

A) ÉRTEKEZÉSEK.

AZ ERUPCIÓS KÖZETEK ZÖLDKÖVESEDÉSE.

— A 3. ábrával. —

Irta: PÁLFY MÓRIC dr.¹

Régen felismerték már, hogy az ú. n. fiatalabb arany-ezüst tartalmú érctelepek az erupciós kőzeteknek zöldköves, vagy amint újabban nevezni szokták, propilitos fajtáihoz vannak kötve. Egyrésről talán ez is volt az oka, hogy a szakemberek már hosszú idő óta foglalkoznak e kérdéssel, más részről azonban az a nagy különbség, ami a normális és zöldköves kőzetek megjelenési formájában mutatkozik, szintén hozzájárult a nagy érdeklődés felkeltéséhez. A zöldköves kőzetek ugyanis a normálisokkal szemben sokkal tömörebbek és szívósabbak; alapanyaguk elveszti többé-kevésbé üveges vagy érdes kifejlődését és allotriomorf szemcsés lesz. A normális kőzetektől ez az eltérő megjelenési módja indította br. RICHTHOFENT arra, hogy ezeket a zöldköves állapotban levő kőzeteket külön kőzetfajnak vegye, mint a harmadkori kőzetek legidősebbikét és reájuk a propylit elnevezést használja.²

1873-ig RICHTHOFEN FERDINÁND báró felfogását általánosan elfogadták. Akkor mutatta ki először SZABÓ JÓZSEF³ s 1877-ben és 1878-ban, valamint később is ismételten hangsúlyozta, hogy a propylitok nem tekinthetők önálló kőzetfajnak, mert: «a zöldkövesedést valamely öregebb trachit-fajon leginkább a kénes és vízpárás exhalációk idézték elő». «A zöldkő állapot nem eredeti, az különböző időben különböző kőzeteken.

¹ Előadta a Mhoni Földtani Társulat 1916 március hó 1-én tartott szakülésén

² RICHTHOFEN, F. FR. v.: Studien aus den ungarisch-siebenbürgischen Erzgebirgen (Jahrb. d. k. k. Geol. Reichsanst. 1861. Bd. XI, p. 228. f.)

RICHTHOFEN: Die natürliche Gliederung und der innere Zusammenhang der vulkanischen Gesteine (Zeitschr. d. deutsch. geol. Gesellschaft 1868, Bd. 20, p. 685.)

³ SZABÓ JÓZSEF: Trachitok, beosztva a természetes rendszer szerint. pag. 4. (Be-mutatva az 1873. évi bécsi világkiállításon.)

előidéztetik lassú, de több stádiumot számító hatás következtében¹ és «Lényegben a zöldkő módosulat solfatárai hatás. A trachitban a hasadékokon indul meg a nagyfeszélyű gőzök s mindenek felett a vízgőz feltódulása által.² SZABÓ fel fogását a zöldkövesedésre azután lassanként általánosan elfogadták, de később is akadtak egyesek, akik a propylitot, mint önálló kőzetfajt, továbbra is fentartották. Ezek közé tartozott a hírneves petrográfus ZIRKEL FERD. is, aki még 1894-ben megjelent tankönyvében is a RICHTHOFEN-féle propylitnak jogosultságát vitatta.

A tudósok nagy része a zöldkövesedést SZABÓ értelmezése szerint általában a kőzetek kitörése után, a föld felszínén, posztvulkános hatásokkal, a vulkáni exhalációkkal magyarázta.

Messze vezetne, hogy mindazokat felsoroljam, akik SZABÓ magyarázatát elfogadták; közülök épen csak felemlítem INKEY BÉLÁT,³ LINDGREN⁴ BÖCKH HUGÓT,⁵ WEINSCHENKET,⁶ ROSENBUSCHT,⁷ KRUSCHT⁸ és a legutóbbi időben LAZAREVIĆET,⁹ akik — INKEY és LAZAREVIĆ kivételével — a zöldkövesedést az ércelérek mentén működött vulkáni utóhatásoknak tulajdonították és annak előrehaladott stádiumának a kaolinosodást vették. INKEY és LAZAREVIĆ bár posztvulkános úton létrejötnék tartják a zöldkövesedést, annak lefolyását különválasztják a kaolinosodástól és a telérek mentén csakis kaolinosodást fogadnak el. A zöldkövesedés lefolyásának helyére és időpontjára azonban csak INKEY nyilatkozik.

SCHUMACHER¹⁰ a brádi aranybányákról szóló 1912-ben megjelent

¹ SZABÓ JÓZSEF: Petrográfiai és geológiai tanulmányok Selmecz környékéről. pag. 131. (Földtani Közlöny 1878. VIII. 1–6 füzet.)

² SZABÓ JÓZSEF: Selmecz környékének geológiai leírása. (A m. tud. Akadémia III. osztályának külön kiadványa. Budapest, 1891. pag. 312.)

³ INKEY BÉLA: Nagyág földtani viszonyai. (A kir. m. term.-tud. társulat kiadása. Budapest, 1885.) — De la relation entre l'état propylitique des roches andésitiques et leurs filons minéraux. (C. R. Congr. Intern. Géol. Mexico 1906.) — Megjegyzések dr. PÁLFY MÓR: Az erdélyrészi Érchegység bányáinak földtani viszonyai és ércelérei című munkájához. (Földtani Közlöny, 1912. XLII, pag. 737.)

