

SULLA PRESENZA DI ANALCIME NELLA « PIETRA VERDE »  
DEGLI STRATI DI LIVINALLONGO DELLA LOCALITÀ TIPO  
(ALTA VALLE DEL CORDEVOLE - DOLOMITI)

**Riassunto.** — Gli Autori riferiscono sul ritrovamento di analcime fra i costituenti essenziali di numerosi campioni di « pietra verde » raccolti entro gli Strati di Livinallongo (= Buchenstein) della località tipo, nell'Alta Valle del Cordevole (Dolomiti).

Nell'area presa in considerazione la « pietra verde » ladinica è costituita principalmente da rocce arenaceo-siltose, che sono state interpretate come tufi sottomarini. Tali rocce sono costituite in massima parte da materiali quarzoso-feldspatici, con minori quantità di prodotti micacei. L'analcime è stato rinvenuto sia nelle rocce di grado arenaceo che in quelle di tipo siltoso. Tuttavia, la zeolite compare solo nei letti di « pietra verde » che contenevano in origine dei materiali vetrosi. Ciò si può facilmente dedurre dal fatto che il minerale zeolitico appare spesso pseudomorfo su schegge di vetro vulcanico. E' interessante segnalare l'intima associazione fra analcime ed albite autigena osservata in alcune « pietre verdi » di grado siltoso.

In base alle proprietà fisico-cristallografiche ( $a_0 = 13.69 \text{ \AA}$ ,  $n = 1.484$ ) si deduce che il minerale studiato è una varietà di analcime ricca di silice.

I fenomeni di analcimizzazione qui descritti sono stati imputati all'azione della diagenesi conseguente al seppellimento degli strati ladinici. E' stato messo in particolare rilievo il significato petrogenetico della presenza di analcime in queste rocce quale indicatore di originari tufi cristallo-vitrici.

**Abstract.** — Analcite has been recognised among the major constituents of many rock samples of the so-called « pietra verde » which belongs to the Buchensteiner Horizon (Lower Ladinian) of the type-locality, in the Cordevole Valley (Dolomitic Region).

In the investigated area the « pietra verde » is mainly composed of arenaceous and silt-graded rocks, which have been interpreted as submarine tuffs. They have predominantly a quartz-feldspathic composition, with minor amounts of micaceous materials. Analcite has been found in arenaceous as well as in silt-graded rocks. Its presence, however, is confined to those beds of « pietra verde » which originally contained glassy materials. This can be easily inferred from the fact that the zeolitic mineral is very often pseudomorph on glass shards. Very interesting is the close association between analcime and authigenic albite observed in some of the silt-graded samples of « pietra verde ».

From the physical and crystallographical properties ( $a_0 = 13.69 \text{ \AA}$ ,  $n = 1.484$ ) it has been inferred that the studied mineral is a silica-rich variety of analcite.

The observed analcimization processes have been attributed to the diagenesis following the burial of the ladinian strata. It has been stressed the petrological meaning of the occurrence of analcite in these rocks as indicator of original crystall-vitric tuffs.

### Premessa

Il presente lavoro fa parte di un ciclo di ricerche petrografiche che da qualche anno uno di noi (E. Callegari) sta svolgendo sulle intercalazioni di « pietra verde » comprese entro agli Strati di Livinallongo della località tipo nell'Alta Valle del Cordevole (Dolomiti bellunesi).

Nella regione dolomitica gli Strati di Livinallongo costituiscono una serie intercalata fra la dolomia del Serla e le formazioni del Ladinico superiore, come risulta dai vecchi Autori (23, 33, 35, 39, 40, 60) e dai più recenti contributi di P. LEONARDI e della sua scuola (28, 32, 1, 53, 54). Si tratta di un complesso costituito da banchi di calcari nodulari ricchi di selce, da straterelli marnosi frequentemente ondulati, e da banchi di calcari lastriformi selciferi. Entro a questi strati si trovano spesso delle intercalazioni più o meno sviluppate di materiali tufacei, che, per la loro caratteristica colorazione, sono noti col nome locale di « pietra verde ». Gli orizzonti a « pietra verde » non sono presenti in tutta la regione dolomitica (bibl. 32, 42, 53, 54); essi sono tuttavia molto diffusi negli Strati di Livinallongo della località tipo (= Buchenstein), dove si trovano a costituire strati o banchi di color grigio-verde, verde bottiglia o verde-azzurro, con spessori variabili da qualche centimetro a qualche metro. Lo spessore globale della « pietra verde » può assommare in certi casi ad alcune decine di metri.

Nell'Alta Valle del Cordevole i letti di « pietra verde » sono in genere presenti in tutta la serie: i banchi più potenti si troverebbero, secondo B. ACCORDI (bibl. 1), nella parte superiore di essa.

Gli studiosi che si sono occupati della regione dolomitica concordano nel ritenere che la « pietra verde » ladinica sia costituita in massima parte da materiali tufacei depositatisi in ambiente marino (bibl. 1, 23, 32, 35, 36, 42, 53, 54).

Nell'area dell'Alta Val Cordevole si possono distinguere sul terreno due tipi fondamentali di « pietra verde »: l'uno a grana grossa, di aspetto arenaceo, compatto o leggermente friabile; l'altro a grana fine o finissima, dotato di una buona compattezza, e caratterizzato di norma da una tessitura finemente listata.

Al microscopio le facies grossolane si rivelano costituite da una abbondante frazione clastica di grado arenaceo, composta in prevalenza da feldispati (plagioclasti e feldispato potassico), con subordinati quarzo e biotite, e da una frazione cementante a grana microcristallina costituita da prodotti quarzoso-cloritico-micacei, cui talora si associano discrete quantità di calcite in plaghe. In certe rocce la calcite può essere assai abbondante.

L'esame microscopico della « pietra verde » fine, costituita da materiali elastici di grado siltoso, non consente di accertare la sua composizione mineralogica essenziale, a causa dell'estrema finezza dei granuli e della loro bassa birifrangenza. Per lo studio petrografico di questi materiali è stato necessario ricorrere all'ausilio di tecniche diffrattometriche, con le quali si è potuto individuare fra i costituenti essenziali, oltre a quarzo, feldispati e prodotti cloritico-micacei, anche una zeolite del tipo analcime.

Dato l'interesse suscitato dal ritrovamento di questo minerale, che viene segnalato per la prima volta in queste rocce, abbiamo pensato di estendere l'indagine all'intera formazione della « pietra verde » e di riferire in questa nota sui risultati conseguiti.

