

osztályai, a főiskolai, egyetemi természettudományi tanszékek, melyek célkitűzése, feladata, működése szintén a természettudományok fejlesztése és terjesztése, mit százesztendőös Társulatunk. régi nagybecsű hagyományaihoz híven, teljes erővel, lelkes odaadással művel.

Dr. Zimmermann Ágoston.

A gránit eredetéről és a kőzetasszimilációról.

A természettudományok, különösen pedig az ú. n. természetrajzi tudományok a kezdeti fokon megelégedtek a természeti tárgyak és tünemények egyszerű leírásával. Nem nagyon kutatták a jelenségek közötti okozati összefüggéseket, még kevésbbé keresték a természeti tárgyak eredetét és keletkezési módját. Idővel azonban az ismeretek tárgya számban nagyon megnövekedett, szükségessé vált a rendszerezésük, amivel együtt járt a származás, a keletkezés módjának a kutatása is.

Az alábbiakban csak néhány szemelvényt kívánok arra nézve nyújtani, hogy a földtani tudományok egyikében, a kőzettanban, az utóbbi időben a genetikai körülmények kutatása milyen bámulatos léptekkel haladt előre.

Már néhány évtized óta általánosan elfogadott szokás volt, hogy a kőzeteket keletkezésük alapján három csoportba sorozzuk: 1. eruptív, 2. üledékes, 3. metamorf kőzetek. A három csoportot a közelmúlt elgondolásai alapján igen egyszerűen jellemeztük. Az eruptív, vagy feltörési kőzetek a szilárd földkéreg alatt helyet foglaló izzón folyó olvadékkoldat, az ú. n. magma (görög szó, mely téstát jelent) felnyomulása révén keletkeztek; épp ezért szokás őket magmatikus kőzeteknek is hívni. A magmazóna mai ismeretünk szerint körülbelül 100 km, sőt talán már 60 km mélységben kezdődik. Ha valamilyen földkéregmozgások lehetővé teszik, akkor a magma felemelkedik és benyomul a szilárd kéreg felsőbb részeibe és ott megmerevedik, illetőleg kikristályosodik, benyomulási, vagyis intruzív kőzet lesz belőle, amilyen pl. a gránit. Más esetekben a magma mint láva feltódul egészen a Föld felszínére és ott szétömölve megmerevedik; ilyen módon keletkeznek a kiömlési vagy effuzív kőzetek, amilyen pl. a bazalt.

A kőzetek a Föld felszínén elmállanak, felaprozódnak és részben kémiaiilag is elbomlanak, feloldódnak; a mállási termékek megfelelő medencékben, a tengerekben lerakódnak, illetőleg kémiaiilag kicsapódnak és így üledékes kőzetek keletkeznek belőlük, amilyen pl. a homokkő, az agyag, a mészkő, a dolomit, a kőszó.

Végül bármilyen kőzet, különösen ha a földkéreg mélyebb részeibe és ott magasabb hőmérséklet és nagyobb nyomás alá, szóval megváltozott fizikai körülmények közé kerül, akkor nagyfokú átalakuláson, ú. n. metamorfózison esik át, vagyis metamorf kőzet lesz belőle. Ilyen metamorf kőzetek főképen a kristályos palák, pl. gnájsz, csillámpala, agyagcsillámpala.

A kőzeteknek e három csoportba való beosztása: magmatikus vagy eruptív, üledékes és metamorf kőzetek, mind a mai napig általánosan el van fogadva.

Azonban már a század elején feltűntek olyan elméletek, amelyek a kőzetek fent elmondott genezisét nem találták ilyen nagyon is egyszerűnek. Ma pedig már biztosan állíthatjuk, hogy az eleinte teljesen fantasztikusnak látszó újabb

elméleteknek komoly alapjuk van, sőt tényekkel is igazolhatók. Ezekből az elméletekből kívánok szemelvényeket nyújtani.

*

Legérdekesebbek a gránit eredetére vonatkozó elméletek. Régente úgy gondolták, hogy az egész szilárd földkéreg alatt valami teljesen egynemű ősmagma, vagyis egynemű szilikátolvadék-oldat foglal helyet, melyben idővel a kémiai alkatrészeknek egymástól való bizonyos elkülönülése következik be; e folyamatot magmatikus differenciációnak hívjuk. E folyamat révén a magmában egyes helyeken jobban felszaporodik a kovásav (SiO_2), az alumíniumoxid (Al_2O_3) és ezekkel együtt az alkáliak is (K_2O és Na_2O); így olyan részmagma jön létre, mely felnyomulva gránittá merevedik meg. Utóbbi kőzetnek ásványos főlegyrészei a következők: ortoklász-földpát ($KAlSi_3O_8$), csillám ($KH_2Al_3Si_3O_{12}$) és kvarc (SiO_2). A magma más pontjain a mész-, vas- és magnéziumtartalom gyarapodik meg, tehát e részmagma a felnyomulása után megfelelő szilikátok elegyév fog kikristályosodni, pl. bazalttá fog megmerevedni, melyben a mész-földpát ($CaAl_2Si_2O_8$), az augit [$Ca (Mg, Fe) Si_2O_6$], az olivin [$(Mg, Fe)_2SiO_4$] és a mágnesvas (Fe_3O_4) az uralkodó elegyrészek. Az újabb megfigyelések és megfontolások azonban azt bizonyítják, hogy a gránitok eredetét nem lehet ilyen egyszerűen megmagyarázni.