⁴ LINDGREN, W.: Metasomatic Processes in Fissure Veins. (Transact. Am. Inst. of Min. Eng. Washington. February.)

⁵ BÖCKH HUGÓ: Előzetes jelentés a Selmeczbánya vidékén előforduló eruptív kőzetek korviszonyáról (Földtani Közlöny, 1901. XXXI. pag. 289.)

⁶ WEINSCHENK, E.: Grundzüge der Gesteinskunde. 1905 és 1906.

⁷ ROSENBUSCH, H.: Mikroskopische Physiographie der massigen Gesteine. 1877. pag. 299, 4-te Auflage 1908. II, 2. pag. 1102.

⁸ KRUSCH, P.: Über primäre und sekundäre metasomatische Prozesse auf Erz-lagerstätten. (Zeitschr. f. prakt. Geologie. 1910. p. 165–180.)

⁹ LAZAREVIĆ, M.: Die Propylitisierung, Kaolinisierung und Verkieselung (Zeitschr. f. prakt. Geologie. XXI. Jahrg. 1913. pag. 345.)

¹⁰ SCHUMACHER, F.: Die Golderz-lagerstätten und Braunkohlenvorkommen der

munkájában szintén elválasztja a zöldkövesedést a kaolinosodástól és a zöldkövesedést ROSENBUSCHNAK a Fichtel-hegység elchloritosodott diabázain tett megfigyeléseire támaszkodva, dinamometamorf hatásoknak tulajdonítja. LAZAREVIĆ részletesen foglalkozik SCHUMACHERNEK ezzel a felfogásával és kétségtelenül helyesen mutatja ki, hogy az a zöldkövesedés magyarázatára el nem fogadható, már csak azért sem, mert az Érchegeység fiatal andezitjeit nagyobb dinamikai hatások nem is érték.

A zöldkövesedésnek a felszínen való posztvulkános képződését STELZNER-BERGEAT¹ sem tartja valószínűnek, amikor azt írja: «Man wird die Propylitisierung für eine der Gangbildung koordinirte, nicht subordinirte Erscheinung halten und fragen dürfen, ob etwa eine intensive Durchgasung des aufsteigenden, teilweise verfestigten Magmas zu dessen besonderer petrographischer Ausbildung . . . geführt hat.»

Magam is azok közé tartozom, akik a zöldkövesedést a vulkáni utóműködésnek a felszínen történt behatásával nem tudom elfogadhatólag megmagyarázni. 1910-ben az Erdélyi Érchegeységről megjelent munkámban² e kérdésről csupán ennyit írtam: «A zöldkövesedés lefolyását a Nagyág környékén levő dácitoknál is épenúgy, mint az Érchegeység többi fiatalabb vulkáni kőzeténél, nem kizárólag a felületen végbementnek tartom, hanem valószínűbbnek vélem azt, hogy a zöldkövesedés folyamata — legalább részben — már a kráterben, vagy még mélyebben bekövetkezett.» Akkor részletesen nem foglalkoztam e kérdéssel, mert felfogásom igazolására még több megfigyelésre volt szükségem. Összevetve az Erdélyi Érchegeységben tett észleleteimet a Nagybánya környékén végzett megfigyeléseimmel, most már határozottabban nyilatkozhatom e kérdésről.

Mielőtt azonban ezt tenném, meg kell emlékezmem SACHS³ A.-nak legutóbb megjelent közleményéről. SACHS a STELZNER-BERGEAT és az én — egymást nagyjában fedő — magyarázatunkról azt írja, hogy az RICHTHOFEN felfogásához közeledik, amely szerint a propilit nem másodlagos, hanem primer kőzet és a zöldkövesedés lefolyására — úgy látszik — hajlandó a mi magyarázatunkhoz csatlakozni, amikor ezt írja: «In der Tat liegt ja auch hier dem Greisen gegenüber ein bedeutender Unterschied vor: während die Umwandlung des Granits in Greisen vornehmlich längs der Spalten erfolgte, ist die Propylitbildung über den ganzen Gesteinkomplex hin erfolgt und diese Tatsache spricht ganz erheblich gegen die

Rudaer Zwölf-Apostel-Gewerkschaft zu Brád. (Zeitschr. f. prakt. Geologie. Jahrg. 1912. pag. 1—86.)

¹ STELZNER-BERGEAT: Die Erzlagerstätten. 1906. II. 2. pag. 1237.

² PÁLFY MÓR: Az erdélyrészi Érchegeység bányáinak földtani viszonyai és értekezései. pag. 243. (M. kir. Földtani Intézet Évkönyve, XVIII. k. 4. füz. p. 243.)

³ SACHS, A.: Über pneumatogene Erzlagerstätten. (Zentralblatt f. Mineral. etc. Jg. 1915. pag. 501.)

Umwandlung der Andesite durch aufsteigende Thermalquellen.» SACHS-nak közleményére csupán annyi megjegyezni valóm van, hogy amint az alábbiakból kitűnik, az én felfogásom teljesen ellentétben áll a RICHTHOFENÉVEL és csakis annyiban van némi megegyezés, hogy bizonyos mértékben a zöldköveket primér kőzeteknek tekintem, de nem veszem külön kőzetfajnak, mint RICHTHOFEN tette.

Ezek után áttérek azoknak a jelenségeknek megbeszélésére, amik a zöldkövesedésnek a felszínen történő posztvulkános képződésével nem egyeztethetők össze.

