

CIRO ANDREATTA

### Appunti sopra l'origine dei graniti.

Crede che nessun problema petrogenetico abbia interessato, in tutta la storia della petrografia, più di quello della genesi delle masse intrusive granitoidi (granitiche, granodioritiche, dioritico-quarzifere, tonalitiche ed analoghe). Dopo il fondamentale impulso dato dalla petrografia strutturale alla risoluzione di molte incognite che circondavano l'origine ed il significato degli scisti cristallini, già definiti « i geroglifici della natura », in questi ultimi anni le fatiche di molti petrografi e geologi si sono di nuovo volte all'interpretazione genetica delle masse granitoidi.

Non è certo in una comunicazione breve com'è la presente che si possono mettere a fuoco i vari complessi problemi che si riferiscono alla origine di tali masse, nè ricordare le diverse multiformi interpretazioni, con tutte le loro sfumature, emesse dai vari Autori in proposito. Numerose pubblicazioni recenti trattano, come oggetto fondamentale o come semplice riferimento entro il quadro di più vaste trattazioni o di studi regionali, della genesi delle masse granitoidi. Non tento neppure di citare lavori e nomi, per i quali rimando ai libri ed alle pubblicazioni di DALY (*Igneous Rocks*, 1933), di BARTH-CORRENS-ESKOLA (*Die Entstehung der Gesteine*, 1939), di NIGGLI (« Schweiz. Min. Petr. Mitt. », 1942) e di REINHARD (Basel 1943), che citano e spesso commentano variamente i più significativi lavori.

Trascurando le ipotesi meno attendibili, nate nei diversi Autori da semplici osservazioni locali e indirizzate spesso a risolvere solo problemi puramente regionali, e trascurando pure le ipotesi diremo così universali, che vollero comprendere in un tentativo di risoluzione tutto il problema del magmatismo, si può dire con REINHARD, che attualmente si conoscono masse granitoidi:

- 1) di origine *giovanile*, per differenziazione magmatica;
- 2) di origine *palingenica*, per rifusioni;
- 3) di origine *metasomatica*, per sostituzioni operate da soluzioni.

Non è certamente da escludere, come ammettono del resto vari Autori, che vi siano masse granitoidi di origine mista, risultante dalla sovrapposizione, contemporanea o successiva, di due tipi di origine. L'ipotesi più combattuta pare sia quella metasomatica, di fronte alla quale non ho elementi sufficienti per prendere posizione.

Per le due prime ipotesi elencate credo che vi siano sufficienti ragioni perchè si possano accettare entrambe. In particolare ritengo che molte masse granitoidi abbiano origine da fusione variamente frazionata o differenziata di precedenti masse granitoidi e di parti più o meno vaste di rocce incassanti non granitoidi. E' vero che ammettendo la rifusione non si viene a risolvere il problema, come giustamente osserva NIGGLI, ma solo a spostarlo, per arrivare a chiedersi come si sono formati i primi graniti. Ma qui evidentemente può soccorrere la prima ipotesi, sulla differenziazione per cristallizzazione di maggiori masse magmatiche di composizione gabbrica o simile che dovrebbero rappresentare i magmi capostipite primordiali. Non escludo che, a fusione avvenuta, possa aver gioco una vera differenziazione anche nelle masse palingeniche.

Credo che non vi sia più alcuna ragionevole opposizione all'ipotesi che gli strati superiori del nostro pianeta siano dati da un irregolare e forse discontinuo involucro di « sial » (nel quale prevalgono in maniera assoluta le masse granitoidi) poggiato sopra un substrato di « sima » più o meno uniforme. Accertato in maniera indubbia è il prevalente dualismo delle masse di magmatiti: fra le rocce intrusive prevalgono nettamente le granitoidi (circa il 95%) e fra quelle effusive le basaltiche (circa il 98%).