Földünk kérgében a gránit a legnagyobb tömegben megjelenő magmatikus kőzet. A régi hegységekben úgyszólván csak a gránitok képviselik a magmatikus eredetű kőzetet. A fiatal hegységekben is a mélyebb szintekben főképen gránitot találunk és minél mélyebbre hatolt a fiatal hegységben az erózió, annál több gránitot tárt fel. Mai tudásunk szerint a szilárd földkéreg külső része gránitos összetételű; ezt a kéregrészt ma röviden *sial*-nak hívják, mert az ásványok, amelyek benne uralkodnak, főképen alumíniumszilikátok. A *sial* műszót a *silicium* (*Si*) és *alumínium* (*Al*) elemek kezdőbetűiből alkották. A *sial* kova- (SiO_2)-tartalma 70–72%, sűrűsége 2.8. A 20–40 km vastag *sial*-zóna alatt geofizikai és egyéb megfigyelések alapján a *sima*-öv következik (a *Si* és magnézium, *Mg* elemek kezdőbetűiből alkotott műszó), mely már nagyobb tömegű vas- és magnéziumszilikátot tartalmaz, kova- (SiO_2)-tartalma 46–48%, sűrűsége átlag 3.05; körülbelül 60 km mélységig terjed és bazaltos összetétele van. Úgy gondolják, hogy a *sima* alatt a bazaltos *substratum* következik, mely az uralkodó nagy nyomás folytán üvegszerű állapotban van. Ezeknek a geofizikai megállapításoknak, melyek szerint a kovatartalom a kéregben lefelé haladva csökken, ellentmondanak a földtani megfigyelések, hiszen az erősen lepusztult vidékek, mint amilyen Finnország és Skandinávia, ahol körülbelül 50 km vastag külső kéregrészetet hordott le az erózió, éppen a gránitot tárják fel.

A geofizikai megállapítások szerint tehát lefelé a kovatartalom csökken, míg a geológiai megfigyelések szerint a kéreg gránitos összetételű, tehát kovatartalma nagy.

ESKOLA finn kutató ez ellentmondás kiküszöbölésére igen érdekes elméletet állított fel, melyet sok megállapítással és megfigyeléssel igyekszik bizonyítani.

Midőn valamely magma kristályosodik, akkor a keletkező ásványok bizonyos sorrendben kristályosodnak ki. Legelőször válnak ki a vasmagnézium-

szilikátok, pl. az olivin $(Mg, Fe)_2SiO_4$, mely ásványoknak csekélyebb a kovatartalma; utánuk a kovában gazdagabb ásványok, pl. földpátok kristályosodnak ki, legutolsó szokott lenni a tiszta kova, vagyis a kvarc. Ennek alapján nyilvánvaló, hogy a sima (bazaltos magma) kristályosodása alkalmával, midőn az anyagnak nagyobb része már megmerevedett, a még folyós magmamaradék kovában gazdag, vagyis gránitos összetételű. A földkéregben történő elmozdulások alkalmával ez a gránitos magmamaradék a már kikristályosodott bazaltos tömegből mint valami szivacsból kipréselődhet és miután sűrűsége kisebb, a kéreg felsőbb részeibe, főképp a redők boltozataiba, az antiklinálisokba nyomulhat be, ahol mint gránit merevedik meg. E folyamatok révén a külső kéreg gránitburka folyton vastagodik, azonban a *b a z a l t s u b s t r a t u m* a gránitalkatrészekben folyton szegényedik.

Ha azonban a földkéregben végbemenő elmozdulások alkalmával valamely közettömeg megint mélyebbre süllyed le, akkor e tömegben az ásványos elegyrészek a hőmérséklet emelkedése folytán fordított sorrendben fognak megolvadni, mint amilyen sorrendben a tömeg kihülése alkalmával kikristályosodtak, szóval fokozatos felolvadás fog bekövetkezni.