### Parte sperimentale

Per la presente ricerca sono stati presi in considerazione 36 campioni di « pietra verde » raccolti entro agli Strati di Livinallongo della località tipo, servendoci come base del rilevamento geologico dell'Alta Valle del Cordevole (scala 1:25.000) offerto da B. ACCORDI (bibl. 1).

Le località di raccolta dei campioni sono indicate in Tab. I; nella stessa tabella vengono inoltre riportate le associazioni mineralogiche essenziali delle rocce analizzate (fra parentesi sono indicati i costituenti presenti in quantità relativamente modeste), ed anche le quantità di analcime (% in peso) riscontrate nei vari campioni mediante dosaggio diffrattometrico <sup>(1)</sup>.

---

<sup>(1)</sup> La stima quantitativa è stata effettuata col metodo degli incrementi successivi (bibl. 24), utilizzando il riflesso dell'analcime a  $26.02^\circ$  di  $2\theta$  (radiaz.  $\text{CuK}\alpha$ ) e le seguenti condizioni sperimentali: velocità di scanning  $1/8$  di  $2\theta$  per minuto, costante di tempo 4, granulometria del materiale utilizzato  $< 10 \mu$ . Tutte le misure diffrattometriche eseguite per questo lavoro sono state fatte con un diffrattometro Y-125 della HILGER e WATTS, munito di scintillatori.

TABELLA I.

*Località di raccolta dei campioni studiati, contenuto in analcime  
e associazione mineralogica essenziale degli stessi*

| Località (*)                                                      | Tipo di<br>pietra verde (**) | %<br>di analcime<br>(in peso) | Costituenti essenziali<br>della roccia<br>(oltre all' analcime) |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 1. Sulla strada fra Ru-<br>cavà e Villagrande                     | arenaceo ve-az               | 10                            | Quarzo-feldispati-(calcite-miche)                               |
| 2. Id. Id.                                                        | arenaceo gr-ve               | assente                       | Feldispati-quarzo-miche-(calcite)                               |
| 3. Id. Id.                                                        | arenaceo gr-ve               | 4                             | Quarzo-feldispati-miche-calcite                                 |
| 4. A Nord di Andraz, in<br>località Franza                        | arenaceo ve-az               | assente                       | Quarzo-calcite-miche-feldispati                                 |
| 5. Id. Id.                                                        | arenaceo ve-az               | 3                             | Quarzo-calcite-feldispati                                       |
| 6. Id. Id.                                                        | siltoso gr-ve                | assente                       | Quarzo-calcite-feldispati                                       |
| 7. Pala-Agai                                                      | arenaceo gr-ve               | 10                            | Quarzo-feldispati-(calcite-miche)                               |
| 8. Id. Id.                                                        | siltoso ve-az                | 10                            | Quarzo-(miche-feldispati)                                       |
| 9. Id. Id.                                                        | arenaceo ve-az               | 7                             | Feldispati-quarzo-(miche)                                       |
| 10. Id. Id.                                                       | arenaceo ve-az               | assente                       | Feldispati-quarzo-(miche)                                       |
| 11. Località Brusè, sotto<br>la carrozzabile del Col<br>di Lana   | siltoso ve-az                | 22                            | Quarzo-(feldispati-calcite)                                     |
| 12. Id. Id.                                                       | siltoso gr-ve                | 3                             | Quarzo-feldispati-(calcite)                                     |
| 13. Id. Id.                                                       | arenaceo ve-az               | 7                             | Quarzo-feldispati-(calcite-miche)                               |
| 14. Id. Id.                                                       | siltoso ve-az                | 3                             | Quarzo-feldispati-(calcite)                                     |
| 15. Id. Id.                                                       | arenaceo ve-az               | 3                             | Quarzo-feldispati-(miche)                                       |
| 16. Località Plan Maiou,<br>sulla carrozzabile del<br>Col di Lana | arenaceo gr-ve               | 3                             | Feldispati-quarzo-(miche)                                       |
| 17. Pian della Lasta                                              | siltoso ve-az                | assente                       | Quarzo-feldispati-calcite-(miche)                               |
| 18. Località Prade                                                | arenaceo gr                  | 3                             | Feldispati-(miche-quarzo-calcite)                               |

(\*) Per i nomi delle località si è fatto riferimento alla carta geologica (1:25.000) di B. ACCORDI (1959).

(\*\*) Significato delle abbreviazioni: ve-az = verde azzurrognolo, ve = verde, gr-ve = grigio-verde, gr = grigio.

| Località                   | Tipo di<br>pietra verde | %<br>analcime<br>(in peso) | Costituenti essenziali<br>della roccia<br>(oltre all'analcime) |
|----------------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------|
| 19. Col Dadaut             | siltoso gr-ve           | 3                          | Feldispati-quarzo-(calcite-miche)                              |
| 20. Località Sottinghiazzo | siltoso gr-ve           | 3                          | Feldispati-quarzo-(miche-calcite)                              |
| 21. Id. Id.                | arenaceo ve             | assente                    | Quarzo-calcite-feldispati-(miche)                              |
| 22. Livinè                 | siltoso gr-ve           | 7                          | Quarzo-(feldispati)                                            |
| 23. Id. Id.                | siltoso gr-ve           | assente                    | Quarzo-(feldispati-calcite)                                    |
| 24. Id. Id.                | siltoso gr-ve           | 7                          | Quarzo-(feldispati-calcite)                                    |
| 25. Id. Id.                | arenaceo ve             | assente                    | Feldispati-calcite-quarzo-miche                                |
| 26. Id. Id.                | arenaceo ve-az          | 3                          | Quarzo-feldispati                                              |
| 27. Id. Id.                | arenaceo ve-az          | assente                    | Quarzo-feldispati-(miche)                                      |
| 28. Id. Id.                | siltoso ve-az           | 12                         | Quarzo-feldispati-(miche)                                      |
| 29. Id. Id.                | siltoso gr-ve           | 10                         | Quarzo-calcite-feldispati-(miche)                              |
| 30. Id. Id.                | siltoso ve-az           | 17                         | Quarzo-(miche-feldispati)                                      |
| 31. Id. Id.                | siltoso ve              | assente                    | Quarzo-feldispati-miche                                        |
| 32. Bosco di Fernazza      | siltoso gr-ve           | 16                         | Quarzo-(feldispati-calcite)                                    |
| 33. Col Toront             | arenaceo ve             | assente                    | Quarzo-feldispati-(miche)                                      |
| 34. Bosco Verde            | arenaceo ve-az          | 3                          | Quarzo-calcite-feldispati                                      |
| 35. Monti bassi di Ornella | siltoso gr-ve           | 7                          | Quarzo-feldispati                                              |
| 36. Id. Id.                | siltoso ve-az           | assente                    | Quarzo-feldispati                                              |

L'identificazione dell'analcime ai raggi X è risultata abbastanza agevole per le rocce con contenuti di analcime maggiori del 3-4% in peso: in tal caso nel profilo diffrattometrico si possono chiaramente distinguere i tre riflessi più caratteristici del minerale in questione, rispettivamente a 15.86°, a 26.02° ed a 30.63° di 2 $\theta$  (radiaz. CuK $\alpha$ ). Per rocce con tenori di zeolite inferiori al 3-4% l'identificazione del minerale è stata possibile solo dopo opportuni processi di concentrazione a mezzo di liquidi pesanti.