1. Mindenekelőtt feltűnő, hogy oly helyeken, ahol a bányafeltárások valamely zöldköves andezit vagy dacitvulkán kürtőjén keresztülhatoltak, a kürtő kőzetén a zöldkövesből a normálisba egyetlen esetben sem találjuk meg az átmenetet. (Brád mellett a Bárzahegy és Muszári, Nagyág, Nagybányán a veresvizi és kereszthegyi altárna stb.) A nagyági altárna a szorosán vett bányaterületen kívül három dacitkürtőt keresztez a mediterránrétegek közepette. Ezekben a kőzetek különböző megtartási állapotban vannak ugyan, de ugyanegy kürtőben a normálisból a zöldkövesbe átmenet nincsen, amint azt SEMPER¹ és INKEY² gyanították. Ez az észlelés határozottan ellene szól annak, hogy a zöldkövesedést a greisenképződés mintájára a telérhasadékokból kiindulónak tarthassuk. Annyival kevésbbé lehet a greisen képződésével összehasonlítani a zöldkövesedést, mert a greisen képződés mellett a telérektől nem nagy távolságra rendszerint mindenütt megtalálják az üde ép gránitot, míg a zöldkövek egész tömegükben át vannak alakítva. Hasonlóképpen alig találunk átmenetet a zöldköves és normális láva között. Az egyetlen területet, ahol még leginkább gyanítható az átmenet, Nagyágon a Hajtó nyugati lábánál láttam. Nem lehetetlen azonban itt sem, hogy a zöldköves lávaár a normálissal közvetlenül érintkezik s az tűnik úgy fel, mintha a kettő között átmenet lenne.

2. Sok helyen lehet észlelni, de különösen a Bárzahegyen a hogy a vulkáni kürtőben a telér falától már 10–15 cm-re is csak Herminatelérnél és a rudai teléreknél, valamint Nagybányán is, annyira zöldköves a kőzet, mint attól több száz méterre, holott ha a zöldkövesedés telérhasadékból indult volna ki, ezek mellett a telérek mellett, amelyek igen gazdagok voltak, tehát azok mentén a vulkáni utóhatásnak is igen erősnek kellett lenni, ott kellene találni

¹ SEMPER: Beiträge zur Kenntnis der Goldlagerstätten des siebenb. Erzgebirges (Abhandl. d. Preuss. geol. Landesanstalt. Neue Folge, Heft 33. Berlin, 1900.)

² INKEY: Megjegyzések. pag. 750.

a legerősebb zöldkövesedést és a telérhasadéktól távolodva átmenetet kellene találni a normális kőzethez, épenúgy, mint meg van az átmenet a greisenből a normális gránitba. Ahol a telér a vulkáni kürtőket metszi, nem ritkán a telér falát alkotó andezitben még a magnetiteket is épen megtaláljuk (Nagybánya, IV. Calazancitelér) és a földpátokon a kaolinosodásnak csak kezdetét figyelhetjük meg.

3. Különösen feltűnő és a normális kőzeteknek a felszínen való átalakításával össze nem egyeztethető az a körülmény, hogy a jelenleg működő vulkánoknál az exhalációk mentén a zöldkövesedésnek nyomát sem találjuk, pedig a zöldköves területeken a multban sem lehettek mások az utóhatások, mint jelenleg: vízgőz, szulfidos gázok, szénsav, sósav és fluorsav. 1913-ban a m. kir. földtani intézet igazgatójának vezetésével intézetünk több tagjának társaságában alkalmam volt Olaszország jelenleg működő, vagy nem régen kialudt vulkáni területeit, különösen Róma környékét, a Vezuvt, a Flegrei mezőket, az Etnát, a Stromboli, Volcano és Lipáriszigeteket tanulmányozhatni. E területeken az exhalációk mellett mindenütt csak megbontott, többé-kevésbbé kaolinos kőzetet láttunk, de zöldkövesnek a legerősebb exhalációk mellett még nyomát sem. Átnéztem a m. kir. földtani intézetnek a jelenleg működő vulkánokról a világ legkülönbözőbb részéről levő gazdag gyűjteményét, de zöldköves darabot egyet sem láltam. Az irodalomból sem tudom, hogy a most működő vulkánoknál az exhalációk mellől zöldköves kőzetet írtak volna le. WOLFF F. v.¹ a vulkánizmusról szóló kimerítő munkájában a vulkáni exhalációknak a kőzetekre gyakorolt hatásáról a következőket írja: «Die durch vulkanische Exhalationen umgewandelten Gesteine erscheinen weiss oder gelb gebleicht und zellig zerfressen. Gelegentlich erinnern sie an helle, bunte tuff- oder tonähnliche Massen, in denen vereinzelte schwer angreifbare Mineralien noch unversehrt erhalten sind, während die Hauptmasse weich und morsch ist.»

4. INKEY INOSTRANZEFF után a szénsavgázexhalációkat is zöldkövesítő hatásúaknak mondja. A kísérletek azt mutatták, hogy a szénsavas víz a piroxéneket megbontja. Ez a bontás azonban aligha nyilvánul meg zöldkövesedésben, mert zöldköves andeziteket pl. a Hargitta vulnulatában a szénsavgáz-források mellett nem találunk, pedig alig van a világnak szénsavban gazdagabb területe ennél. A Bűdösbarlang környékén, ahol kis területen egymás mellett látjuk az igen erős szénsavgáz-feltörést és a szolfatára-működést, zöldkövesedésnek nyoma sincs sem az exhalációk mellett, sem attól távolabb. A kőzetek ellenben kaolinosodva vannak, a földpátból timsó képződik.

