ETH zürich

ETH Library

Kontaktmetamorphose permischer Sandsteine im Adamello-Massiv (Nord-Italien)

Doctoral Thesis

Author(s):
Riklin, Katharina Antoinette

Publication date:
1983

Permanent link:
https://doi.org/https://doi.org/10.3929/ethz-a-000327809

Rights / license:
In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

This page was generated automatically upon download from the ETH Zurich Research Collection.
For more information, please consult the Terms of use.

Diss. ETH Nr. 7415

KONTAKTMETAMORPHOSE PERMISCHER SANDSTEINE IM ADAMELLO-MASSIV (NORD-ITALIEN)

ABHANDLUNG

zur Erlangung des Titels eines
DOKTORS DER NATURWISSENSCHAFTEN

der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von

KATHARINA ANTOINETTE RIKLIN

Dipl. Natw. ETH, Geologin

geboren am 21. 10. 1952
von Zürich, Bremgarten AG, Ernetschwil SG

Angenommen auf Antrag von
Prof. Dr. V. Trommsdorff, Zürich, Referent
Prof. Dr. E. Callegari, Turin, Korreferent

1983

SUMMARY

Thick sequences of Permian rocks outcrop in the Southern Alps between eastern Lombardy (Brescian Alps) and western Trentino (Northern Italy). The Middle to Upper Permian is represented by the "Verrucano Lombardo". These typical "red bed" sediments comprise arkoses, lithic arkoses and feldspathic litharenites showing little rounding of the individual clasts. Mineral components include quartz, K-feldspar, plagioclase, mica (muscovite, rarely colourless biotite), calcite, titaniferous hematite, zirkon, tourmaline, apatite and rutile. The lithic clasts are polycristalline quartz with some schists and volcanics, and the recristallized rock matrix is composed of illite and finely dispersed hematite which gives the rocks their characteristically red colour.
The red coloured sediments have undergone considerable mineralogic and textural changes along their contact with the Adamello Massif - a large Tertiary intrusion mainly of granodioritic to tonalitic composition.

It has been shown that the "red sandstone" and the contact-metamorphosed grey sandstones have similar chemical composition: SiO_2 58-85 % (max. 91 %), Al_2O_3 5-20 %, K_2O 2-8 %, MgO 0.2 -2.5 %, CaO 0.1 -3 %, Na_2O 0.2 -2 %, FeO_{tot} 0.1 -7 % and TiO_2 0.1 -1.1 %. A positive correlation between Ti and Fe was noted. Ti appears to have been included in the matrix during diagenesis, within the authigenic hematite crystals.

The first effects of contact metamorphism of the sandstones and siltstones include an increase in illite crystallinity and a change in colour from red / dark red to violet, caused by recrystallization of the matrix hematite.
The following progressive mineralogical changes could be observed and mapped as the grade of contact metamorphism increases: biotite - cordierite + K-feldspar - andalusite + K-feldspar - sillimanite. The possible reactions were calculated by means of a matrix involving 13 phases and 9 components. All the metamorphic minerals were systematically analysed by microprobe. A clear decrease in the Si^{IV} content of muscovite was seen.
On the formation of biotite, the metapsammites appear completely grey, due to the further crystallization of hematite and its partial consumption by incorporation into biotite. Cordierite was always observed to have formed before andalusite and its porphyroblastic habit gives the rocks their

typical "leopard-skin" flecked appearance. The formation of quartz around andalusite porphyroblasts may be explained by migration of K^+ ions.
Within the innermost contact zone fibrolitic sillimanite has grown at the expense of muscovite and more commonly biotite, and also appears in part along the edges of andalusite. In schistose rocks sillimanite occurs up to several hundred metres from the contact.
Garnet is normally absent. It was observed only in an especially iron-rich sample and in the matrix of a conglomerate.
Retrograde alteration is common near to the contact. Along with pinitisation of cordierite, andalusite and sillimanite are replaced by muscovite. The occurrence of these reactions indicates the presence of an H_2O-rich fluid near the contact.

