

Niğde Masifi paragneyslerinde zirkon U/Pb yaşları

Zircon U/Pb ages from paragneisses of the Niğde Massif (Central Anatolia)

M. CEMAL GÖNCÜOĞLU Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Temel Araştırmalar Dairesi, Ankara.

ÖZ: Niğde Masifi'nde en alt birimi oluşturan Gümüşler Formasyonu'nun tabanında yer alan paragneysden zenginleştirilen zirkonlardan U/Pb yöntemi ile radyometrik yaş tayini yapılmıştır. Manyetik olmayan beş ayrı tane bo-yundaki heterojen zirkon topluluğunca belirlenen diskordiya doğrusu konkordiya eğrisini $T_0 = 2059 \pm 77$ my ve $T_1 = 217 \pm 4$ my'a karşılık gelecek konumda kesmektedir. Bu diskordan yaşlardan T_0 paragneyslerin Algonkiyen yaşlı bir kaynaktan kırıntı aldığını gösterir. T_1 yaşı ise şimdiye değin jeolojik desteği bulunamamış ve yoruma açık bir erken alpin (Kimmeriyen) olayın paragneysleri etkilemiş olabileceğini düşündürmektedir.

ABSTRACT: Zircons enriched from the lower parts of the Gümüşler Formation, forming the lowest unit of the Niğde Massif, have been dated by the U/Pb method. The discordia trajectory, as determined by five nonmagnetic size fractions of the heterogeneous zircons, intersects the concordia at $T_0 = 2059 \pm 77$ my and $T_1 = 217 \pm 4$ my. T_0 age indicates that the paragneisses received elastics from a Proterozoic aged source terrain. T_1 age suggests that a possible early Alpine (Kimmerian) event may have affected the paragneisses. However there is so far no geological support for such an event and this age is open for further interpretations.

GİRİŞ

Türkiye'deki metamorfik masiflerin büyük bir bölümünün çökelme ve metamorfizma yaşları çok tartışmalıdır. Bu tartışmalarda Antekambriyen'den (Brinkmann, 1971) Genç Mezozoyik'e değin (Ketin, 1966) yaşlar öne sürülmekte ise de bu görüşlere kanıt getirecek veriler pek azdır. Ayrıca bu az sayıdaki verileri oluşturan jeokronolojik araştırmalarda seçilen yöntemler (Ataman, 1974) kanımızca sadece masifleri etkileyen en genç jeolojik olayları yansıtmak niteliktedirler. Saklı daha eski olayları yaşlandırmada en güvenilir yöntem olan zirkon U/Pb yaşları bilindiği kadarı ile henüz hiç araştırılmamıştır. Oysa zirkonun mekanik ve kimyasal olaylara karşı yüksek direnci; dolayısı ile aşınma, taşınma, diyajenez ve metamorfizma etkilerine karşın U/Pb sistemini büyük oranda koruması, bu minerali jeokronoloji araştırmalarında özellikle gerekli kılmaktadır.

Niğde Metamorfikleri'nin jeokronolojik incelemesi sırasında hem masifde olası en eski olayı yaşlandırmak ve hem de uygulanan diğer jeokronolojik yöntemlerle denetim sağlamak amacı ile masifin yüzeylenmiş en alt biriminden zirkonca zengin örnek alınmıştır.