A földkéreg mozgásai és gyűrődései folytán nagy tengermedencék, ú. n. szinklinálisok keletkeznek, amelyekbe a mállási termékek behordatnak, hogy üledékes kőzetekké, pl. homokkővé, márgává stb. legyenek. E kőzetek a kéregben végül oly mélységbe kerülhetnek, hogy bizonyos elegyrészeik megolvadnak. Nyilvánvaló, hogy legelőször azok az elegyrészek olvadnak meg, amelyeknek összetétele a gránitéhoz hasonló kémiai összetételű. A felhevített üledék likacsaiiban tehát gránitos összetételű olvadék keletkezik. A hegyképző mozgások alkalmával ez a gránitos pórúsolvadék-oldat mozgásba jön és miután sűrűsége kicsi, a szinklinálisok gyökérrégiójából a fedőrészeket átítatja, bizonyára felveszi magába az ott található nedvességet is, megemészti az ottani könnyen olvadó anyagokat, a további gyűrődések alkalmával összegyűrődik a jelenlévő tömeggel és mindfeljebb emelkedik. A gránitos pórúsoldatot SEDERHOLM *i c h o r*-nak nevezte el, míg ESKOLA mintegy *i z z a d s á g*-nak tekinti azt, mely a hegyképződéskor felfelé törhet. A pórúsolvadék a felemelkedés alkalmával megemészti különféle anyagokat és így olyan keverék keletkezik, melyet ma általánosan *m i g m a* névvel illetnek.

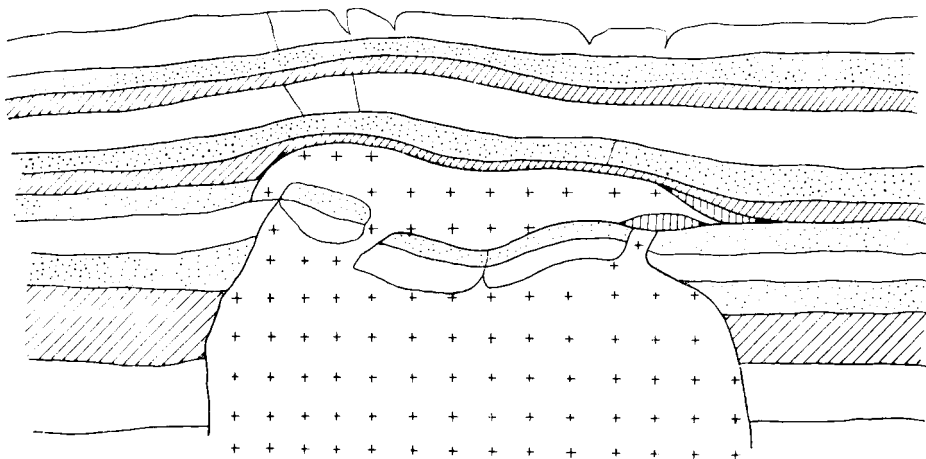
A fenti elgondolás nagyon újszerű; eleinte talán fantasztikusnak is látszik e folyamat: a magmatikus kőzet elmállik, a mállási termékek behordatnak a szinklinális medencékbe, ott mint üledékek lerakódnak, majd mind mélyebbre süllyedve, részlegesen felolvadnak, tehát magmává alakulnak át, mely megint felemelkedik és megmerevedve, illetőleg kikristályosodva újra magmatikus kőzetté lesz.

Különösen a redőzött hegységek alsó zónáiban van az ichornak nagy szerepe, ahol az ichor mind az üledékes, mind a magmatikus kőzeteket elgránitosíthatja; bizonyos közbetelepült üledékes kőzetek azonban eredeti alkotásukban megmaradhatnak. Ilyen módon a kőzeteknek rendkívüli nagy változatossága alakulhat ki. Ma már mind több kutató hajlandó annak a felfogásnak behódolni, hogy a magmatikus kőzetek közül az intruzív kőzetek általában migmatikus eredetűek, vagyis *m i g m a t i t e k*. Azonban sokan vannak a kutatók között

olyanok is, akik nehezen tudnak megbarátkozni azzal a gondolattal, hogy valamely agyagból vagy márgából gránit lehessen !

*

A kőzetasszimilációt a kőzettani kutatók sokáig lehetetlennek gondolták. El sem tudták képzelni, hogy a magma idegen kőzeteket meg tudjon „emésztetni“. Ma már azonban általánosan elfogadott ténynek tekinthető, hogy a természetben bekövetkezik a kőzetasszimiláció, sőt azt mondhatjuk, hogy a mélységben nem is lehet éles különbséget tenni a tisztára magmatikus és a nem-magmatikus eredetű anyagok között. A magma felolvasztóképességét különösen DALY, amerikai kutató hangsúlyozza. Szerinte a magmába a fedő kéregrészek nagy darabjai mintegy beleszakadnak, belesüllyednek (l. a rajzot) és a magma



éppen azért tud könnyebben felemelkedni, mert el tudja foglalni a beszakadt tömegek helyét, valósággal e tömegek helyébe fog a magma betódulni („over-head stoping“ DALY szerint).