Nella Tab. II sono riassunti i dati relativi alla distribuzione dell'analcime nelle « pietre verdi » studiate. Si può osservare che l'analcime è presente nel 67% dei campioni analizzati; nel 39% dei casi esso si trova in quantità maggiori od eguali al 3-4% (in peso). Il minerale zeolitico si rinviene sia nelle « pietre verdi » di grado arenaceo che in quelle di tipo siltoso, mostrando tuttavia di essere più frequente e più

abbondante in queste ultime: l'analcime si trova infatti nel 72% delle « pietre verdi » siltose (contro il 50% dei tipi arenacei); inoltre ben 50% delle « pietre verdi » siltose contengono quantità di analcime superiori al 3-4% (in peso), mentre un tenore analogo di zeolite si riscontra solo nel 28% delle « pietre verdi » arenacee.

TABELLA II.

*Quadro riassuntivo della distribuzione dell'analcime entro alla « pietra verde » degli Strati di Livinallongo nell'Alta Val Cordevole.*

|                                                                  | N°        | %<br>rispetto al totale<br>considerato |
|------------------------------------------------------------------|-----------|----------------------------------------|
| N° totale di campioni di « pietra verde » studiati               | 36        |                                        |
| Campioni contenenti analcime . . .                               | 24 pari a | 67%                                    |
| Campioni con tenori di analcime $\geq$ 3-4%<br>in peso . . . . . | 14 pari a | 39%                                    |
| N° totale di « pietre verdi » arenacee studiate                  | 18        |                                        |
| Campioni contenenti analcime . . .                               | 10 pari a | 56%                                    |
| Campioni con tenori di analcime $\geq$ 3-4%<br>in peso . . . . . | 5 pari a  | 28%                                    |
| N° totale di « pietre verdi » siltose studiate . .               | 18        |                                        |
| Campioni contenenti analcime . . .                               | 13 pari a | 72%                                    |
| Campioni con tenori di analcime $\geq$ 3-4%<br>in peso . . . . . | 9 pari a  | 50%                                    |

Il contenuto più elevato di analcime (circa 22% in peso) si è riscontrato in una « pietra verde » siltosa raccolta in località Brusè, sotto la carrozzabile del Col di Lana.

Lo studio microscopico delle « pietre verdi » analizzate rivela che l'analcime appare distribuito in maniera non uniforme anche in una stessa sezione sottile, essendo molto abbondante in certi letti, scarso o assente in altri. Il modo di presentarsi del minerale varia da caso a caso; tuttavia le differenze più significative si riscontrano in rocce di granulometria differente.

Nelle « *pietre verdi* » di grado arenaceo l'analcime costituisce plaghe limpide, incolori, perfettamente isotrope, con indice di rifrazione  $n = 1.483-1.485$ . La forma irregolare ed a spigoli vivi di tali plaghe, che spesso appaiono allungate in una direzione, ricorda assai l'aspetto di schegge o di frammenti di vetro vulcanico (vedi Tav. I, figg. 1-2-3), al punto tale che senza l'ausilio dei raggi X esse vengono senz'altro scambiate per materiali vetrosi. L'indice di rifrazione infatti non serve, in questo caso, ad assicurare una distinzione fra analcime e prodotti vetrosi, poichè l'eventuale vetro della « *pietra verde* », di composizione molto acida <sup>(2)</sup>, dovrebbe possedere un indice di rifrazione assai simile a quello della zeolite.

E' interessante notare che le dimensioni delle « *schegge* » summenzionate risultano all'incirca eguali a quelle dei minerali costituenti la frazione elastica grossolana della roccia.

Tutti questi motivi ci inducono a ritenere che l'analcime delle « *pietre verdi* » di grado arenaceo sia in gran parte pseudomorfo su originarie schegge o frammenti di vetro vulcanico. Tuttavia, in alcune rocce la zeolite si trova essenzialmente associata a plaghe di calcite diagenetica macrogranulare, dimostrando con ciò che vi è stata anche una parziale mobilizzazione dei costituenti dell'analcime.

Nelle « *pietre verdi* » di grado siltoso l'analcime si trova comunemente raccolto in noduli o in chiazze abbastanza sviluppate (diametro medio dei noduli: 0.2 mm), dove appare intimamente mescolato con prodotti quarzoso-feldispatico-micacei microgranulari. Le rocce in questione rivelano così al microscopio una caratteristica struttura « *micromacchiettata* » (vedi Tav. I, fig. 4). E' interessante notare che lo sviluppo delle grosse chiazze zeolitiche contrasta nettamente con la grana assai minuta del resto della roccia: ciò denota che la formazione dell'analcime è posteriore alla sedimentazione dei prodotti microcla-

---

(2) Dalle ricerche petrochimiche che uno di noi (E. Callegari) sta conducendo sulle « *pietre verdi* » degli Strati di Livinallongo risulterebbe infatti che tali rocce possiedono un chimismo corrispondente a quello di magmi molto acidi. Ciò del resto è in pieno accordo con le osservazioni petrografiche dalle quali risulta che uno dei costituenti essenziali della « *pietra verde* » è il quarzo (vedasi al riguardo anche il quadro delle associazioni mineralogiche riportato in Tab. I). Tale ipotesi risulta inoltre avvalorata anche dalla frequente presenza di sanidino, talora in forti quantità, e dal ritrovamento di sola biotite fra i costituenti femici primari delle rocce studiate.

*stici originari*. In alcune « pietre verdi » di grado siltoso l'analcime si trova così intimamente frammisto agli altri costituenti della roccia che la sua identificazione appare pressoché impossibile al microscopio.