¹ WOLFF, F. v.: Der Vulkanismus I. 2. pag. 585. (Stuttgart, 1914.)

5. A fennebbi észlelést különösen azért tartom fontosnak, mert a zöldköves kőzetekben igen gyakran meglepő üdeségű földpátokat találunk még akkor is, amikor a színes elegyrészek már teljesen el vannak bontva. Ezt a körülményt rendszerint azzal szokták megmagyarázni, hogy az exhalációk a földpátokat nehezebben támadják meg, mint a színes elegyrészeket. Ezt a magyarázatot azonban nem lehet kielégítőnek elfogadni, mert az az exhaláció, ami pl. a Büdösbarlang környékén a földpátokat elbontotta, bizonyára zöldkövesítette volna a piroxéneket is, hiszen WEINSCHENK és BÖCKH H. felfogása szerint, akik a zöldkövesedés végső stádiumának tartják a kaolinosodást, azt kellene feltételezni, hogy a kaolinos kőzetek környékén, ahol nem volt oly intenzív a vulkáni utóműködés, meg lehet találni a kevésbé átalakított zöldköves kőzetet is. Ilyet azonban pl. a Büdösbarlang környékén nem találunk.

6. SZABÓ a zöldkövesedést — mint láttuk — a hasadékok mentén főleg vízgőz által létrehozott elváltozásnak tartja. A hazai kaolin előfordulások környékén, pl. Nagymihály, Beregszász vidékén, valamint az Eperjes-Tokaji hegységben levő riolitkaolinok mellett teljesen normális kőzeteket találunk, jóllehet a kaolinosodást ezeken a területeken is hidrotermális hatásokra kell visszavezetni, sőt a színes elegyrészek teljes szétbontása miatt talán még szolfatára működést is feltételezhetünk. A hidrotermális hatásokat azonban kétségtelenül ki lehet mutatni a kőzetekben gyakori opálos infiltrációkból.

7. Vannak olyan zöldköves andezitek is, amelyek környékén egyáltalán nyomát sem találjuk az egykori vulkáni exhalációknak, nemhogy érces telérhasadékok lennének, sőt még a kaolinos módosulat is hiányzik. Ilyenek pl. Visegrádon felül a Duna jobbpartján a Mátyáshegyi, Doboshegyi, Lepencei stb. piroxénandezit-előfordulások, melyeknek mikroszkopi szerkezete is teljesen olyan, mint az ércelérek szomszédságában levőké. Földpátja ezeknek is aránylag üde a piroxénekhez viszonyítva, amelyek már részben vagy egészen zöldkövesedve vannak. Piritimpregnáció e kőzetekben hiányzik. Hogyha ezeknek a kőzeteknek átalakítását a felszínen vulkáni hatások végezték volna, kétségtelen, hogy e hatásoknak valamelyes nyomára reá kellene akadnunk.

8. Ellene mond a felszínen való átalakulásnak a kőzettani vizsgálat is, amelyből — mint később látni fogjuk — kitűnik, hogy bár a zöldköves és normális kőzetek kémiai összetételében az eddigi elemzések szerint lényeges különbség nincsen, mégis az ásványos összetételben a különbség felismerhető. Míg ugyanis a zöldköves piroxénos andezitekben majd mindig találunk amfibolt és korrodált kvarcot, sőt az erdélyi Érchegységben biotitot is, addig a környező normális piroxénos andezitekben ezek az ásványok alig fordulnak elő.

A normális kőzetek alapanyaga hialopilites, a zöldköveseké allo-

triomorf szemcsés. Én nem tudok elképzelni oly folyamatot, ami a kőzetek alapanyagát átkristályosította volna és a piroxéneket elzöldkövesítette volna anélkül, hogy a földpátokat megbontsa.

9. Fel lehet itt említeni még a mélységbeli, különösen a lakkolit vagy batolitszerű kőzetek zöldkövesedését is, melyeknek elegyrészein sokszor teljesen ugyanolyan átalakulást találunk, mint a zöldköves andeziteken. Ezek pedig csak a vulkáni tevékenység teljes megszűnése után igen hosszú idő múlva kerültek a felszínre, amikor felszíni utóhatás már nem érhette őket.