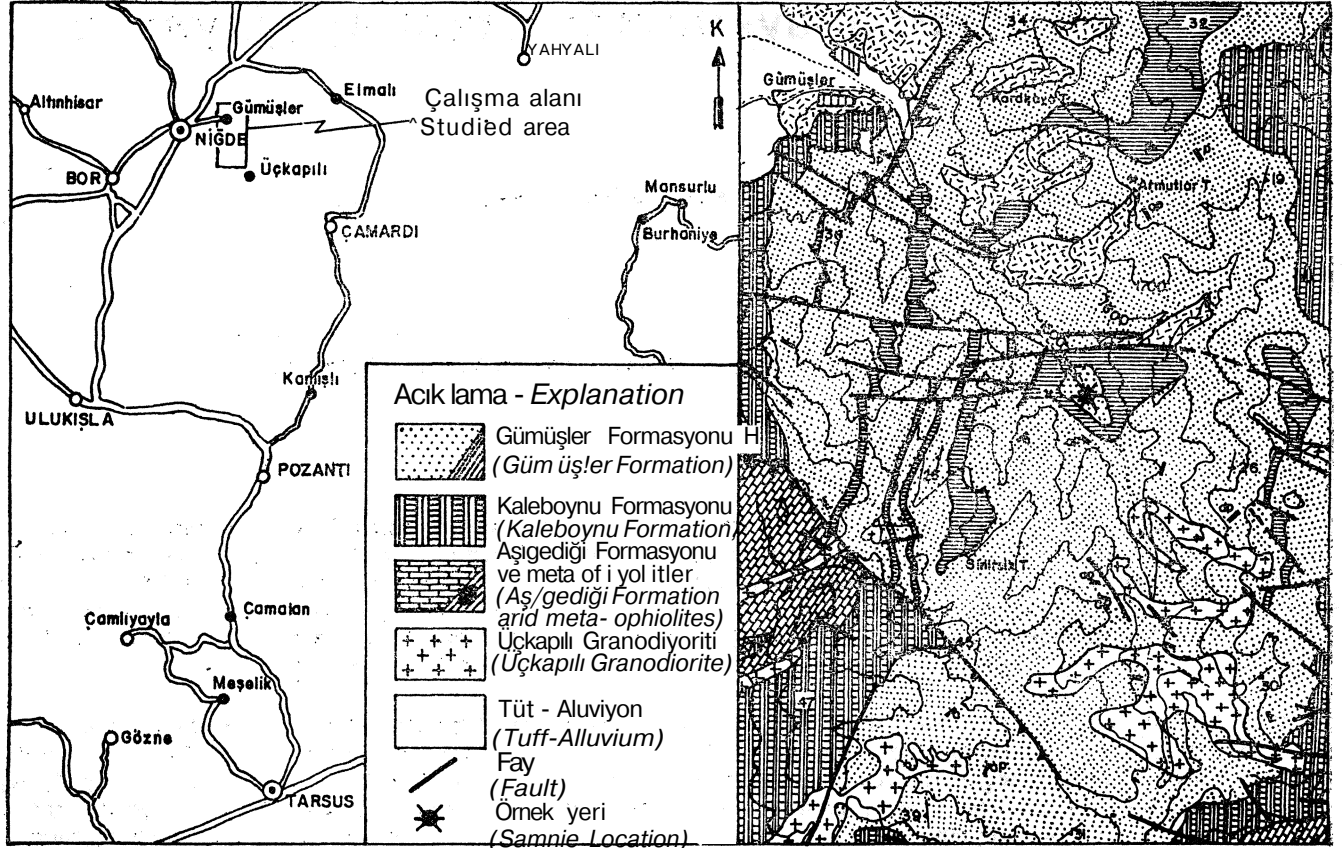
Örneğin ön zenginleştirilmesi Bundesanstalt für Geowissenschaften (Hannover) mineral zenginleştirme laboratuvarında, diğer tüm çalışmalar Jeokronoloji Merkez Laboratuvarı'nda (Münster) gerçekleştirilmiştir.

GENEL JEOLOJİ

Orta Anadolu Masifi'nin en güney yüzeylenimini oluşturan Niğde Masifi'nin metamorfik kayaları Niğde Gurubu adı altında toplanmıştır (Göncüoğlu, 1977, 1981). Niğde Gurubu, aşağıdan yukarıya gnaysların egemen olduğu Gümüşler Formasyonu; mermer, gnays, kuvarsit ve amfibolit ardalması sunan Kaleboynu Formasyonu ve ana kayacı mermer olan Aşgediği Formasyonu'ndan oluşur. Tüm metamorfitle Üçkapılı granodiyoriti tarafından kesilmiştir. Metamorfitle kesen ve ardalanan ancak onlarla birlikte kıvrılmış metabazik kayalar, bölgede ana metamorfizma evresi ve granodiyorit intrüzyonu öncesi yaygın bir bazik magmatizmanın varlığına işaret eder.

Yapılan ayrıntılı araştırmada (Göncüoğlu, 1977) bölgeyi etkileyen metamorfizmanın orta/yüksek sıcaklık tipinde olduğu ve sıcaklığın yer yer kısmi ergimeye yolaçacak değin yükseldiği saptanmıştır. Üçkapılı Granodiyoritinin kontakt metamorfizma zonunun çok yaygın olmaması intrüzyon sırasında yan kayaç ile sıcaklık farkının çok yüksek olmadığını göstermektedir.