L'indice di rifrazione del minerale zeolitico delle « pietre verdi » siltose è lo stesso misurato per l'analcime delle « pietre verdi » di grado arenaceo.

In tutte le « pietre verdi » studiate — ma soprattutto in quelle a grana più grossa — l'analcime appare spesso rivestito e talora anche attraversato da sottili pellicole verdognole di probabili prodotti micacei microcristallini (vedi Tav. I, fig. 1). Nelle « pietre verdi » siltose l'analcime si può trovare intimamente associato ad albite di neoformazione (vedi Tav. I, fig. 4).

Non ci è stato possibile isolare dalla polvere della roccia un concentrato di analcime sufficientemente puro da sottoporre ad analisi chimica. Quarzo e prodotti micacei microgranulari si trovano sempre presenti in sensibili quantità in tutte le frazioni leggere ricavate dalle polveri delle rocce mediante l'impiego di liquidi pesanti di peso specifico = 2.30. Sulla identità del minerale tuttavia non sussiste alcun dubbio: i valori delle distanze interplanari da noi presentati in Tabella III concordano molto bene con quelli dell'analcime di Flinders (Australia) offerti da D. S. COOMBS (bibl. 7); un'eventuale confusione con wairakite viene esclusa in base ai seguenti dati analitici ottenuti su un concentrato di analcime costituito per il 60-65% da zeolite e per il resto da quarzo e da minori quantità di glauconite:  $\text{Na}_2\text{O} = 7.00\%$ ,  $\text{K}_2\text{O} = 2.35\%$ ,  $\text{CaO} < 0.35\%$ .

Dati indicativi circa la composizione dell'analcime da noi esaminato si possono dedurre utilizzando le curve di variazione delle proprietà fisico-cristallografiche del minerale in funzione del rapporto molare di  $\text{SiO}_2$  (P. SAHA, bibl. 56). I valori delle costanti reticolari  $a_0 = 13.69 \pm 0.01 \text{ \AA}$  e dell'indice di rifrazione  $n = 1.484 \pm 0.001$  concordano nell'indicare un tipo di analcime con un rapporto molare di  $\text{SiO}_2 \sim 5.3$ , vale a dire con un eccesso di silice rispetto all'analcime di composizione  $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$  (bibl. 56). Anche il valore della distanza interplanare (639), misurata rispetto alla riga (331) del silicio, conferma appieno i dati surriportati (3).

---

(3) Dal valore della differenza  $2\vartheta_{\text{An}(639)} - 2\vartheta_{\text{Si}(331)} = 2.00$  si deduce infatti un valore del rapporto molare di  $\text{SiO}_2$  pari a 5.20 (bibl. 56).

TABELLA III.

Valori delle distanze interplanari per l'analcime della « pietra verde » degli strati di Livinallongo (a) e per l'analcime di Flinders (b)

| hkl            | (a)   |      | (b)   |       |
|----------------|-------|------|-------|-------|
|                | d(Å)  | I(*) | d(Å)  | I(**) |
| 211            | 5.59  | 80   | 5.61  | 8     |
| 220            | 4.84  | 11   | 4.86  | 4     |
| 321            | 3.66  | 5    | 3.67  | 2     |
| 400            | 3.42  | 100  | 3.43  | 10    |
| 332            | 2.92  | 52   | 2.925 | 8     |
| 422            | 2.796 | 5    | 2.801 | 2     |
| 431            | 2.684 | 18   | 2.693 | 5     |
| 521            | 2.500 | 14   | 2.505 | 5     |
| 440            | 2.420 | 7    | 2.426 | 3     |
| 611, 532       | 2.221 | 16   | 2.226 | 4     |
| 620            | 2.165 | 2    | 2.168 | <1    |
| 541            | 2.113 | 1    | 2.115 | <1    |
| 631            | 2.017 | 2    | 2.022 | 1     |
| 543            | 1.936 | 1    | 1.940 | <1    |
| 640            | 1.898 | 9    | 1.903 | 5     |
| 633, 721, 552  | 1.862 | 8    | 1.867 | 4     |
| 642            | 1.830 | 2    | 1.833 | <1    |
| 732, 651       | 1.738 | 16   | 1.743 | 6     |
| 800            | 1.712 | 4    | 1.716 | 3     |
| 741            | 1.685 | 7    | 1.689 | 4     |
| 820            | 1.660 | 2    | 1.664 | 1     |
| 822, 660       | 1.613 | 2    | 1.618 | 2     |
| 831, 743       | 1.591 | 6    | 1.596 | 3     |
| 842            | 1.493 | 3    | 1.498 | 2     |
| 761, 921, 655  | 1.474 | 5    | 1.480 | 2     |
| 664            | 1.459 | 5    | 1.463 | 1     |
| 754, 851       | 1.443 | 4    | 1.447 | 1     |
| 932, 763       | 1.413 | 8    | 1.415 | 4     |
| 941, 853       | 1.383 | 5    | 1.386 | <1    |
| 860            | 1.369 | 3    | 1.372 | 1     |
| 1011, 772      | 1.354 | 5    | 1.358 | 4     |
| 1031, 952, 763 | 1.305 | 2    | 1.308 | 1     |
| 871            | 1.281 | 5    | 1.285 | 2     |
| 1033, 961      | 1.260 | 4    | 1.263 | 2     |
| 963, etc.      | 1.218 | 7    | 1.222 | 3     |
| 677, etc.      | 1.182 | 1    | 1.185 | 1     |
| 1141, 875      | 1.165 | 1    | 1.168 | 1     |
| 1055, etc.     | 1.118 | 3    | 1.120 | 1     |

(\*) Intensità dedotte dalle misure diffrattometriche per integrazione delle aree dei picchi (radiaz. CuK $\alpha$ ).

(\*\*) Intensità stimate ad occhio (camera 19 cm di diametro, CuK $\alpha$  - vedi D. S. COOMBS, 1955).

I punti rappresentativi dell'analcime da noi studiato cadono, nei diagrammi di P. SAHA, in prossimità dei punti rappresentativi degli analcimi di genesi sedimentaria descritti e analizzati da C. S. ROSS (bibl. 51, 52). E' interessante rilevare che questi caratteri sembrano essere comuni anche ad altri analcimi di rocce sedimentarie, come risulta anche dai dati offerti da R. A. GULBRANDSEN ed E. R. CRESSMAN (bibl. 14) per l'analcime di una formazione tufacea dell'Idaho e dello Wyoming, con caratteri petrografici molto simili alle « pietre verdi » siltose da noi descritte.