Se vogliamo ora ammettere fusioni frazionate entro le

zolle sialiche, non si spiegherebbe forse la prevalenza sulle altre delle masse granitoidi? Non voglio per ora, data la scarsità dello spazio e lo scopo della mia comunicazione, discutere sull'altra parte dell'ipotesi che spontaneamente si affaccia: le fusioni complete nelle zolle simiche spiegherebbero l'altro termine del dualismo sopra accennato e la maggiore fluidità dei magmi basici darebbe pure ragione alla tendenza di questi a venire alla superficie formando colate effusive.

Uno studio accurato e approfondito dei diagrammi di sistemi ternari finora stabiliti, condotto prevalentemente sopra i tipi riportati nel noto libro di NIGGLI, *Das Magma* (1937), e un tentativo di accordare i diversi sistemi ternari per formare un sistema più complesso n-ario non esprimibile in disegno ma intuibile, permettono di stabilire, con buona approssimazione, quanto segue:

1) la fusione di rocce argillose e arenacee (e chimicamente analoghe) dovrebbe portare inizialmente ad un liquido eutectico di composizione all'incirca granitica;

2) la fusione di graniti e di rocce equivalenti sembra che possa dare un liquido eutectico iniziale con tendenza dioritico-quarzifera fino a granitica schietta;

3) la fusione di una massa gabbrico-basaltica normale pare che porti ad un fuso eutectico iniziale poco diverso dallo stesso magma gabbrico-basaltico, ma dopo un brevissimo intervallo di temperatura si arriverebbe alla completa fusione.

Che in molte province petrografiche granitoidi si notino con evidenza testimonianze di intrusioni successive sia nella massa che nel sistema filoniano, è cosa oramai osservata da molti Autori. Almeno parte di tali manifestazioni successive sono interpretabili, secondo il mio parere che già espressi nel 1943 (« Studi Trent. di Sc. Nat. », ann. XXIII), con ripetute fusioni più o meno parziali. A tale proposito ricordo che nella letteratura petrografica di questi ultimi decenni sono più o meno vastamente affacciate ipotesi

relative a fusioni e rifusioni di un substrato, parziali o totali: da tali idee sono nati i concetti e le definizioni relativi a *palingenesi*, *ichor*, *anatexis*, *sintexis*, *metatexis* ed altri con significato via via modificato e comprendenti fenomeni che vanno dalle semplici rifusioni fino alle mobilitazioni di tipo metamorfico-metasomatico.

La difficoltà maggiore per tutte le ipotesi di rifusione si è incontrata nella spiegazione dell'origine del calore necessario a produrre simili fenomeni. Posti oramai fuori discussione, per molte ragioni che qui non sto a ricordare, il calore primitivo della terra e quello prodotto dalle frizioni entro le correnti tettoniche che si sviluppano durante l'orogenesi, non resta che invocare il calore dovuto alla radioattività. Secondo calcoli di HOLMES (1915) la somma del calore primitivo della terra e di quello prodotto dalla radioattività, dovrebbe portare ad avere verso i 20 km di profondità una temperatura di circa 600°, mentre verso i 50 km si avrebbero temperature di poco più di un migliaio di gradi.

Pur riconoscendo che molte rifusioni debbano avvenire oltre i 20 km di profondità e persino oltre i 50 km, a mio parere esistono buoni argomenti per ammettere che alcune avvengano a profondità inferiori ai 20 km e addirittura a pochi chilometri dalla superficie; a tali conclusioni mi pare che possano portare le osservazioni locali in molti complessi eruttivi granitoidi e la constatazione, oramai ammessa da geologi, da petrografi e da geofisici, che il « sial » abbia uno spessore variabile fra i 60 ed i 30 km e anche meno. Stando così le cose, è chiaro che il normale processo di disintegrazione radioattiva non riesca a produrre tanto calore che, sia pur unito a quello residuo della terra, possa determinare delle vaste rifusioni.

