

M. FERRETTI, C. FESTA, F. IPPOLITO

## QUALCHE CONSIDERAZIONE SULL'APPLICAZIONE DEL METODO DELLE EMULSIONI NUCLEARI ALLO STUDIO DELLE LAVE DEL VESUVIO

1. - Noi abbiamo ritenuto che l'applicazione del metodo delle emulsioni nucleari allo studio della radioattività delle lave del Vesuvio potesse presentare un certo interesse. Con questo metodo ci proponevamo di raggiungere i risultati seguenti: *a*) studio della variazione del contenuto in elementi radioattivi con la data di eruzione; *b*) identificazione dei centri di emissione alfa; *c*) determinazione dell'esistenza dell'equilibrio radioattivo e, in caso contrario, determinazione dell'epoca di rottura dell'equilibrio stesso.

Le ricerche sono state eseguite con lastre Ilford C2 da 50  $\mu$  esposte all'irraggiamento di sezioni sottili (di spessore superiore a 50  $\mu$ ) di lave di differente età.

2 - Una variazione del contenuto radioattivo con la data di eruzione era già stata osservata da Joly (1): le sue misure possono essere poste in relazione con quelle eseguite da Holmes (2) e più recentemente da Keevil (3) sui graniti; l'interesse della ricerca risiede in parte nel fatto che il fenomeno osservato non si presenta in altri vulcani (v. le ricerche analoghe condotte sulle lave dell'Etna da Santangelo e coll. (4)) e dall'altra nel fatto che è difficile ottenere informazioni dirette sui fenomeni molto complessi della evoluzione e differenziazione del magma del Somma-Vesuvio, già studiato da Rittmann fin dal 1933 (5).

I risultati della nostra ricerca hanno confermato che la radioattività delle lave aumenta con la data di eruzione. L'attività globale media dei tre campioni di lava, rispettivamente delle eruzioni del 79 d. C., 1760 e 1862, è di:

- 8,4 x 10<sup>-1</sup> tracce per cm<sup>2</sup> e per sec nella lava del 79 d. C.;
- 30,7 x 10<sup>-1</sup> tracce per cm<sup>2</sup> e per sec nella lava del 1760;
- 38,7 x 10<sup>-1</sup> tracce per cm<sup>2</sup> e per sec nella lava del 1872;

in accordo con i valori recentemente ottenuti da Imbò e coll. (6) con un metodo analogo.

3. - I risultati parziali relativi al punto b) sono già stati pubblicati in una nota preliminare (7). In particolare è stata studiata una lava della colata di Castel Cisterna, che è attribuita alla eruzione pliniana del 79 d. C. Si tratta di una tefrite a leucite a struttura porfirica, con una massa fondamentale olocristallina a grana fine. I fenocristalli, aventi le dimensioni di qualche mm, sono costituiti essenzialmente di augite e di leucite; i cristalli di augite, più frequenti e un po' più sviluppati, presentano generalmente una forma prismatica e contengono quasi sempre numerosi inclusi; i cristalli di leucite, generalmente abbastanza limpidi, contengono pochissimi inclusi, molto piccoli. Va notata infine la presenza di qualche fenocristallo di olivina completamente alterato, o quasi, in ematite e limonite. La massa fondamentale è costituita da plagioclasti, augite, leucite e da minerali opachi (magnetite). In particolare nella sezione esaminata la biotite è molto rara e spesso senza inclusi.