### Conclusioni

Il ritrovamento di analcime entro alla « pietra verde » degli Strati di Livinallongo della località tipo (Alta Valle del Cordevole - Dolomiti) viene ad accrescere il numero sinora relativamente modesto delle segnalazioni di analcimi sedimentari note attraverso la letteratura (bibl. 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 14, 18, 19, 20, 21, 25, 34, 47, 48, 49, 51, 52, 55, 61).

Da quando D. S. COOMBS (bibl. 6, 8, 9) ha trovato nella Nuova Zelanda rocce a zeoliti di estensione regionale passanti gradualmente, col progredire della profondità, verso rocce di metamorfismo regionale con facies di scisti verdi, si può dire che le segnalazioni di minerali zeolitici entro a rocce sedimentarie vanno assumendo crescente interesse in quanto ci aiutano a capire, nella loro logica successione, i processi che operano nei sedimenti dal momento della loro formazione al momento in cui essi assumono una facies distintamente metamorfica seppure di grado assai basso (facies degli scisti verdi).

Per coprire l'ampio intervallo di temperatura compreso fra il limite inferiore della facies degli scisti verdi ( $\sim 300^{\circ}\text{C}$  secondo W. S. FYFE, bibl. 12) ed i normali processi diagenetici, F. J. TURNER, W. S. FYFE et al. hanno recentemente creato una nuova facies mineralogica e petrografica denominata *facies zeolitica* (bibl. 13). Nella definizione di tale facies si possono incontrare delle difficoltà dovute principalmente al fatto che a) alle basse temperature la sostituzione dei minerali preesistenti è un fenomeno necessariamente lento e spesso incompleto; b) che in condizioni ambientali di bassa temperatura possono formarsi e sopravvivere delle fasi metastabili (bibl. 9, 13).

Alcuni Autori non sono d'accordo sull'opportunità di creare tale facies (bibl. 43, 59), preferendo considerare le zeoliti come minerali distintivi di *facies diagenetiche* piuttosto che metamorfiche. Tuttavia D. S. COOMBS, W. S. FYFE et al. (bibl. 9) hanno ribadito l'utilità della creazione di questa nuova facies metamorfica, chiarendone nel contempo i limiti di applicabilità.

Caratteristica del limite inferiore della facies zeolitica di F. J. TURNER, W. S. FYFE et al. (bibl. 13) è la reazione analcime + quarzo = albite + acqua. Tale fatto è interessante perchè nella « pietra verde » degli strati di Livinallongo da noi studiati l'analcime si trova frequentemente associato ad albite autigena: nei tipi siltosi i due minerali si trovano intimamente associati tra loro (vedi Tav. I, fig. 4), mentre nei tipi arenacei l'albite si sviluppa indipendentemente dalla zeolite trovandosi o come prodotto di sostituzione dei plagioclasti sodico-calcici detritici, o in bordi di accrescimento attorno a questi ultimi. Al momento attuale non siamo in grado di pronunciarci sul significato petrogenetico di questa associazione mineralogica: qualcosa di più concreto si potrà dire al termine delle ricerche petrografiche che uno di noi (E. Callegari) sta conducendo sulla « pietra verde », quando cioè saranno stati chiariti i rapporti di successione paragenetica dei minerali di neoformazione che comprendono, oltre all'analcime, anche albite, quarzo, anatase, celadonite, tormalina e baritina.

E' opinione comune che l'analcime si origini in uno stadio diagenetico piuttosto avanzato (*late diagenesis* di F. J. TURNER, W. S. FYFE et al., bibl. 13; « *higher-rank facies* » of *diagenesis* di G. H. PACKHAM e K. A. W. CROOK, bibl. 43). Si sarebbe accertato che il minerale si forma in certi casi per reazione di prodotti colloidali oppure di prodotti derivati dall'alterazione di vetro vulcanico con acque lacustri ad elevato tenore salino (bibl. 3, 4, 19, 20, 34, 51, 52); in altre circostanze invece il minerale si svilupperebbe da originari prodotti vetrosi per reazione con acque marine ipersaline intrappolate nei sedimenti (bibl. 6, 9, 14).

Per quanto concerne la formazione dell'analcime nella « pietra verde » degli Strati di Livinallongo possiamo affermare di aver trovato prove strutturali sicure della sua derivazione da originari frammenti di vetro vulcanico (vedi Tav. I, figg. 1-2-3). Ciò vale in modo parti-

colare per le « pietre verdi » di grado arenaceo, ma pensiamo che la stessa cosa si possa affermare anche per le « pietre verdi » di grado siltoso, dove l'analcime si sarebbe formato a spese di preesistenti prodotti cineritico-vetrosi.

Lo sviluppo delle strutture « micromacchiettate » osservate in certe « pietre verdi » di grado siltoso — dovuto, come abbiamo già visto, alla neoformazione di analcime (vedi Tav. I, fig. 4) — dimostra in maniera evidente che *la genesi del minerale zeolitico è posteriore ai fenomeni di sedimentazione.*

Per interpretare le possibili cause dei processi di analcimizzazione qui descritti ci si presentano due soluzioni, ossia da una parte la diagenesi, dall'altra il vulcanesimo ladinico susseguente alla deposizione della « pietra verde ». Non possiamo infatti dimenticare che nella regione dolomitica il ladinico superiore è stato caratterizzato da un'intensa attività vulcanica (bibl. 16, 17, 23, 28, 32, 42) che potrebbe aver favorito con le sue manifestazioni tardive a carattere pneumatolitico-idrotermali la genesi dell'analcime entro ai sedimenti arenaceo-siltosi del ladinico inferiore. Tuttavia, in base alle ricerche petrografiche in atto sembra da escludersi che la formazione del minerale zeolitico sia legata al vulcanesimo tardo-ladinico: in tutte le « pietre verdi » studiate non si sono infatti riscontrati fenomeni di idrotermalismo particolarmente evidenti, specie in quei minerali che, come ad es. la biotite, sono di per se stessi facilmente alterabili in condizioni idrotermali. Al contrario nella « pietra verde » la biotite appare sempre ottimamente conservata. Bisogna quindi concludere che *la formazione dell'analcime è imputabile ad un grado avanzato di diagenesi.* E' noto che il vetro vulcanico rappresenta un materiale molto instabile e particolarmente sensibile ai cambiamenti di temperatura e di pressione (F. J. TURNER, W. S. FYFE et al., bibl. 13). E' quindi logico supporre che le variazioni di carico idrostatico e, soprattutto di temperatura, provocate dal seppellimento dei sedimenti ladinici, abbiano facilitato la trasformazione del vetro contenuto originariamente nella « pietra verde ».

