

B. PIGORINI e F. VENIALE

UN ESEMPIO NATURALE DI TRASFORMAZIONE  
BROOKITE → OTTAEDRITE IN CONDIZIONI  
DI ALTERAZIONE SUPERFICIALE ATMOSFERICA

**Riassunto.** — In un campione di granitite appartenente alle formazioni granitoidi della Val Sessera (Vercelli) si è ritrovata della brookite in granuli tozzi arrotondati, mentre nel relativo prodotto di alterazione atmosferica (grado intermedio) i granuli di brookite si mostrano fortemente corrosi; nel «sabbione» arkosico di estrema alterazione è presente, oltre ad anatasio tabulare, anche anatasio ad abito bipiramidale (ottaedrite) e la brookite è assai rara, talora anche assente, ed in granuli irregolari che presentano caratteristiche ottiche insolite. Si suppone che la brookite, di genesi pneumatolitica entro la roccia fresca, si trasformi in ottaedrite nelle condizioni dell'ambiente superficiale.

**Abstract.** — Stumpy and subrounded brookite occurs in a sample of biotite-granite from Val Sessera (Vercelli Province, North Italy). The grains of brookite show evident traces of corrosion in the relative weathering products of intermediate grade, whereas bipyramidal anatase (octahedrite), sometimes associated with tabular anatase and rare irregular brookite showing unusual optic characteristics, has also been found in the sandy arkosic materials of extreme weathering. Brookite also disappears completely in some of these products of extreme weathering. It is suggested that octahedrite may result as a consequence of transformation of the pneumatolytic brookite under conditions of surface environment.

### Introduzione

Nel corso di uno studio sistematico sui minerali pesanti accessori di rocce granitiche appartenenti al «massiccio dei laghi», alla zona della Bassa Valsesia-Val Sessera ed alla regione del Canavese (vedi nota preliminare: PIGORINI-SOGGETTI-VENIALE, 1964) e dei relativi prodotti di alterazione, è stata osservata in una granitite della Val Sessera <sup>(1)</sup> la presenza di brookite ancora nella roccia fresca; nei prodotti di alte-

---

<sup>(1)</sup> Lo studio petrografico e petrochimico di queste formazioni è stato compiuto da uno di noi (VENIALE, 1961).

razione atmosferica in posto a vario grado di intensità, oltre alla formazione autigenica di anatasio ad abito tabulare, correlata al grado di alterazione della biotite (vedi in questo stesso volume: PIGORINI-VENIALE, 1965), si è notata anche una trasformazione della brookite in ottaedrite (anatasio ad abito bipiramidale).

### Caratteristiche della brookite e dell'ottaedrite

Nel già citato studio sull'anatasio autigenico è stato messo in evidenza l'aumento del tenore di anatasio nei prodotti di alterazione superficiale sempre più intensa della granitite, attribuendolo alla sequenza di alterazione della biotite (→decolorata/alterata →clorite), la quale porta all'espulsione del titanio e del ferro dal reticolo della mica. Era stato anche accennato al fatto che nella granitite fresca si è però rinvenuta pure della brookite, il cui contenuto va diminuendo nei materiali corrispondenti ad un grado intermedio di alterazione della roccia, per scomparire addirittura del tutto nei « sabbioni » di estrema alterazione. Un comportamento, questo delle brookite, opposto a quello dell'anatasio.

I dati quantitativi <sup>(2)</sup> possono così essere schematizzati:

	roccia fresca	roccia con incipiente alterazione	« sabbione » arcoseo di estrema alterazione
brookite	9%	2%	assai scarsa o assente
minerale di incerta distinzione fra brookite e anatasio (ottaedrite)	2%	5%	> 30% predomina l'anatasio tabulare associato ad ottaedrite (anatasio bipiramidale)

La *brookite* è facilmente distinguibile dalle altre modificazioni del  $TiO_2$ , ed in particolar modo dall'anatasio, per le sue curiose ed anomale caratteristiche ottiche già dettagliatamente descritte da BRAMMALL (1928); altre anomalie ottiche sono state discusse da RUDOLPH (1943) e poi da IKORNIKOVA-LAEMMLEIN (1948). Per maggiori dati si veda anche:

(<sup>2</sup>) Le percentuali sono relative alla sola frazione di minerali pesanti.