L'esame della distribuzione delle particelle alfa indica anzitutto che in questa lava non esistono minerali specifici di uranio e torio, ciò che, del resto, era prevedibile in base a considerazioni magmalogiche. Inoltre è stata osservata l'esistenza di zone nelle quali si ha una concentrazione del materiale inattivo e di altre nelle quali il materiale attivo sembra particolarmente concentrato. Le zone nelle quali l'intensità è minore corrispondono ai fenocristalli; questo fatto sta ad indicare che nei fenocristalli intratellurici, che si sono formati nella massa del magma prima dell'eruzione, non si sono verificate sensibili sostituzioni isomorfe degli elementi radioattivi con altri elementi di prossimo raggio ionico. Si deve dunque ammettere che le sostituzioni isomorfe di altri elementi da parte di elementi radioattivi avvengano in presenza della fase gassosa del magma, all'atto della eruzione e della successiva rapida cristallizzazione della lava. Questo fatto si inquadra perfettamente col noto comportamento degli elementi radioattivi, che tendono a restare nella fase gassosa, dando origine, nel caso di solidificazione completa, a minerali specifici dallo stadio pneumatolitico all'idrotermale. Con tutta probabilità le concentrazioni di particelle alfa superiori alla media sono dovute alla presenza di

qualche incluso (zircono, ilmenite, titanite) fra i minerali essenziali del feltro. Le zone rimanenti, aventi una distribuzione di particelle alfa abbastanza omogenea, ci autorizzano a ritenere che gli elementi radioattivi abbiano sostituito isomorficamente altri ioni di raggio ionico prossimo, più o meno in tutti i minerali della massa fondamentale; probabilmente l'uranio avrà sostituito il calcio.

4. - Per quanto riguarda il punto c) si può anzitutto osservare che l'evoluzione del magma del Somma-Vesuvio ha probabilmente dato luogo a fenomeni geochimici selettivi, a causa dell'azione delle masse magmatiche sulle rocce di contatto. In conseguenza di questo fenomeno potrebbe essersi prodotta una alterazione dell'equilibrio radioattivo tra i differenti elementi della medesima famiglia; questa alterazione può spiegarsi facilmente mediante un passaggio del magma dallo stadio «ottavianitico» al «vesuvitico». D'altra parte nello studio di fenomeni di questo tipo non bisogna dimenticare che gli elementi delle tre famiglie radioattive hanno caratteristiche geochimiche completamente differenti da quelle dell'elemento originario: di conseguenza essi possono concentrarsi in minerali di contatto particolari: oppure partecipare a processi di differenziazione.

Ci siamo dunque proposti di studiare se dallo studio della distribuzione delle energie delle particelle alfa si potevano trarre informazioni sulla evoluzione delle famiglie radioattive nei minerali eruttati dal Vesuvio. Il problema riguarda unicamente la famiglia dell'uranio perchè si può supporre che, in ciascuno dei campioni studiati, il torio fosse in equilibrio con tutti i suoi discendenti. Nell'ipotesi che, per es., si possa dire altrettanto dei membri della famiglia dell'uranio dallo ionio in avanti, si tratterebbe unicamente di determinare la concentrazione dello ionio e dell'uranio nel campione studiato. Allora dal valore di queste concentrazioni si dedurrebbe un limite superiore per il tempo nel quale è avvenuta la rottura dell'equilibrio. È evidente che quanto precede potrebbe applicarsi anche al caso in cui la rottura dell'equilibrio abbia avuto luogo in tempi relativamente recenti e cioè dal radio in poi.

Ma determinazioni di questo genere richiedono la conoscenza delle funzioni di distribuzione delle proiezioni orizzontali delle particelle alfa emesse rispettivamente dall'uranio I e II, dallo ionio

in equilibrio con i suoi discendenti ecc. Queste funzioni sono state calcolate da Buttlar e Houtermans (8) nell'ipotesi che l'attività del minerale sia distribuita in maniera omogenea sulla superficie studiata e che il minerale sia costituito da minerali abbastanza grandi o abbastanza piccoli in confronto al percorso delle particelle alfa nel minerale stesso.

Per conoscere le dimensioni medie dei cristalli, i campioni di lava sono stati studiati per mezzo dell'integratore presso l'Istituto di Geologia applicata dell'Università di Napoli. In questo modo si è potuto stabilire che un buon 50% di questi cristalli ha le dimensioni dello stesso ordine di grandezza del percorso delle particelle alfa nella lava, il che porterebbe ad escludere la possibilità di applicare il metodo di Buttlar e Houtermans al nostro caso.