A mio modo di vedere, occorre ammettere l'azione di ben più intense sorgenti di calore che non siano le normali disintegrazioni dei processi radioattivi per spiegare i fenomeni di rifusione. E tali sorgenti di calore ritengo

possano essere ancora riferite alla radiattività, intesa in senso lato. Perchè non si potrebbe avere qua e là entro la litosfera sialica un improvviso sviluppo di energia di origine nucleare? Come l'uomo è stato capace nei suoi laboratori di sviluppare ed utilizzare l'energia nucleare, tanto più facile dev'essere alla natura sprigionare tale energia, nei suoi immensi laboratori, nei quali essa dispone dei fattori fondamentali in misura ben maggiore a quella di cui può disporre l'uomo.

Noi vediamo alla superficie della terra notevoli giacimenti di minerali di elementi radioattivi; è evidente che analoghi giacimenti, forse maggiori, si debbano trovare ad una certa profondità entro l'involucro sialico. Nel seno di queste concentrazioni radioattive potrebbero iniziarsi e svilupparsi intense, rapide e vaste disgregazioni nucleari; e tali concentrazioni potrebbero così venir a costituire il germe, il nocciolo di una vasta massa di rifusione, di una grande tasca di magma palingenico. Forse non è neppur necessario ammettere l'esistenza nè di tali concentrazioni nè che disgregazioni atomiche debbano riferirsi ad elementi radioattivi. Sappiamo così poco sopra la produzione di energia nucleare che vi sono aperte le vie a tutte le più disparate ipotesi; e, si noti, io non mi riferisco alle scarse conoscenze relativamente ai procedimenti che l'uomo ha messo in atto per sprigionare notevoli quantità di energia atomica, ma alle scarse conoscenze che abbiamo delle possibilità a disposizione della natura per ottenere tale energia. Chissà che le stesse grandiose « eruzioni » solari non abbiano analoga origine?

Appunto per il fatto che tutte le ipotesi hanno una via aperta, dopo l'ammissione sopracitata, ritengo di fermarmi qui nella mia teoria, neppure tentando di dare ragione di tali repentine ipotetiche esplosioni di energia nucleare entro la corteccia sialica. Si noti però che le rocce sialiche sono le più ricche di elementi radioattivi e che particolarmente le masse intrusive granitoidi recenti sono

fortemente radioattive. In esse si trovano inoltre giacimenti di minerali di berillio, metallo importante per l'emissione di neutroni. Poichè i minerali berilliferi hanno di solito una termalità più alta dei giacimenti di minerali uraniferi, è raro o eccezionale che i due tipi di minerali si trovino accostati in notevoli quantità, tali da permettere, per le condizioni di giacitura, l'inizio della reazione a catena.

Per concludere questa rapida corsa in un campo così suggestivo di fenomeni dirò che una volta avvenuta la accensione (mi si permetta l'espressione) di energia nucleare, il calore prodotto darebbe inizio a fusioni di masse granitoidi, dapprima limitate nello spazio e complete, poi via via estendentisi nello spazio e affievolendosi in intensità e originando così solo fusioni frazionate, differenziali, con produzione di liquidi eutectici granitici, di « ichor ». La fusione, più o meno parziale, si estenderebbe poi alle rocce incassanti, sfumerebbe in una zona migmatitica, si formerebbero enormi convogli di sostanze volatili che andrebbero a impregnare le rocce più lontane. Entro la massa fusa completamente, molto limitata rispetto a tutta la zona interessata dalla mobilitazione, si inizierebbero poi i complessi processi della differenziazione magmatica per cristallizzazione. Infine i movimenti tettonici che si accompagnerebbero alla dilatazione della vasta massa mobilizzata farebbero sentire i loro effetti in zone più o meno lontane, determinando nel contempo intrusioni di masse fluide, strizzamenti di liquidi che occupano i vani intergranulari in masse non completamente fluide, aiutando l'avanzare del fronte migmatitico e dei convogli di elementi volatili.

Questa mia povera ipotesi non ha la pretesa di essere esauriente, tanto più che devo limitarne l'esposizione a sommi capi. Una indagine approfondita dei problemi qui affacciati potrà forse portare ad un'ipotesi più completa e più equilibrata.

*Bologna, Istituto di Mineralogia e Petrografia dell'Università,  
aprile 1946.*