GHOSH (1928), WINCHELL (1946), DUPLAIX (1948), TRÖGER (1956) e MILNER (1962). Il fenomeno più tipico è la dispersione incrociata del piano degli assi ottici osservabile in luce monocromatica di diversa lunghezza d'onda; inoltre spesso i colori di interferenza sono anomali e talora non è individuabile alcuna posizione di estinzione.

I granuli di brookite osservati nella granitite della Val Sessera sono di colore giallo-rossastro e presentano una morfologia piuttosto irregolare, prevalentemente di aspetto tozzo arrotondato (Tav. I - 1, 2, 3, 4); nei prodotti di alterazione non molto spinta della roccia essi sono fortemente corrosi ai bordi e lungo tracce di frattura, talvolta con patine opache superficiali (Tav. I - 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12). Nei prodotti di alterazione, sia di grado intermedio che estremo, certi granuli sono costituiti dalla associazione di una parte a morfologia irregolare e con forti corrosioni, anche con zone opacizzate, e da altri elementi a forma più regolare (Tav. I - 5, 9, 12); le caratteristiche ottiche delle differenti parti che sono presenti nel medesimo granulo sono talora nettamente distinte e riferibili l'una a brookite e l'altra ad anatasio, ma più spesso tale distinzione non è affatto possibile. Ciò vale pure per altri granuli di forma più regolare, quasi tabulare, e con opacizzazione diffusa, anche se non molto intensa (Tav. I - 15, 16, 17).

Bisogna ricordare a questo proposito che RASTALL (1938) aveva segnalato un raro esempio di brookite senza dispersione incrociata del piano degli assi ottici, essendo lo stesso coincidente con (001) per tutte le lunghezze d'onda.

Granuli di brookite con abito tabulare sono stati osservati, sia nella granitite fresca che nei prodotti di leggera alterazione atmosferica, in qualche raro caso ancora accollati a lamine di biotite decolorata e clorite (Tav. I - 13). Essi si possono ricondurre ai cristalli di brookite descritti da PHILLIPS (1932), con abito tabulare e sviluppati parallelamente al piano basale; questo minerale invece, quando ha abito tabulare, risulta sviluppato parallelo a (100). Comunque anche cristalli di brookite tabulari con allungamento verticale sono piuttosto eccezionali; esempi sono stati riportati recentemente da CERNY (1956).

L'*ottaedrite* è piuttosto rara nella roccia debolmente alterata e si fa relativamente più abbondante solo nei prodotti di alterazione più spinta. L'abito bipiramidale è chiaramente riconoscibile (Tav. I - 14), sebbene costantemente poco regolare.

### Considerazioni genetiche

La letteratura inerente le differenze strutturali e le varie condizioni di formazione, stabilità e trasformazione dei diversi polimorfi del  $TiO_2$  è stata discussa già in altra sede (PIGORINI-VENIALE, 1965).

A noi è parso degno di nota segnalare questo esempio ritrovato in natura di trasformazione della brookite in anatasio (ottaedrite).

Finora infatti le ricerche sperimentali avevano segnalato trasformazioni di anatasio e di brookite in rutilo <sup>(3)</sup>, specialmente per effetto di trattamenti termici a temperature piuttosto elevate (800-1000°C ed anche più); mai però, a quanto ci consta, è stato segnalato un passaggio da brookite ad anatasio, e per di più in condizioni superficiali. Non mancano, è vero, esempi di pseudomorfo di anatasio su minerali titaniferi, ma questi sono del tipo titanite o ilmenite, come i casi recentemente citati e discussi da MITCHELL (1964).

Purtroppo le conoscenze sulle condizioni di stabilità delle diverse fasi del  $TiO_2$  a bassa temperatura sono ancora piuttosto imperfette ed incerte; impurità presenti nelle soluzioni e pH (SCHOSSBERGER, 1942) e velocità di alterazione/trasformazione oltre che la natura ed il grado di cristallinità dei minerali originari (PIGORINI-VENIALE, 1965) sembrano i fattori predominanti, almeno nelle condizioni di alterazione atmosferica superficiale dove trascurabili sono gli effetti della pressione e della temperatura.

La brookite, con condizioni strutturali metastabili rispetto ad anatasio e rutilo (SCHRÖDER, 1928. WEYL, 1959), è ritenuta di genesi pneumatolitica (e idrotermale ?) (BRAMMALL-HARWOOD, 1927, CERNY, 1956). Anche nella granitite studiata essa può ritenersi formata durante questo stadio della solidificazione della roccia; infatti la biotite fresca è quasi assente nella roccia compatta (vedi fig. 1: PIGORINI-VENIALE, 1965) e ciò indica che questo minerale deve avere subito un'alterazione già durante gli stadi tardivi della solidificazione magmatica, con segregazione della brookite.