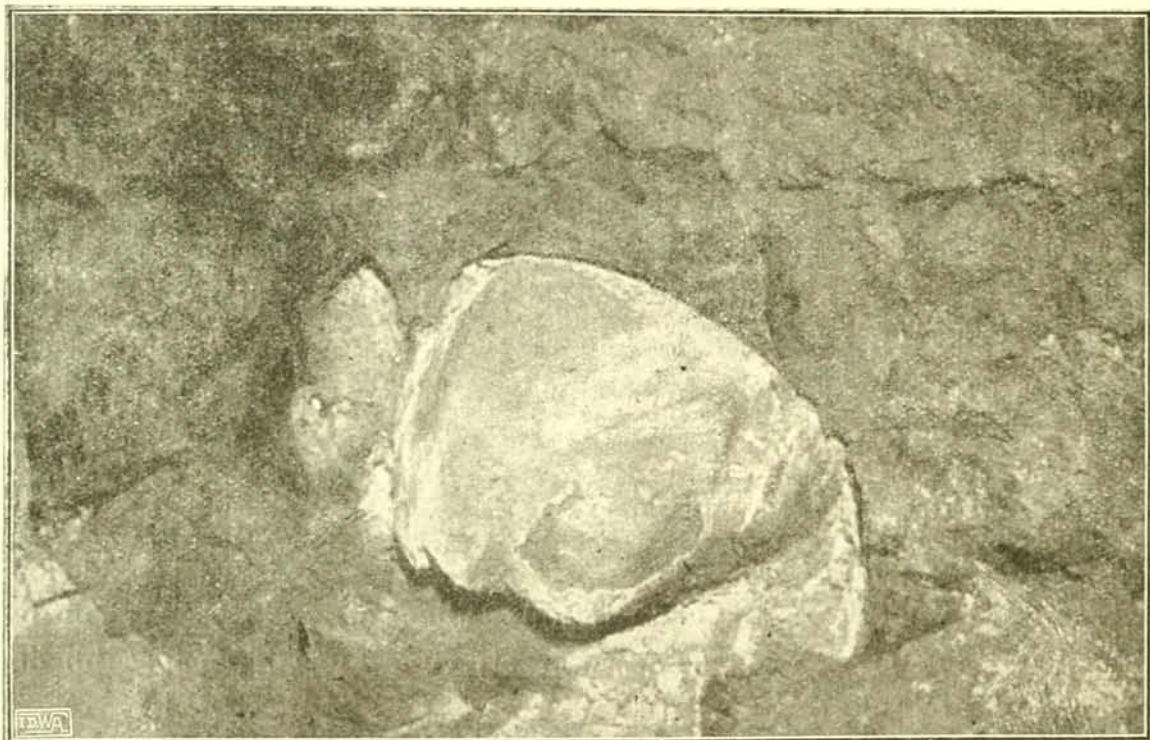
*

Mindezek a régibb és újabb észleléseim csak megerősítettek abban a felfogásomban, amit 1910-ben a zöldkövesedésről épen csak jeleztem, sőt hajlandó volnék jelenleg azt még tovább is kiterjeszteni azzal, hogy zöldkövesedés posztvulkáni hatás által a felszínen csak igen ritkán képződhetett, ha egyáltalán képződött s az is a telérhasadékok közvetlen szomszédságára szorítkozott. Ilyen zöldkövesedést ír le VENDL ALADÁR¹ a Velencei hegységből, Nadap környékéről, ahol a piroxénandezitek a telérhasadékok mentén 1—2 cm-től 1 m-ig terjedő széles sávban zöldkövesedve vannak. Az érces területeken levő zöldkövesedés csakis mélyebben pneumatolitikus-hidatogén behatásokra keletkezett, míg a posztvulkáni hatások a felszínen főleg kaolinosodást idéztek elő a kőzeteken. Ugyanitt képződhettek a kőzetekben olyan víztartalmú szilikátok, különösen zeolitok, melyekben a benne levő víz nem szerkezeti víz s amelyek magasabb hőfokon nem stábilisak.

Hosszú ideig kerestem a bányaterületeken álláspontom igazolására oly jelenségeket, amelyek a posztvulkáni képződés ellen a fennebbieknél kézzelfoghatóbban bizonyítanak. Végre Nagybányán a Szt. Kereszthegyi bánya altárnájában oly viszonyokat figyelhettem meg, amelyeket döntő erejűeknek tartok. Az altárnában ugyanis a külszíntől mintegy 280 m-re erősen zöldkövesedett s még kaolinosan is elbontott dacitos lávában több teljesen normális fekete kőzetből álló piroxénandezitzárványt találtam. E zárványok legnagyobbika, amit képen is bemutatok (l. 3. ábra), kb. $\frac{1}{4}$ köbméter nagyságú lehet. Mindenik zárvány le van gömbölyítve s felületén a kőzet alig pár mm vastagságban fehérre van bontva. Hogy e zárványok nem a zöldköves kőzetnek épebben megmaradt részletei, a zár-

¹ VENDL ALADÁR: A velencei hegység geológiai és petrográfiai viszonyai. (M. kir. Földtani Intézet Évkönyve. XXII. k. pag. 48. 1914.)

vány és a bezáró kőzet eltérő petrográfiai összetétele bizonyítja. A bezárt kőzet alapanyaga üde hialopilités, szemben a zöldköves kőzetek allotriomorf szemcsés alapanyagával. Földpátja mondhatni teljesen üde. A piroxéneket augitok és hipersztének képviselik: mindkettő üde. Pirit a zárványban nincsen, a bezáró dacitos láva ellenben pirittel finoman van impregnálva. Ezt az észlelést bizonyító erejűnek kell tekintenem, mert ha a zöldköves dacitos láva zöldkövesedését posztvulkáni exhalációk idézték volna elő, akkor a zárványnak is okvetlenül zöldkövesedni kellett volna; míg abban az esetben, ha a láva már zöldköves állapotban került a föld felszínére, ott az magába gyurhatta a heverő normális andezittömböket. Ebben



3. ábra. Normális piroxén-andezit zárvány a bontott zöldköves dacitos lávában, a kereszt-hegyi altárnában, Nagybányán.

az előfordulásban különösen azt tartom meglepően feltűnőnek, hogy a bezáró dacitos láva nem csak egyszerűen zöldkövesedve van, hanem egészen el is van színtelenedve, mintha exhalációk bontották volna meg. Abból, hogy a piroxénandezitzárványon alig van valamelyes megbontott kéreg, vagy azt kell következtetni, hogy a láva már jelen alakjában került a felszínre, vagy azt, hogy ha nem is ennyire megbontva ömlött ki, de mindenestre már annyira átalakulva, hogy a posztvulkáni hatások könnyen átalakíthatták mai formájára, míg ezek a hatások az üde normális andezitet már nem bontották meg.