Non sappiamo ancora se il sodio necessario per l'analcimizzazione sia stato fornito dall'acqua marina intrappolata nei sedimenti, o se non vi sia stata invece una rimobilizzazione del sodio presente nei

feldispati detritici, o anche una semplice ricristallizzazione di un vetro ricco di sodio. Si spera di trarre una qualche indicazione al riguardo dai risultati delle ricerche chimico-petrografiche attualmente in via di completamento.

Dalla presente ricerca possiamo trarre la conclusione che *la presenza di analcime nella « pietra verde » degli Strati di Livinallongo dell' Alta Val Cordevole, accertata in tutti gli affioramenti compresi entro un' area di circa 80 Km<sup>2</sup>, costituisce un motivo petrografico di estensione regionale e di interesse generale* <sup>(4)</sup>. Nè tale conclusione può essere infirmata dalla riscontrata assenza di analcime in una parte dei campioni studiati poichè sappiamo che *i fenomeni di analcimizzazione non sono propri di tutta la « pietra verde » bensì di tutti i letti di essa contenenti in origine dei frammenti di vetro vulcanico*. Tale fatto è ampiamente documentato dal modo stesso di presentarsi dell' analcime, che si trova appunto distribuito a letti, dove appare spesso chiaramente pseudomorfo su preesistenti schegge vetrose (vedi Tav. I, figure 1-2-3).

Vogliamo infine segnalare fra i risultati della presente ricerca un motivo petrografico di notevole valore per la interpretazione genetica della « pietra verde »: esso ci è offerto dal ritrovamento di tipiche strutture vetroclastiche e cineritiche magnificamente conservate grazie alla già ricordata pseudomorfosi di analcime su originari frammenti vetrosi (vedansi al riguardo le figg. 1-2-3 della Tav. I). Ciò ci consente da una parte di confermare la supposta origine tufacea delle rocce studiate, dall'altra di segnalare fra gli elementi costitutivi della « pietra verde » ladinica l'esistenza di originari tufi cristallo-vitrici nel senso di F. J. PETTIJOHN (bibl. 44).

*Padova - Istituto di Mineralogia e Petrografia dell' Università  
Centro di Studio per la Petrografia e la Geologia del C.N.R. - 1963.*

---

(4) Contemporaneamente alla presente nota si sta sviluppando la ricerca dell' analcime nella « pietra verde » su un' area assai più vasta estendentesi dalle Dolomiti occidentali fino alla Carnia. Sui risultati di tale ricerca si riferirà in una nota successiva.

## BIBLIOGRAFIA

- (1) ACCORDI B. - *Geologia dell' Alta Valle del Cordevole (Dolomiti)*. Mem. Ist. Geol. Miner. Univ. Padova, 1959, vol. XXI.
- (2) BOLDYREVA A. M. - *Authigenic Analcime in Upper Permian sediments of the Chkalova and Actyubinsk districts*. Mem. Soc. Russe Min., 1953, 82, p. 291-297; Chem. Abstr., 48, 5030 f.
- (3) BRADLEY W. H. - *Zeolite beds in the Green River formation*. Science, 1928, 67, p. 73-74.
- (4) BRADLEY W. H. - *The occurrence and origin of analcite and meerschaum beds in the Green River formation of Utah, Colorado and Wyoming*. U. S. Geol. Surv. Prof. Paper A 158, 1929, p. 1-7.
- (5) BUR'YANOVA E. Z. - *Analcime sedimentary rocks from Tuva*. Dokl. Akad. Nauk SSSR, 1954, 98, p. 261-264.
- (6) COOMBS D. S. - *The nature and alteration of some triassic sediments from Southland, New Zealand*. Trans. Roy. Soc. N. Z., 1954, 82, p. 65-109.
- (7) COOMBS D. S. - *X-ray observations on wairakite and non-cubic analcime*. Miner. Mag., 1955, 30, p. 699-708.
- (8) COOMBS D. S. - *Zeolitized tuffs from the Kuttung glacial beds near Seaham, New South Wales*. Austr. J. Sci., 1958, 21, p. 18-19.
- (9) COOMBS D. S., ELLIS A. J., FYFE W. S. e TAYLOR A. M. - *The zeolite facies; with comments on the interpretation of hydrothermal syntheses*. Geochim. and Cosmoch. Acta, 1959, 17, p. 53-107.
- (10) DZOTSENIDZE G. S. e SKHIRTADZE N. I. - *Analcime horizon in the coal-bearing rocks of the Kuteis-Gelat district*. Vop. Petrog. Min. Akad. Nauk SSSR, 1953, 1, p. 301-310; Chem. Abstr. 49, 7461 g.
- (11) FOSTER W. D. e FEICHT F. L. - *Mineralogy of concretions from Pittsburg coal seam, with special reference to analcite*. Amer. Min., 1946, 31, p. 357-364.
- (12) FYFE W. S. - *Lower limit of the green-schist facies*. Bull. Geol. Soc. Amer., 1955, 66, 1649 (Abstract).
- (13) FYFE W. S., TURNER F. J. e VERHOOGEN J. - *Metamorphic reactions and metamorphic facies*. Geol. Soc. Amer. Memoir, 1958, N. 73.
- (14) GULBRANDSEN R. A. e CRESSMAN E. R. - *Analcime and albite in altered Jurassic tuff in Idaho and Wyoming*. Jour. Geol., 1960, 68, p. 458-464.
- (15) HORN M. - *Vor. Mitt. über den ladinische Knollenkalkkomplex der Südalpen*. Zentralbl. f. Min., Geol. Pal., 1913.
- (16) HUMMEL K. - *Das Problem des Fazieswechsels in der Mitteltrias der Südtiroler Dolomiten*. Geol. Rundschau, 1928, Bd. 19, p. 223-228.
- (17) HUMMEL K. - *Zur Stratigraphie und Faziesentwicklung der südalpinen Mitteltrias*. N. Jahrb. f. Min. Geol. Pal., 1932, Bd. 68, Abt. B, p. 405-463.

