt merevednek meg — sokkal élesebb körvonalú, feltűnőbb és kevesebb tagból álló a zónásság, mint bázisosabb kőzetekben. Gyorsabb ütemű hőmérsékváltozásnak gyorsabb fajváltozás a következménye. Nem lehet meg bennük tehát az átmeneteknek az a széles skálája, mint a lassabban lehülő bázisos kőzetekben, Valószínűleg e savanyúbb összetételű, effuzivumokban a magma viszkózusabb természete is útját állja vagy legalább is megnehezíti a földpátmolekulák hajlékonyabb csoportosulását.

*Becke* felfogása szerint a zónásság legfőbb oka a magma vegyi összetételének fokozatos megváltozása, amely egyre szegényebb lesz nehezebben olvadó, bázisosabb alkatrészekben. De, ha a zónásság keletkezésénél döntő szerepet a vegyi összetétel játszik s a vegyi változás fokozatos, miért nem folytonos és átmenetnélküli a burkok egymásra rakódása? Miért jelenik meg

egyáltalán zónás szerkezet? A vegyi összetétel végnélküli átmenetének megfelelőleg optikailag hullámszerű, ívben áthajló, megszakítatlan elsötétedésnek kellene jelentkeznie. Feltehetőnk ugyan azt is, hogy anyaghiány lenne oka a zónális szerkezetnek. Hogy időnként elfogy a szilárduló kristályok körzetéből a földpát anyag egyik-másik alkotórésze s az új keveréktag fellépése okozza a zónás felépítést. Ez esetben meglehetősen rapszodikus volna az egymásra következő zónák sorrendje. S a növekedésben beálló pillanatnyi fennakadás következtében idegen testek sodródának és kebelezetnének be a zónák közé, amit nem figyelhetünk meg. Elsődleges zárványok körül zónás elrendeződésben uralkodólag üveg (alapanyag), folyadékcsöppeket és gázbuborékszárványokat ismerhetünk fel, amelyek azonban a kristály növekedésénél állandóan jelen vannak s amelyek közül az utóbbiak a magma gázokban való momentán szegénységét vagy gazdagságát fejezik ki.

Annak feltevésénél, hogy élesen határolt zónás szerkezet létrejöhet, két eshetőség nyomul előtérbe: Vagy a porfiros földpát kerül magmalehülés közben változó összetételű magmarészekbe, amely esetben kizárólag rekurrens-zónás földpát képződése válna lehetségessé. (Hiszen a növekvő kristály abszolút nyugalomban még zárt, mozdulatlan magmatömegek esetén is alig képzelhető el.) Vagy a hőmérséklet ingadozása váltja ki eltérő összetételű és olvadáspontú földpátkeverék kiválását, amely esetben úgy izomorf- mint rekurrens-zónás kristályképződés lehetséges. Ha a hőmérsékcsökkenés nem játszana irányítóan fontos szerepet e folyamatoknál, úgy invers-zónásság is létrejöhetne, mert a kristály mozgása közben An-dús magmarészeket mindig találhatna. Vizsgálataim alatt azonban nem találtam erre példát.

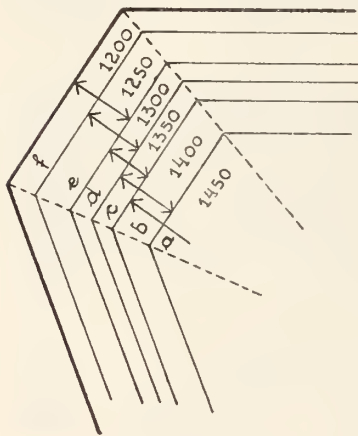
A zónás szerkezet keletkezésének helyes értelmezéséhez a fiziko-kémiai vizsgálatok már említett újabb eredményei nyújtanak útmutatást és segédkezet.