A zöldköves kőzetek petrográfiai leírását már annyian közölték, hogy részletes leírását mellőzhetem s utalhatok e helyen ROSENBUSCH

találó jellemzésére. A normális kőzetekkel szemben makroszkóposan legfeltűnőbb az, hogy — különösen a zöldköves dácitok és andezitek — sokkal szívósabbak és keményebbek, mint a normálisak. Míg a normális dácitoknál sokszor találkozunk a zöldköves kőzetek szomszédságában többé-kevésbé likacsos alapanyagú dácitokkal (erd. Érhegységben a Csetrás vonulata), addig a zöldköves dácitok alapanyaga mindig tömör és kemény. Mikroszkóp alatt a zöldköves kőzetek alapanyaga, mint általánosan ismeretes, allotriomorf szemcsés, a normálisaké hialopilités. A beágyazások közül a földpát még azokban a kőzetekben is feltűnően üde, melyekben a színes elegyrészek teljesen át vannak alakulva. A földpátokon különösen gyakori a zónás szerkezet, amit nem csupán a bázisosabb és savanyúbb zónák váltakozása idéz elő, hanem gyakran a beágyazott alapanyagrészek is. A kvarc még az amfibólos és piroxénés andezitekben is gyakori, azonban ellentétben a dácitokkal, mindig csak gyéren és apró kristályokban s mindenkor korrodálva fordul elő.

A színes elegyrészek közül az amfibólos andezitekben rendszerint csak amfiból szerepel, a dácitokban nem ritka az amfiból és biotit mellett még parányi kristályokban az augit sem (Nagyág), míg a piroxénés andezitekben, úgy az Erd. Érhegységben, mint Nagybánya környékén, igen gyakori a hipersztén és augiton kívül az amfiból és biotit is. Ezekben az uralkodó színes elegyrész a hipersztén, azután Nagybánya környékén az augit következik, ami az Erd. Érhegységben felette ritka. Viszont az amfiból és biotit Nagybánya környékén ritkább, míg az Érhegységben igen gyakori s különösen az amfiból mennyisége néha úgy felszaporodik, hogy — tekintve nagyobb kristályait — a kőzetnek makroszkóposan legszembeütőbb elegyrésze gyanánt tűnik fel. A színes elegyrészek közül a zöldkövesítő hatásnak leginkább az amfiból és biotit állott ellen, amiket még a leggyakrabban találunk meg eredeti barna kristályokban. Az amfiból azonban mindig többé-kevésbé resorbeálva van s magnetit szegéllyel van körülvéve. Zöldkövesedésnél mindkét elegyrész chloritosodik. Hasonlóan csak chloritosodás figyeltem meg az augiton is, mely ellenálló képességét tekintve az amfiból és biotit után következik. Az átalakulásnak legkönnyebben a hipersztén esett áldozatul, amelyen kétféle átalakulást figyeltem meg: találtam olyan hiperszténkristályokat, melyeknek belső része még többé-kevésbé üde barnaszínű. Ezeknél az átalakulás — úgy látszik többnyire basztitosodás — főleg a harántrepedések mentén indult meg és hálózatosan átjárja a kristályt (Maschenstruktur). Ezek végeredményben basztittá alakulnak át. Szemben ezekkel a hipersztének nagy része élénk világos zöldszínűvé alakult át, pleochroós színe a sárgászöld és az intenzív zöld között változik, de még teljesen megtartja hipersztén jellegét. A magasabbfokú átalakulásnál az egyes hasadékok mentén chlorit képződik, ami elfoglalhatja az egész kristályt is. Az ilyen chlorit pseudomorfózák igen

világoszöld színűek, gyengén pleochroósak és polározott fényben gyengén kettősen törő össze-vissza kuszált chloritpamatokká oldódnak fel. Feltűnő, hogy a zöldköves kőzetekben gyakran teljesen hiányzik a pirit és csak magnetit van. A vulkáni kürtők kőzetében főleg csak a telérek szomszédságában találjuk meg impregnáció alakjában a piritet, de olykor még az ércetelér falát alkotó andezitben is bőségesen találunk magnetitet. A lávafolyásokban azonban, szintúgy a tufákban és breccsiákban is, tehát a vulkáni kürtőn kívül, az érces területeken a piritimpregnáció nagyobb kiterjedésű. A pirit előfordulási körülményeiből inkább azt lehet következtetni, hogy az nem egykorú képződés a zöldkövesedéssel, hanem a felszíni posztvulkános hatások terméke.

A fennebbiekből kitűnik, hogy a zöldkövesedésnek a mélységben kellett végbemenni akkor, amikor a színes elegyrészek nagy része már a magmában ki volt váltva, a földpátok ellenben még oldatban voltak. A színes elegyrészek vagy egészen átalakulhattak már a mélységben chlorittá, vagy az átalakulás csak olyan fokú lehetett, hogy azután a felszínen a posztvulkános hatások könnyen tovább bonthatták az elegyrészeket. A magma hőmérsékét, minthogy az amfibólok minden esetben resorbeálva vannak, leginkább az amfibólok kiválási hőmérsékére becsülhetjük.