Különösen sokat foglalkoztak azzal a kérdéssel, hogy a magmából tud-e közvetlenül a mészpát (CaCO_3) kikristályosodni? A régi felfogás az volt, hogy a kőzetekben a mészpát csakis mint másodlagos mállási termék keletkezhetik. A levegőben lévő széndioxid (CO_2) a nedvességgel karöltve megtámadja és kémiai-lag elmállasztja az összes kőzeteket és mint mállási termék kiválik a mészpát. Semmi kétség sincsen az iránt, hogy a legtöbb magmatikus kőzetben a mészpát ilyen módon mint mállási termék keletkezett ; ekkor azonban a mészpát csakis a kőzet felszíni zónáiban fog keletkezni, tehát ott, ahol a kőzet a külvilággal érintkezik. A kutatók azonban e század eleje óta mint több olyan helyről tettek említést, amelyekben a mészpátot a teljesen friss magmatikus kőzetben találták. Jó magam is mintegy harminc esztendővel ezelőtt a pompás gyergyói szienit-tömzs kőzetében olyan körülmények között találtam a mészpátot, mint kőzet-alkotó elegyrészt, hogy a magmából közvetlenül kikristályosodott elegyrésznek kellett tekintenem. Jellemző a szakemberek akkori felfogására, hogy midőn e

megfigyelésemet közöltem néhai KRENNER JÓZSEFFel, hazánk e világhírű kutatója teljesen lehetetlennek, sőt fantasztikusnak mondotta e megfigyelésemet. Pedig már akkor is tudtuk, hogy a magmában az ú. n. könnyen illó alkatrészek között a víz mellett jelen szokott lenni a széndioxid (CO_2); a gránit kvarcsezemecskéiben bőven találunk mikroszkópikus folyós széndioxidzárványokat. Ennek alapján nem lehetetlen, hogy a magmatikus kőzetben mészpát keletkezheessen, és pedig a magmából való közvetlen kikristályosodás révén. Mégis azt mondhatjuk, hogy általában az ott uralkodó fizikai-kémiai körülmények között a magmából nemigen fog a mészpát közvetlenül kikristályosodni. Vannak azonban magmatikus kőzetek, amelyekben a mészpát bőven fordul elő. Ilyeneket először különösen a Fen-területen, Norvégiában találtak, ahol a kőzettan egyik legkimagaslóbb kutatója, BRÖGGER tanulmányozta őket. Kutatásai alapján kétségtelenné vált az előbb fantasztikusnak tartott megfigyelés, hogy a magmából közvetlenül kikristályosodhat a mészpát, mely kőzetelegyrészt azóta mind több magmatikus kőzetben mint eredeti elegyrészt figyeltek meg. Bebizonyosodott azonban az is, hogy ahol a mészpát közvetlenül a magmából kristályosodott ki, ott mindig valamilyen karbonátkőzet, rendesen mészkő asszimilálódott a magmában. A magmának tehát megvan az a képessége, hogy mészköveket tud asszimilálni, azaz megemésztetni. Ma pedig már ott tartunk, hogy számos kutató, élükön az amerikai DALYvel, azt gondolja, hogy bizonyos magmatikus kőzetek, és pedig az ú. n. alkálíkőzetek, melyek alkáliákban, főképen nátriumban gazdagok, csakis akkor tudnak kialakulni, ha a magma előzőleg mészköveket asszimilált. Tehát az a folyamat, amelyet röviddel ezelőtt még lehetetlennek tartottak, ma már nem tartozik a lehetetlenség birodalmába, hanem egyenesen szükséges feltétel volna bizonyos magmatikus kőzetek keletkezéséhez.

*

Az utóbbi évek folyamán az is kitűnt, hogy a kőzetekkel nagyon sokféle változás történik, melyek a kőzet eredeti összetételét erősen átalakítják. E folyamat-sorozatok között a legérdekesebbek a *metazomatózis* néven említett átalakulások, melyeknek ma már igen sokféle fajtáját ismerjük. Minden metazomatikus folyamatnak a lényege abban áll, hogy a kőzethez anyag adódik hozzá és egyben gyakran anyag el is szállítódik belőle; más szóval anyaghozzáadás, illetőleg anyagkicserélődés következhetik be. A metazomatózis folyamatát ma már a kőzetképződés, illetőleg átalakulás egyik legfontosabb fajtájának tekintjük, mely egyenrangúnak vehető a kőzetkeletkezés többi fajtáival, vagyis a magmamerevedéssel, az üledékképződéssel és a kőzetmetamorfózissal. A kőzet tehát nem állandó, hanem folytonos változásoknak van alávetve; a változások azonban többnyire igen lassan, geológiai korok időtartama alatt folynak le. E metazomatikus folyamatokról részletesen majd más alkalommal kívánok szólni.

Dr. Mauritz Béla.