- (18) JOULIA F., BONIFAS M., CAMEZ TH., MILLOT G. e WEIL R. - *Analcimolites sedimentaires dans le continental intercalaire du Sahara Central (Bassin du Niger- A.O.F.)*. Serv. Carte geol. Alsac-Lorraine Bull., 1958, 11, p. 67.
- (19) KELLER W. D. - *Analcime in the Popo Agie member of the Chugwater formation*. Science, 1951, 115, p. 241-242.
- (20) KELLER W. D. - *Analcime in the Popo Agie member of the Chugwater formation*. J. Sediment. Petrol., 1952, 22, p. 70-82.
- (21) KELLER W. D. - *Analcime in the Chinle Formation of Utah correlative with the Popo Agie of Wyoming*. J. Sediment. Petrol., 1953, 23, p. 10-12.
- (22) KENNETH S. DEFFEYES - *Zeolites in sedimentary rocks*. J. Sediment. Petrol., 1959, 29, p. 602-609.
- (23) KLEBELSBERG R. v. - *Geologie von Tirol*. Berlin, 1935, Borntraeger ed.
- (24) KLUG H. P. e ALEXANDER L. E. - *X-ray diffraction procedures*. New York, 1954, Wiley ed.
- (25) KOLBIN M. F. e PIMBURGSKAYN M. I. - *Analcime in sediments of Mt. Bogdola*. Dokl. Akad. Nauk SSSR, 1955, 100, p. 155-157.
- (26) LEONARDI P. - *Il Trias inferiore delle Venezie*. Mem. Ist. Geol. Univ. Padova, 1935, v. XI.
- (27) LEONARDI P. - *Schema tettonico della Regione Dolomitica Veneto-Tridentina*. Padova, 1943.
- (28) LEONARDI P. - *Sintesi stratigrafico-tettonica e nuova carta geologica al 50.000 della Val Gardena e dei gruppi dolomitici circostanti*. L'Universo, XXIV, 1943.
- (29) LEONARDI P. - *Nuove ricerche geologiche nel gruppo della Marmolada (Dolomiti)*. Rend. Acc. Naz. Lincei, serie VIII, vol. V, 1948.
- (30) LEONARDI P. - *Novità geopaleontologiche dolomitiche*. L'Universo, XXVIII, 1948.
- (31) LEONARDI P. e PANCHERI F. - *Su alcuni fossili ladinici di Bulla in Val Gardena e sul valore stratigrafico di due forme del genere Daonella*. Boll. Soc. Geol. Ital., 1949, 68, p. 30-35.
- (32) LEONARDI P. - *Breve sintesi geologica delle Dolomiti occidentali*. Boll. Soc. Geol. Ital., 1955, 74, p. 1-140.
- (33) LEPSIUS R. - *Das westliche Südtirol*. Berlin 1878.
- (34) MILTON C., CHAO E. C. T., FAHEY J. J. e MROSE M. E. - *Silicate mineralogy of the Green River Formation of Wyoming, Utah and Colorado*. Rept. 21st Internat. Geol. Congress, Norden, parte 21, 1960, p. 171.
- (35) MOJSISOVICS E. v. - *Die Dolomitriffe von Südtirol und Venetien*. Wien, 1879.
- (36) MORETTI A. - *Sulla pietra verde delle Alpi Dolomitiche: osservazioni nell'Agordino*. Boll. Soc. Geol. Ital., 1935, 54, fasc. 1, p. 1-10.
- (37) MORGANTE S. - *Zeoliti della zona di Dessiè e Direadaia in A. O.* Atti Ist. Ven. Sci. Lett. Art., 1945, 104, p. 405-425.

- (38) MUTSCHLECHNER J. - *Geologie des Gebietes zwischen St. Cassian und Buchenstein*. Jahrb. d. Geol. Bundesanst., Wien 1933, p. 205-206.
- (39) NOTH L. - *Geologie des mittleren Cordevolegebietes zwischen Vallazza und Cencenighe (Dolomiten)*. Jahrb. d. Geol. Bundesanst., 1929, 79, p. 145-160.
- (40) OGILVIE GORDON M. M. - *Geologie des Gebietes von Pieve (Buchenstein), St. Cassian und Cortina d'Ampezzo*. Jahrb. d. Geol. Bundesanst., 1927, Bd. 79, p. 367-374.
- (41) OGILVIE GORDON M. M. - *Das Grödener-Fassa und Ennergebiet in den Südtiroler Dolomiten*. Abhandl. d. Geol. Bundesanst., 1927, Bd. 83.
- (42) OGILVIE GORDON M. M. - *Geologisches Wanderbuch der Westlichen Dolomiten*. Wien, Freytag u. Berndt. ed., 1928.
- (43) PACKHAM G. H. e KEITH A. W. CROOK - *The principle of diagenetic facies and some of its implications*. Jour. Geol., 1960, 68, p. 392-407.
- (44) PETTIJOHN F. G. - *Sedimentary Rocks*. New York, 1949, Harper ed.
- (45) PIA J. v. - *Grundbegriffe der Stratigraphie mit ausführlicher Anwendung auf die europäische Mitteltrias*. Leipzig. u. Wien, 1930.
- (46) PIA J. v. - *Stratigraphie und Tektonik der Dolomiten von Prags*. Naturh. Mus., Wien, 1937.
- (47) RAW F. e MATLEY C. A. - *Some altered palagonite tuffs from Jamaica and the origin and history of their chlorites*. Jour. Geol., 1943, 51, p. 215-243.
- (48) RENGARTEN N. V. - *Authigene Analcime in the Kazanian Sandstones of the Kirov Region*. Mem. Soc. Russe Min., 1940, 69, p. 50-53.
- (49) RENGARTEN N. V. - *Laumontite and analcime from Lower Jurassic deposits in Northern Caucasus*. Dokl. Akad. Nauk SSSR, 1950, 70, p. 485-488.
- (50) RICHTHOFEN F. v. - *Geognostische Beschreibung der Umgegend von Predazzo, St. Cassian und Seisser Alpe in Süd-Tirol*. Gotha, 1860.
- (51) ROSS C. S. - *Sedimentary analcite*. Amer. Min., 1928, 13, p. 195-197.
- (52) ROSS C. S. - *Sedimentary Analcite*. Amer. Min., 1941, 26, p. 627-629.
- (53) ROSSI D. - *Lo studio degli strati di Livinallongo nuova base per l'interpretazione paleogeografica delle scogliere coralline triassiche delle Dolomiti*. Atti Ist. Ven. Sc. Lett. Arti, cl. Sc. Mat.-Nat., 1957, p. 85-92.
- (54) ROSSI D. - *Geologia della parte meridionale della Marmolada*. Mem. Museo St. Nat. Ven. Trident., 1962, 14, p. 1-189.
- (55) ROZENDAL R. - *Analcime in the lignite*. Proc. s. Dakota Akad. Sci., 1957, 35, p. 36-41.
- (56) SAHA P. - *Geochemical and X-ray investigation of natural and synthetic analcites*. Amer. Min., 1959, 44, p. 300-313.
- (57) SERSALE R. - *Ricerche sulla zeolitizzazione dei vetri vulcanici per trattamento idrotermale. Nota IV. Analcimizzazione di materiali piroclastici alcalitrichitici*. Rend. Acc. Sc. Fis. e Mat., 4, XXVI, p. 345, Napoli 1959.