An attempt was made to delimit the pressure and temperature conditions that must have prevailed at the time of the intrusion. Preliminary pressure estimates were obtained based on the assumption of 5 to 8 km stratigraphic overburden. A maximum pressure of 2.2 to 2.5 kb was deduced from the coexistence of andalusite and K-feldspar.
The dehydration reactions leading to the formation of cordierite and andalusite provide a rough temperature estimate. The reaction of andalusite to sillimanite indicates a temperature of 600°-650^oC at 2 kb. The Si^{IV} content of muscovite at the contact (3.02-3.05) suggests temperatures of 600°-630^oC. The Fe-Mg contents of garnet-biotite and garnet-cordierite pairs were measured and equilibrium constants (K_D) established. Calculations according to the equation of FERRY & SPEAR (1977) with the assumption of P = 2kb gave a maximum temperature of 661^oC for a sample from the sillimanite zone. Garnet-cordierite pairs from the same sample according to THOMPSON (1976) reached a maximum of 594^oC. Biotite-cordierite measurements show no systematic variations.

K/Ar age determinations of an illite fraction <2μ show a clear younging towards the intrusive contact. Rb/Sr dating of a Permian hornfels from the cordierite zone yielded a biotite age of 39.5 ma. The muscovite age of 61.3 ma from the 425-180μ fraction of the same sample suggests that the detritic white mica had not been completely recrystallized. The preserved biotite ages fit well with the already published intrusion ages of 30-42 ma.

ZUSAMMENFASSUNG

In den Südalpen zwischen östlicher Lombardei (Brescianer Alpen) und westlichem Trentino (Nord-Italien) treten permische Gesteine in grosser Mächtigkeit auf. Das mittlere bis obere Perm wird durch den "Verrucano Lombardo" vertreten, typische 'red beds' Ablagerungen. Es handelt sich um Arkosen, lithische Arkosen und feldspatführende Litharenite, mit geringer Rundung der einzelnen Körner. Als Komponenten treten Quarz, Kalifeldspat, Plagioklas und Glimmer (Muskowit, seltener entfärbter Biotit), Calcit, titanhaltiger Hämatit, Zirkon, Turmalin, Apatit und Rutil auf. Als Gesteinskomponenten kommen polykristalline Quarze, einzelne kristalline Schiefer und Vulkanite vor. Die Matrix ist rekristallisiert. Sie besteht aus Illit und fein dispersem Hämatit, welcher die rote Farbe verursacht.
Diese charakteristisch roten Ablagerungen haben um das Adamello-Massiv - einen tertiären Intrusivkörper hauptsächlich granodioritisch-tonalitischer Zusammensetzung - erhebliche texturelle und mineralogische Veränderungen erfahren.

Es konnte gezeigt werden, dass die "Roten Sandsteine" und die kontaktmetamorphen grauen Sandsteine sehr ähnliche chemische Zusammensetzungen zeigen: SiO_2 58-85 % (max. 91 %), Al_2O_3 5-20 %, K_2O 2-8 %, MgO 0.2 -2.5 %, CaO 0.1 -3 %, Na_2O 0.2 -2 %, FeO_{tot} 0.1 -7 % und TiO_2 0.1 -1.1 %. Zwischen Ti und Fe konnte eine positive Korrelation festgestellt werden. Ti scheint bereits diagenetisch vom authigen gebildeten, fein dispersen Hämatit der Matrix eingebaut zu werden.