Si può tuttavia osservare che la suddetta condizione non è essenziale per la applicazione del metodo, purchè si possa ammettere che il valore medio della attività su tutta la superficie della lava non dipenda sensibilmente dalla profondità dello strato attivo. Si avranno tuttavia delle fluttuazioni intorno alla media dovute alle dimensioni finite dei cristalli. Queste fluttuazioni possono essere calcolate e si può dimostrare che l'errore dovuto a questo fenomeno è molto più piccolo dell'errore statistico dovuto alle nostre condizioni sperimentali. Esso può quindi essere trascurato e i dati dell'esperienza possono essere utilizzati senza preoccuparsi delle dimensioni dei cristalli.

Lo studio del problema dell'equilibrio esige l'eliminazione delle tracce dovute al torio. Ora il metodo di Buttlar e Houtermans non è molto sensibile per quel che riguarda la determinazione del rapporto Th/U. Si vede facilmente che il rapporto può essere determinato con la precisione del 30% solamente se si contano almeno diecimila tracce di particelle alfa. Tuttavia se si determina il valore del rapporto Th/U per mezzo di una esperienza indipendente, il metodo di Buttlar e Houtermans può essere applicato allo studio dell'equilibrio radioattivo: infatti in questo caso lo studio del problema conduce alla misura del rapporto Io/U e la situazione dal punto di vista statistico è assai più vantaggiosa.

5. - Ora vorremmo segnalare un fenomeno osservato nel corso di queste ricerche, che ci sembra presenti un certo interesse. Dal confronto delle curve sperimentali ottenute con i tre campioni di

lava con quelle che ci si dovrebbero attendere nel caso dell'equilibrio radioattivo, risulta per lunghezze superiori a  $22 \mu$  nell'emulsione la curva sperimentale si discosta dalla curva teorica anche per le lunghezze corrispondenti ai percorsi relativi ai membri meno stabili della famiglia dell'uranio; questo fatto non può essere giustificato, quindi, con una rottura di equilibrio avvenuta in tempi geologici e neppure all'epoca della eruzione. Tale disaccordo resta entro i limiti degli errori statistici fin quando si contano circa mille tracce, ma diviene evidente allorchè il numero delle tracce contate per ciascun campione viene portato a diecimila come è stato fatto nella nostra ricerca.

Noi riteniamo che una possibile spiegazione del fenomeno possa trovarsi nella diffusione del radon dagli strati superficiali della lava con conseguente rottura dell'equilibrio a partire dall'emanazione. Attualmente sono in corso altri controlli che permetteranno di assicurarcene.

I mezzi per l'esecuzione di questa ricerca sono stati forniti dal prof. Enrico Medi, direttore dell'Istituto Nazionale di Geofisica, che sentitamente ringraziamo.

*Roma - Istituto di Fisica «G. Marconi» - Istituto Nazionale di Geofisica - Comitato Nazionale per le Ricerche Nucleari - ottobre 1954.*

#### BIBLIOGRAFIA

- (1) JOLY J.: «Phil. Mag.», **18**, 577 (1909).
- (2) GUTENBERG B.: «Internal constitution of the Earth» N. York p. 154, (1951).
- (3) U.G.G.I., Comité pour l'étude de la physique de l'intérieur de la terre: «Comptes rendus des séances tenues à Bruxelles du 16 au 29 aout 1951». «Ann.de Géoph.», **8**, 112 (1952).
- (4) BARBERA L., CURATOLO M., ADDARIO INDOVINA M.M., PALUMBO D. e SANTANGELO M.: «Ann. di Geof.», **6**, 161, (1953).
- (5) RITTMANN A.: Zeits. f. Vulk.; **15**, 1933.
- (6) IMBÒ G. e CASERTANO L.: «Ann. di Geof.», **6**, 315, (1953).
- (7) BACHELET F., FERRETTI SFORZINI M. e IPPOLITO F.: «N. Cim.», **8**, 851, (1951).
- (8) BUTTLAR H. und HOUTERMANS F. G.: «Geoch. et. Cosmoch. Acta», **2**, 43 (1951).