A vegyi összetétel a szilárdulási hőmérséklettel szoros kapcsolatban egyenletesen emelkedő vagy süllyedő pályát fut meg, amely grafikusán görbe vonallal ábrázolható. A tiszta földpáttagokkal végzett mesterséges olvadási kísérletek legalább ezt igazolják. Természetes földpátkristályok létrejötténél azonban — a praeeisztáló sok mellékkörülménynél fogva — vegyi összetételük és a hőmérsékviszonyok kapcsolatában nincs meg a tökéletes párvonalasság. Az egyenletes hőmérsékingadozást nem követi lépésről-lépésre párhuzamos fajváltozás. Hézagok, ugrások jönnek létre, amelyek a zónás földpátok sajátos szerkezetében nyilvánulnak meg.

E tünemény megmagyarázásánál a hőmérsékkel és a szilikátok általános és jellemző negatív tulajdonságával, a viszkozitással kapcsolatban, strukturmolekuláris okok nyomulnak előtérbe. A zónás szerkezet e tényezők koordinatív összefüggésének következménye. Ezeknek szem előtt tartásával válik érthetővé, hogy a földpátok vegyi összetételének alkalmazkodása a hőmérsékingadozásokhoz nem tökéletes. Aminek következménye, hogy a kristályok legtöbbször ugrásszerű keverékviszonyban, zónás szerkezettel növekednek. Az először kiváló keverékkristálymagok legtöbbször



függetlenek a magmaolvadék általános összetételétől s csupán a kritikus szilárdulási hőmérsékkel állanak összefüggésben. És a később megjelenő burkokkal szemben abból a keverékkomponensből bírnak felesleggel, melynek megjelenése az olvadásgörbe emelkedését vonja maga után. A magra rakódó zónák földpátanyaga szerkezetmolekuláris okok következtében nem követheti szigorú párhuzamban a hőmérsék egyenletes süllyedését, hanem bizonyos — a földpáttagokra jellemző — szélesebb-keskenyebb hőintervallumon ugyanazon földpát faj kiválása válik lehetségessé. Úgy tűnik fel a dolog, mintha minden megjelenő keveréktagnak — bizonyos hőmérsék-határok között — veszteglő állomása lenne. Majd a már



2. ábra.

kiválásukra kedvezőtlen hőmérsékminimum beálltával, lépcsőzetes lezökkenéssel, ugrásszerű éles elhatárolódásban új, jóval alacsonyabb olvadáspontú, tehát viszonylagosan savanyúbb keveréktag jelenik meg. Minden egyes földpátzónára tehát bizonyos szilárdulási hőmérsékoptimum jellemző, amelyen hosszabb ideig vesztegelnek s amelynek megszűntével éles, zónális elkülönülésben savanyúbb földpátkeverék jelenik meg.

TSCHERMÁK keverékelmélete és az andezitek zónás plagioklászainak vizsgálatából leszűrt — azzal látszólagos ellentétben álló — eredmények a legteljesebb összhangzásba hozhatók. Ab-An molekulakapcsolatok minden arányban létrejöhetnek. A földpátok zónás szerkezetének keletkezésénél azonban az adott magmatikus összetételen belül a hőmérsék rendkívül fontos szerepet játszik, amelynek fokozatos süllyedését vagy ugrásszerű ingadozásait a viszkosus szilikátolvadékok csupán élesen határolt zónális továbbnövekedésben képesek követni.

Úgy tűnik fel a folyamat, mintha az egyes földpátkeverékek szilárdulási hőmérsék-intervallumai átnyúlnának egymásba, amikor egyik magasabb olvadáspontú földpáttag szilárdulási minimuma szélesebb sávban a rákövetkező savanyúbb tag minimumával esik össze. És e hőmérsékhatárok között homogén földpát faj kiválása válik lehetségessé, zónaszerű, éles elkülönülésben. (L. 2. ábrát.)

A plagioklászok zónális továbbnövekedése problémájának végleges megoldása — a többi hasonló felépítésű közetalkotó ásványéval együtt — kellő laboratóriumi kísérletek birtokában lesz eszközölhető.