Als erste kontaktmetamorphe Veränderungen der permischen Sandsteine und Silte treten erhöhte Illitkristallinitäten und eine Farbänderung von rot-dunkelrot nach dunkelviolett auf, bedingt durch die Rekristallisation des Hämatits in der Grundmasse.
Mit zunehmender Kontaktmetamorphose konnten folgende progressiven Mineralneubildungen beobachtet und auskartiert werden: Biotit - Cordierit+Kalifeldspat - Andalusit+Kalifeldspat - Sillimanit. Die möglichen Reaktionen wurden mittels einer Matrix von 13 Phasen und 9 Komponenten berechnet. Alle neugebildeten Mineralien wurden systematisch mit der Mikrosonde gemessen. Deutlich zeigt sich eine Abnahme des Si^{IV}-Gehaltes der Muskowite.

Mit der Bildung von Biotit erscheinen die Metapsammite völlig grau, da Hämatit weiter kristallisierte und zum Teil für die Biotitbildung verbraucht wurde. Die Entstehung von Cordierit konnte immer vor der Andalusit-Bildung beobachtet werden. Die Cordierite bilden Porphyroblasten, die dem Gestein das typisch gefleckte Aussehen geben und an das "Fell eines Leoparden" erinnern. Die Bildung der von Quarz umgebenen Andalusit-Porphyroblasten kann nach den beobachteten Texturen durch K^+-Ionenwanderungen erklärt werden.
In der innersten Kontaktzone bildet sich fibrolithischer Sillimanit, der aus dem Muskowit oder häufiger aus dem Biotit herauswächst und zum Teil auch am Rand von Andalusit auftritt. In geschieferten Gesteinen kann Sillimanit bereits in einigen 100 m Distanz zum Kontakt auftreten.
Granat kommt normalerweise nicht vor. Er wurde nur in einer speziell eisenreichen Probe und in der Grundmasse eines Konglomerates gefunden.
Nahe am Kontakt finden sich häufig retrograde Umwandlungen. Neben der Pinitisierung der Cordierite tritt auch eine Umwandlung der Andalusite und Sillimanite in Muskowit auf. Diese Erscheinungen lassen auf ein H_2O-reiches Fluid nahe am Kontakt schliessen.

Es wurde versucht die Druck- und Temperaturverhältnisse einzuengen, die zur Zeit der Intrusion vorgelegen haben dürften. Erste Druckabschätzungen wurden aus der vermuteten stratigraphischen Ueberlast von 5 bis 8 km erhalten. Aus dem gemeinsamen Auftreten von Andalusit und Kalifeldspat konnte ein maximaler Druck von 2.2 bis 2.5 kb abgeleitet werden.
Grobe Temperaturabschätzungen liefern die Entwässerungsreaktionen, die zur Bildung von Cordierit und Andalusit führen. Die Umwandlung Andalusit - Sillimanit lässt bei 2 kb auf Temperaturen von rund 600° - 650^oC schliessen. Für Temperaturen von 600° - 630^oC sprechen die Si^{IV}-Gehalte von 3.02 bis 3.05 der Muskowite nahe am Kontakt.
An den gefundenen Granat-Biotit- und Granat-Cordierit-Paaren wurde der FeMg-Gehalt gemessen und die Gleichgewichtskonstante K_D bestimmt. Berechnungen nach der Gleichung von FERRY & SPEAR (1977) unter Annahme von P = 2kb ergeben für eine Probe aus der Sillimanit-Zone Temperaturen bis maximal 661^oC. Granat-Cordierit-Paare der selben Probe erreichen nach THOMPSON (1976) maximal 594^oC. Biotit-Cordierit-Messungen zeigen keine systematischen Veränderungen.

K/Ar-Altersbestimmungen an der Illit-Fraktion <2μ zeigen eine deutliche Verjüngung gegen den Intrusivkontakt. Eine Rb/Sr-Datierung eines permischen Hornfelses aus der Cordieritzone ergibt ein Biotitalter von 39.5 ma. Das Muskowitalter von 61.3 ma an der Fraktion 425-180μ der selben Probe lässt vermuten, dass die detritischen Hellglimmer noch nicht völlig regeneriert sind. Diese erhaltenen Biotitalter passen gut zu den bereits publizierten Intrusivaltern von 30 - 42 ma.