Hogy hol ment végbe a zöldkövesedés, arra talán azt lehet feltételezni, hogy vagy egy periferikus magmamedencében, vagy egy batolit felnyuló csücskében, ahol a vulkáni szünet alatt a részben még megolvadt magma igen nagy mértékben resorbeálhatta a vulkáni gázokat és gőzöket, különösen pedig a vízgőzt, amely ezen hőmérséken — mint ismeretes — erősebb savként hat a kovasavnál. Ezeknek a mineralizátoroknak lehet tulajdonítani azt, hogy a magmából kivált elegyrészek pneumatolitikusan többé-kevésbé átalakultak. Egy részük még épségben maradt, míg más részük, talán már a mélységben a vízgőzzel telített magmában átalakult chlorittá.

A fennebbi felfogás szerint a felszínre került magma már zöldköves állapotban szilárdulhatott meg. Ennek a tovább bontása azután a felszínen a posztvulkáni hatások befolyása alatt folyt tovább, még pedig oly helyeken, ahol legélénkebb lehetett ezeknek a felszínre szállása. Ez a tovább bontás azonban a felszínen már kaolinosodásban nyilvánult meg. Ennyiben van tehát viszonya a kaolino-sodásnak a zöldkövesedéssel.

Az Erdélyi Érchegységről írt munkámban már kimutattam, hogy az érces telérek mindenütt a vulkáni kürtők szélein fordulnak elő és a telérhasadékok gyakran nem is metszik a vulkán kürtőjét. Ebből azt lehet feltételezni, ami különben logikusnak is látszik, hogy a vulkáni gázok és gőzök legkönnyebben a vulkáni kürtőt kitöltő kemény kőzet

szélein szállhattak a felszínre s így a felszínen hatásukat a különben is lazább összetételű tufa, breccia és lávarétegekben érvényesíthették. Ily helyeken a kőzeteket többé-kevésbé elkaolinosították s létrehozták a zöldköves és kaolinos kőzet között azt az átmenetet, amiből sokan azt következtették, hogy a zöldkövesedés végső stádiuma a kaolinosodás. Felfogásom szerint pedig — mint a fennebbiekből kitűnik — a kettő egymástól független. Ezért találunk a vulkáni centrumtól távolabb olyan zöldköves lávákat is, melyeknek kőzete majdnem ugyanolyan üde megtartású, mint a kürtőké. Ilyen van többek között pl. Brád mellett a Bárzapatak völgyében is.

A zeolitok képződésére azt a helyet tartom valószínűnek, ahol főként csak fumarolák voltak s azok alakították át a már amúgy is zöldköves kőzetet. Ilyen helyekre vonatkozhatik LAZAREVIĆ zeolitos zöldkövesedése, míg ahol a fumarolák mellett szolfatárak is működtek, a LAZAREVIĆ pirites zöldkövesedése keletkezett. Az inzentív működés mindkét helyen többé-kevésbé átalakíthatta a kőzetet s így végeredményben mindenütt létrejöhett a kaolinosodás.

A riolitok zöldköves állapotban felette ritkán találhatók nemcsak azért, mert rendszerint kevés színes alkotórészt (amfibólt, biotitot, vagy mindkettőt) tartalmaznak, hanem mert a riolitvulkánoknál úgy látszik sokkal erősebb volt a hidrotermális utóhatás, mint az andeziteknél és dacitoknál, ami az egész kőzettömeget átalakította, elkaolinosította és elkvarcosította. A riolitot zöldköves állapotban a boiczai bányánál az altáróban találtam meg egy olyan keskeny telérszerű erupcióban, amely mellett érc-telér nem volt. Pár helyen előfordul Verespatakon is, az érctelérek zónáján kívül.

A k v a r c o s o d á s t a telérhasadékokban és a telérhasadékok mentén találjuk nagyobb mértékben. A telérhasadékok mentén különösen a kovasavban gazdag kőzeteknél, még pedig a riolitoknál találunk nagymérvű elkvarcosodást, míg az andeziteknél csak igen alárendelt mértékben. Érdekes Nagybányán a veresvízi bányaterületen az elkvarcosodás. Itt a dacitos tufa, breccsia és lávarétegeket piroxénandezit hosszúra nyúló zöldköves erupciói törik át és ezeket a kőzeteket a riolitok lávája fedi be. A telérek felnyulnak a riolitba is és e telérek mentén széles zónában igen erősen el van a riolit kvarcosodva. A völgyekben azután a dacitos láva (átmenet a dacitból a piroxénandezitbe) van feltárva. Ezekben az erős elkvarcosodás megszakad, míg a következő gerincen a telér folytatásában a riolitban ismét folytatódik. Ebből azt lehet gyanítani, hogy a fumarolaműködés itt a riolitokból oldotta ki, legalább részben, a kovasavat s ez az oldat járta át a kőzetet. Minthogy a rioliterupciókhoz kötött telérek mentén a mélyben is erősebb elkvarcosodást találunk, mint az andeziteknél és dacitoknál, ebből is azt következtethetjük, hogy a rioliterupcióknál erősebbek voltak a hidrotermális hatások, mint az andeziteknél és dacitoknál. A kova-

sav egyrészét tehát a mélyből hozták magukkal a fumarolagőzök, míg másik részét a mellékkőzetből oldották ki.