La brookite, presente nella roccia compatta, va diminuendo gradualmente, fino anche a scomparire, nei prodotti di alterazione man mano che ne aumenta l'intensità; parallelamente cresce invece l'anatasio tabulare autigenico e compare l'ottaedrite. Sembra logico quindi

---

<sup>(3)</sup> SIGRIST (1947) nega la prima di queste possibilità.

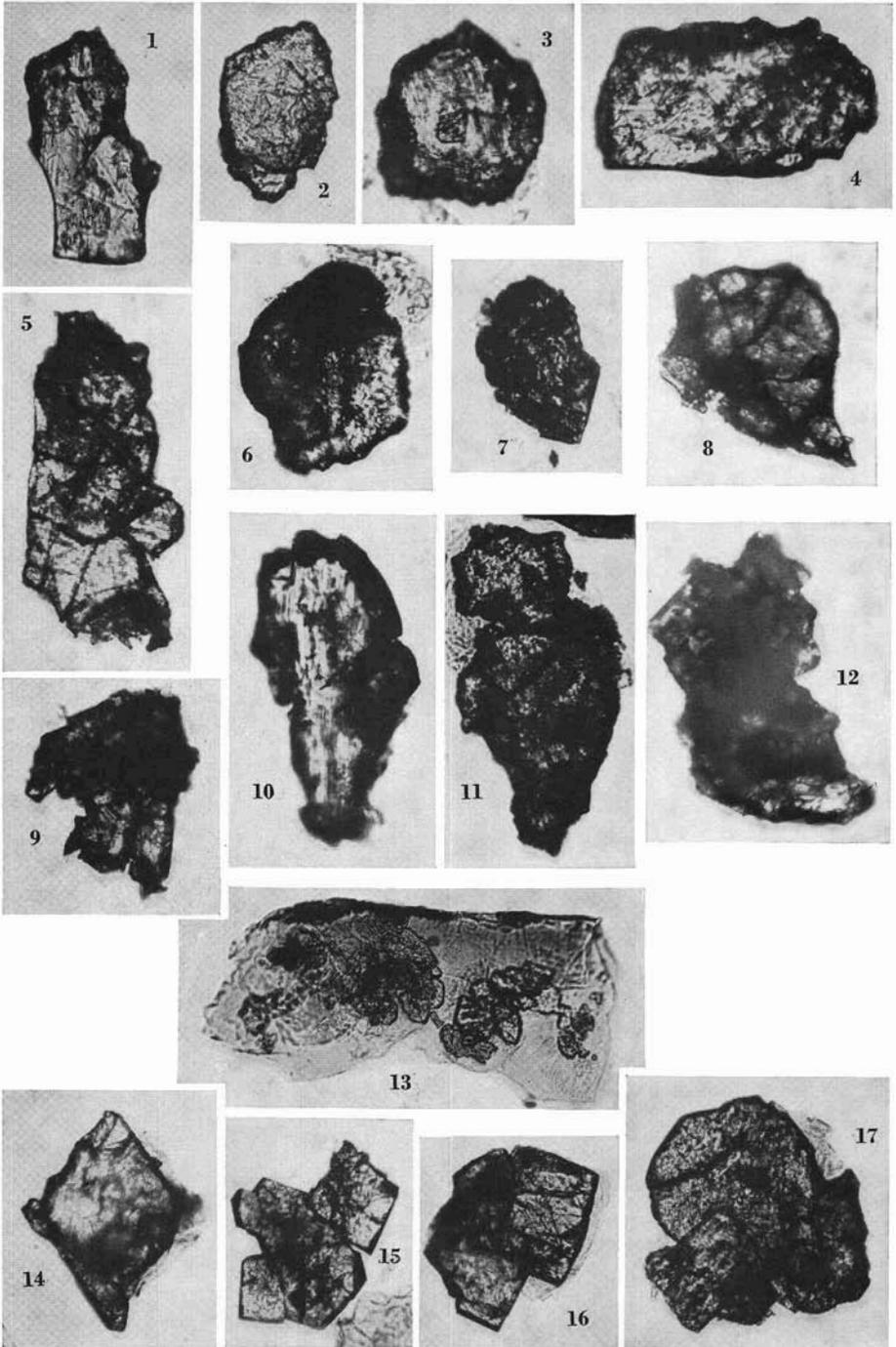
supporre che il passaggio da brookite ad ottaedrite, attraverso forme intermedie come mostrano i cristalli con caratteristiche morfologiche ed ottiche ibride rispetto a quelle della tipica brookite e dell'anatasio (ottaedrite), avvenga nelle condizioni dell'ambiente di alterazione superficiale. Resta così ancora una volta confermato che l'anatasio rappresenta la fase polimorfa del  $TiO_2$  più stabile in condizioni di bassa temperatura e pressione.