- 
- (58) SERSALE R. - *Costituzione dei tufi verdi della regione flegrea*. Rend. Acc. Sc. Fis. e Mat., serie 4, XXVI, p. 355-373, Napoli 1959.
- (59) TEODOROVICH G. I. - *Towards question of studying oil-producing formations (source-rocks)*. Byull. Mosk. Obsch. Ispytatelei Prirody, Otdel Geol., 1954, 29, p. 59-66.
- (60) TORNUST A. - *Die «Buchensteiner Schichten»*. Zentralbl. f. Min. Geol. u. Pal., 1916.
- (61) VERNET I.-P. - *Concerning the association montmorillonite-analcime in the series of Stanleyville (Congo)*. Jour. Sed. Petr., 1961, 41, p. 293.

## SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA I.

Fig. 1. — « *Pietra verde* » arenacea. Località Pala-Agai, Alta Valle del Cordevole. (Nicols incrociati,  $\times 75$ ).

Nella fotografia sono chiaramente riconoscibili le plaghe isotrope di analcime (in nero) oltre a cristalli detritici di feldispati. Il cemento microcristallino della roccia è costituito in prevalenza da prodotti quarzoso-micacei. La forma talora molto irregolare delle plaghe zeolitiche, in particolare della grossa plaga centrale, fa pensare che l'analcime sia pseudomorfo su originarie schegge o frammenti di vetro. Si osservi a questo proposito che le plaghe di analcime tanto nel letto a grana minuta (visibile nella parte inferiore della fotografia) quanto in quello a grana grossa (visibile nella parte medio-superiore della figura) possiedono dimensioni raffrontabili con quelle dei granuli elastici. Sottili vene riempite da prodotti glauconitici attraversano la grossa plaga zeolitica centrale.

Fig. 2. — « *Pietra verde* » arenacea. Località Pala-Agai, Alta Valle del Cordevole. (Nicols incrociati,  $\times 75$ ).

Le plaghe isotrope (in nero) visibili nella parte inferiore della fotografia sono costituite da analcime in evidente pseudomorfosi su originari frammenti vetrosi. Anche in questa fotografia si osserva che le dimensioni delle plaghe zeolitiche variano in senso verticale al variare delle dimensioni dei granuli quarzoso-feldispatici detritici: tale fatto conferma la derivazione dell'analcime da preesistenti materiali elastici, di cui avrebbe conservato la forma originaria.

Fig. 3. — « *Pietra verde* » arenacea. Sulla strada fra Eucavà e Villagrande, Alta Valle del Cordevole. (Nicols incrociati,  $\times 75$ ).

Cristalli detritici di feldispati e di quarzo (in luce) e plaghe di analcime (in nero) immersi in una massa cementante microcristallina di composizione cloritico-micaceo-quarzosa.

Fig. 4. — « *Pietra verde* » siltosa. Località Pala-Agai, Alta Valle del Cordevole. (Nicols incrociati,  $\times 75$ ).

Lo sviluppo di chiazze di analcime (in nero) conferisce a queste rocce una tipica struttura « micromacchiata ». Entro alle plaghe zeolitiche si notano dei granuli birifrangenti di albite autigena. Il resto della roccia è costituito in massima parte da prodotti quarzoso-feldispatici microgranulari. Il notevole contrasto fra le dimensioni delle plaghe zeolitiche e quelle assai minute degli altri costituenti sta a dimostrare che la genesi dell'analcime è posteriore alla sedimentazione della « pietra verde ».



Fig. 1.



Fig. 2.

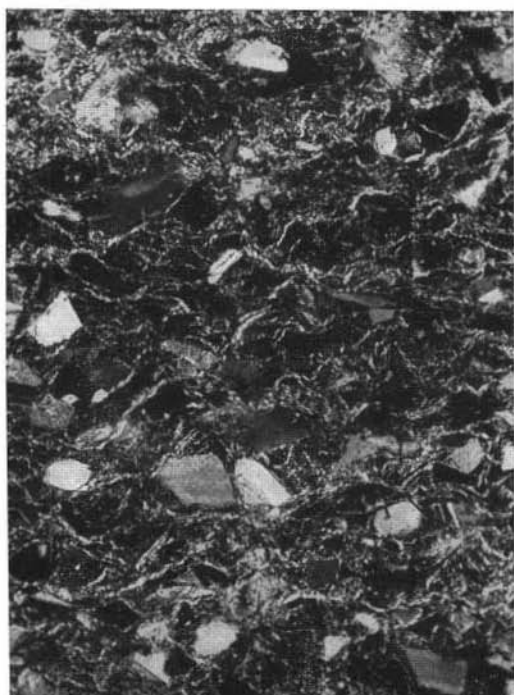


Fig. 3.

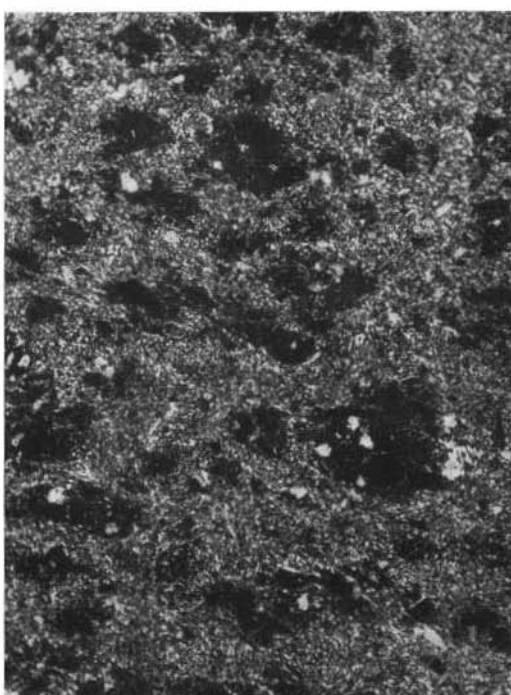


Fig. 4.