Niğde Gurubu'nun yaşma ilişkin tek dolaysız veriyi, masifi güneyden transgressif aşmalı örten İllerdiyen yaşlı taban konglomerası sağlar (Göncüoğlu, 1977). Bunun dışında, Tromp (1942) ve Baykal'ın (1945) Devoniyen öncesi, Blumenthal'ın (1941) Alt Paleozoyik olarak öne sürdükleri çökelme yaşları ile Kleyn'in (1971) Hersinyen öncesi olarak



Şekil 1 : Çalışma alanı buldurular haritası ve örnek noktası çevresinin jeolojisi.
Figure I : Location and geological map of the sample area.

savladığı metamorfizma yaşı kanıtlara dayanmaz, Özgül (1976) ise Devoniyen ile başlayan Bolkardağ Birliğinin Niğde Masifi'nin örtüsü olduğunu düşünmektedir.

Zirkon zenginleştirilmesi için örneklenen Gümüşler Formasyonu yaklaşık kuzey - kuzeydoğu/güney - güneybatı uzanımli bir antiklinalin çekirdeğini oluşturur. Çeşitli gnays tipleri ile ardalanmış mermer, kalksilit - mermer ve metakuvarsit bantları egemen kayatürünün çökel kökenli olduğunu gösterir. Örneğin alındığı kesimde gnays birkaç metre kalınlıkta dokusal ve birleşimsel bantlar sunar.

ÖRNEĞİN TANIMI

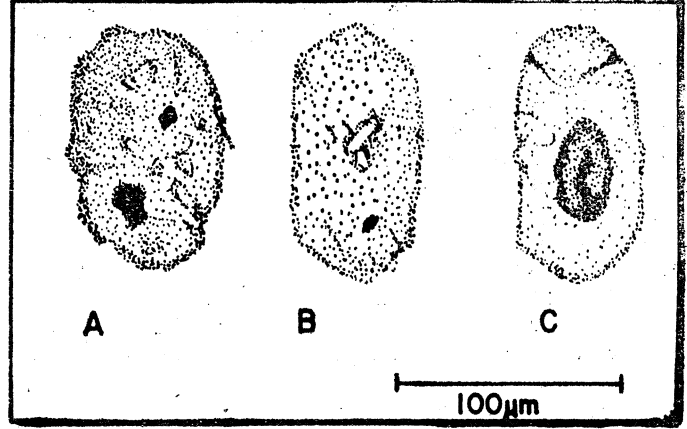
Zirkon yaşı tayini için kullanılan örnek Niğde güneybatısında Gümüşler köyünden güneye antimon işletmesine giden yol üzerine su gözlem istasyonunun yaklaşık 600 m ilerisinden alınmıştır. El örneğinde kayaç gnays dokulu, ince - orta taneli, milimetre boyutunu aşmayan biyotitçe zengin bantlıdır.

Mikroskopik olarak kayaç kuvars - albit - biyotit - muskovit - sillimanit gnays adı ile tanımlanır. Zirkon yanında aksesuar minerallerden rutil, turmalin, grafit, serisit, apatit ve manyetite rastlanır.

Zirkonların büyük bölümü biyotit içinde yer alır ve pleokroyik haleler oluşturur.

İncelenen zirkonların üç ana grupta toplanabilecekleri saptanmıştır (Şekil 2).

a) A-Tipi: tümü ile yuvarlaklaşmış, metamikt zirkonlardan oluşur. Uzunluk/Genişlik oranı 1,2-1,4 arasında değişir. Dış yüzeyi çopurlu ve çatlaklı, rengi kahverenkli. Piramidal uçlar izlenmez. Genelde matdır. Tanelerde çoğunluk magmatik oluşuma işaret eden ya da farklı iz elementlerin yoğunlaşması ile belirlenen zonlu yapı izlenir. Sık grafit kapantıdır. Bu kapantılar fraksiyonlarda tane



Şekil 2 : Paragnaysdan zenginleştirilen kırıntı zirkon topluluğundaki karakteristik tiplerin görünümü.
Figure 2 : Sketches of the characteristic zircon grain - types from the detrital population of the paragneiss.

boyu ile orantılı olarak azalır, manyetik fraksiyonda özellikle yoğunlaşma görülür. Morfolojik özelliği ile bu tip Poldervaart'a (1955) göre kırıntılı kayalar için tipiktir.