A fennebbi leírásból látni lehet, hogy a különböző vizsgálók helyesen felismert megfigyelései minő világításban tűnnek fel akkor, ha a zöldkövesedés lefolyását nem a felszínen végbementnek tekintjük. Nevezetesen:

1. INKEY, SCHUMACHER és LAZAREVIĆ felismerik, hogy a zöldkövesedés és kaolinosodási folyamat külön okra vezetendő vissza. SCHUMACHER a zöldkövesedésre új magyarázatot keres, LAZAREVIĆ a zöldkövesedés folyamatáról nem nyilatkozik, INKEY ellenben a zöldkövesedés lefolyását a felszínen történő folyamatnak tekinti a posztvulkános hatások befolyására, amikor azt írja: «Ennélfogva fenntarthatom eddigi nézetemet, miszerint a zöldkövesítő ágensek — épen mivel vulkáni utóhatásnak tekintendőek — az egész erupció befejezése után jöttek működésbe és hogy a tűzhely mélyéből származván fölfelé hatottak».¹

2. LAZAREVIĆ kétféle zöldkövesedést különböztet meg: a zeolitos és pirites zöldkövesedést, melyek mindenike végeredményben kaolinosodásra vezethet. A fennebbiek szerint LAZAREVIĆ mindkét módosulata a már zöldköves kőzetén végbement elváltozást jelent. Míg pirites elváltozás oly helyeken képződhetik, ahol a zöldköves kőzetet szolfátára működés is érte, a zeolitos zöldkövesedés csakis 400 fok C-nál alacsonyabb hőmérsékű fumarola működés mellett volt lehetséges. Savas természetű exhalációk jelenléte itt ki volt zárva, mert ezek a képződő zeolitokat elbontották volna, míg 400 foknál magasabb hőmérsék mellett már vízmentes szilikátok képződtek volna. Mindkét fajta zöldköves kőzet, ha hosszú ideig ki volt téve a hidrotermális hatásoknak, természetesen átalakulhatott kaolinossá.

Megjegyzem itt, hogy magam zeolitot meglehetősen kevés helyen találtam a zöldköves kőzetekben és ahol találtam, az mind a zöldköves lávában volt. Nem tartom valószínűnek, hogy az ércelérek közelében egyáltalán előfordulhasson, mert ott savas és valószínűleg magas hőmérsékű gázok és gőzök járták át a kőzetet.

3. WEINSCHENK, BÖCKH HUGÓ, LAZAREVIĆ és mások is a zöldkövesedés előrehaladott stádiumának tekintik a kaolinosodást. Kétségtelen, hogy ezeknek a kutatóknak is helyes volt a megfigyelésük, mert tényleg gyakran lehet észlelni, hogy a zöldköves kőzet átmegy a kaolinosba, természetesen a fennebbiek szerint azért, mert a kaolinosodás a zöldköves kőzetet támadta meg.

*

Fennebbi közleményem befejezése után alkalmam volt Selmechánya geológiai viszonyait is tanulmányozni s ez alkalommal SZABÓ JÓZSEF fel-

¹ INKEY: Megjegyzések.

(Földt. Közlöny. XLII. pag. 750.)

fogását a zöldkövesedésről világosabban felismerni. Minthogy ezen tanulmányutam a kérdés tisztázásához is adatokat szolgáltatott, szükségesnek tartok pótlólag még néhány megjegyzést tenni.

SZABÓ, akinek a zöldkövesedésről ismeretes véleménye főleg a selmeczbányai területen végzett vizsgálataiból alakult ki, az erupciós kőzeteknél *normális, zöldköves és riolitos* állapotot különböztet meg. Ez alkalommal arról győződtem meg, hogy amit SZABÓ *normális* kőzetnek nevez, az sem a tulajdonképeni normális állapotban levő kőzet, hanem a tőlem fennebb leírt *üde zöldkő*, míg a zöldköves kőzete a vulkáni utóhatásoktól a (kaolinosító hatásoktól) *megbontott zöldkő* s így a megbontás legnagyobb foka a kaolinosodás.

Eszerint tehát SZABÓ felfogása is helyesnek tartható, csupán a normális jelzőt nem tartom megfelelőnek, amennyiben normális állapot alatt mást értünk, t. i. az olyan állapotban levő erupciós kőzeteket, amelyekben főleg a színes elegyrészek metamorfizálva nincsenek.

SZABÓ tulajdonképen az ő normális kőzetét sem tartotta eredeti (tehát normális) állapotban levőnek. Ez kitűnik a «A gránát és cordierit szereplése a magyarországi trachytokban» című munkájának¹ befejező soraiból, ahol ezeket mondja: «Valóban sok mutat oda, hogy a kristályos összetett kőzetek s nevezetesen a *Trachytok* az ő normális állapotukban, amint azok az ő tömeges eruptióikban léteznek, nagy mélységben létrejött *metamorph* képződmények, míg a *zöldkő* ezen állapotnak a kiemelkedés után bekövetkezett *metamorph* módosulata».

Az erupciós kőzeteknél tehát megkülönböztethetünk:

1. *normális állapotot*, amikor a színes elegyrészek metamorfizálva nincsenek;

2. eredeti üde állapotban megmaradt *zöldkövet* (SZABÓ normál kőzete), s az előbbivel szemben erre talán alkalmazhatnók a *propilitos állapot* elnevezést, megkülönböztetésül a következőtől;

3. a kaolinosító vulkáni utóhatásoktól megbontott *propilitos* kőzetet, amit — minthogy színe a sötétzöldtől a megbontás mértéke szerint a legvilágosabb zöldig változik — *zöldköves állapotnak* lehetne nevezni és

4. a legteljesebb elbontás fokát, a *kaolinosodást*.

Budapest, 1916 április 19.

¹ M. Tud. Akad. Ért. a term. tud. köréből. 1879. IX. k. 23. sz.)