*Istituto di Mineralogia, Petrografia e Geochimica.  
Università di Pavia, dicembre 1964.*

## BIBLIOGRAFIA

- BRAMMALL A. (1928) - *Dartmoor detritals: a study in provenance*. Proc. Geol. Assoc. London, 39, 27.
- BRAMMALL A. e HARWOOD H. F. (1927) - *The temperature-range of formation for tourmaline, rutile, brookite and anatase in the Dartmoor granite*. Miner. Mag., 21, 205.
- CERNY P. (1956) - *Anatas a brookit z andesitu od Uherského Brodu*. Casopis Moravského Musea, 41, 61. [M.A. 14-225].
- DUPLAIX S. (1948) - *Détermination microscopique des minéraux des sables*. Berger, Paris.
- GHOSH P. H. (1928) - *Mineral assemblage of the Flamonth granite*. Proc. Geol. Assoc. London, 39, 332.
- IKORNIKOVA-LAEMMLEIN N. G. (1946) - *On the optic anomalies of brookite*. Doklady Acad. Sci. URSS, 53, 251.
- MILNER H. (1962) - *Sedimentary Petrography*. 4<sup>a</sup> ed. - 1<sup>o</sup> vol.: *Principles and applications*. 2<sup>o</sup> vol.: *Methods in sedimentary petrography*. Allen e Unwin, London.
- MITCHELL R. S. (1964) - *Pseudomorphs of anatase after sphene from Roanoke County, Virginia*. Amer. Miner., 49, 1136.
- PHILLIPS F. C. (1932) - *Crystals of brookite tabular parallel to the basal plane*. Miner. Mag., 23, 126.
- PIGORINI B., SOGGETTI F. e VENIALE F. (1964) - *I minerali pesanti accessori nei graniti sub-alpini (dal lago Maggiore al Canavese)*. Nota preliminare. Rend. Soc. Miner. Ital., 20, 229.
- PIGORINI B. e VENIALE F. (1965) - *Anatasio autigenico in prodotti di alterazione atmosferica di rocce granitiche*. Rend. Soc. Miner. Ital., 21.
- RASTALL R. H. (1938) - *On brookite crystals in Dogger*. Geol. Mag., 75, 433.
- RUDOLPH J. (1943) - *Über den schweizer Brookit und seine optischen Anomalien*. Schweiz. Miner. Petr. Mitt., 23, 437.

- SCHOSSBERGER F. (1942) - *Über die Umwandlung des Titandioxyds*. Zeit. Krist., 104, 358.
- SCHRÖDER A. (1928) - *Beiträge zur Kenntnis des Feinbaues des Brookits und des physikalischen Verhaltens sowie der Zustandsänderungen der drei natürlichen Titandioxyde*. Zeit. Krist., 67, 485.
- SIGRIST F. (1947) - *Beiträge zur Kenntnis der Petrographie und der alpinen Zerkluftlagerstätten des östlichen Aarmassives*. Schweiz. Miner. Petr. Mitt., 27, 39.
- TRÖGER W. (1956) - *Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale*. 2<sup>a</sup> ed. - Teil I: *Bestimmungstabellen*. Nägele e Obermiller, Stuttgart.
- VENIALE F. (1961) - *Le formazioni granitoidi della Val Sessera*. Rend. Soc. Miner. Ital., 17, 543.
- WEYL R. (1959) - *Präzisionsbestimmung der Kristallstruktur des Brookites, TiO<sub>2</sub>*. Zeit. Krist., 111, 401.
- WINCHELL A. (1946) - *Elements of Optical Mineralogy*. Part. I: *Principles and methods*. Part II: *Descriptions of minerals*. Part III: *Determinative tables*. Wiley, London.



Caratteristiche morfologiche della brookite e dell'ottaedrite.