b) B-Tipi: Oldukça yuvarlaklaşmış yarı saydam zirkonlardan oluşur. Uzunluk/Genişlik oranı 1,5 dolayındadır. Kristal yüzeyleri ve piramidal uçlar az çok seçilir. Rengi sarımsı pembe. Dış yüzeyi mat ve pürüzlüdür. İçinde düzensiz dağılmış iğnemsiz zirkon kapantıları görülür. Pidgeon ve Aftalion'a (U972) göre bu kapantılar zirkonun olası eriyikten kristallendiğini gösterir.

c) C-Tipi: Bu tipte A-Tipi, B-Tipi içinde kapantılar şeklinde görülür. Kapantı ana mineralin yaklaşık %

Örnek No / Sample No.	Tane Boyu/Size Fraction (µm)	A-Tipi/A-Type	B-Tipi/B-Type	C-Tipi/C-Type	Ölçülen Tip Measured Type
NMZ-1	100	% 18	% 60	% 22	%85B+%15C
NMZ-2	100-80	% 15	% 60	% 25	% 100B
NMZ-3	80-63	% 15	% 57	% 28	% 100B
NMZ-4	63-50	% 10	% 65	% 25	% 100B
NMZ-5	50	% 8	% 73	% 19	% 100B
NMZ-M(*) (*) manyetik/magnetic	30	% 58	% 18	% 24	-

Çizelge 1 : Zenginleştirilen ve ölçülen zirkon tane boyu fraksiyonlarında karakteristik tiplerin dağılımı.

Table 1 : The distribution of the characteristic grain types in the separated and measured zircon size fractions.

20'sini kaplar. Ender olarak A tipinin 1-2 mm'lik bir kabukla çevrildiği izlenir. C tipinde bazen saydam kesimde az belirgin zonlu yapı görülür.

Örnek büyük ölçüde zenginleştirildikten sonra Silver ve Deutsch'un (1963) geliştirdikleri yöntemle göre önce manyetik özelliklerine göre iki bölüme ayrılmıştır. Manyetik bölümdeki zirkonlar çok fazla grafit kapantısı içerdiği için, bu bölüm ölçümlerde gözönüne alınmamıştır. Manyetik olmayan bölüm 5 tane boyu fraksiyonuna ayrılmış, Homojenlik sağlama amacı ile NMZ-1 dışındaki örneklerde B - Tipi dışındaki taneler ayıklanmıştır. NMZ-Tde, U/Pb sisteminin kapantılı kristallerde nasıl etkilendiğini araştırmak amacı ile B ve C - Tipi taneler birarada bırakılmıştır.

ANALİTİK YÖNTEM

Mineral ön ayırımı için Müller (1979) 'in önerdiği yöntem uygulanmış, zirkonca en zengin fraksiyon (<200um) önce ıslak sallanır masada, ardından tetrabrometan ve diiyotmetan ile zenginleştirilerek manyetik ayırıcıda manyetik ağır minerallerden temizlenmiştir. Son aşamada Clerici çözeltilisinden geçirilen örnek 5 tane boyu fraksiyonuna ayrılıp binoküler altında %100 saflaşana değin elle ayrılmıştır.

Zirkon örneklerinin kimyasal çözme, izleyici ekleme ve ayırma işlemleri Krogh'un (1971, 1973) geliştirdiği yöntemle göre yapılmıştır. Aniyon değiştiricilerin normaliteleri Kraus ve Nelson (1956)'dan pekaz değiştirilerek seçilmiştir. İzleyici olarak birleşmiş (kombine) $^{208}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ spayk'ı kullanılmıştır. İzotop analizleri Teedyne (SS-1290) katı kaynaklı kütle spektrometresi ve Cary 401 kuvvetlendiriciye (amplifier) doğrudan bağlı (on-line) hesaplayıcı ile yürütülmüştür. Pb ve U ölçümlerinde Re - telli, tek filamentli ısıtıcı kullanılmış, aktivatör olarak U için Ta_2O_5 , Pb için silikajel+fosforik asit seçilmiştir.

Düzeltilmeler için kullanılan olağan (common) Pb izotopik birleşimleri: $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=18, 27$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=15, 59$,

$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=37, 89$ biçimindedir. Hesaplamada ayrıca şu tepkime sabiteleri kullanılmıştır: $^{238}\text{U}=1,5513 \times 10^{-10} \text{y}^{-1}$, $^{235}\text{U}=9,8485 \times 10^{-10} \text{y}^{-1}$ ve $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}=137, 88$.

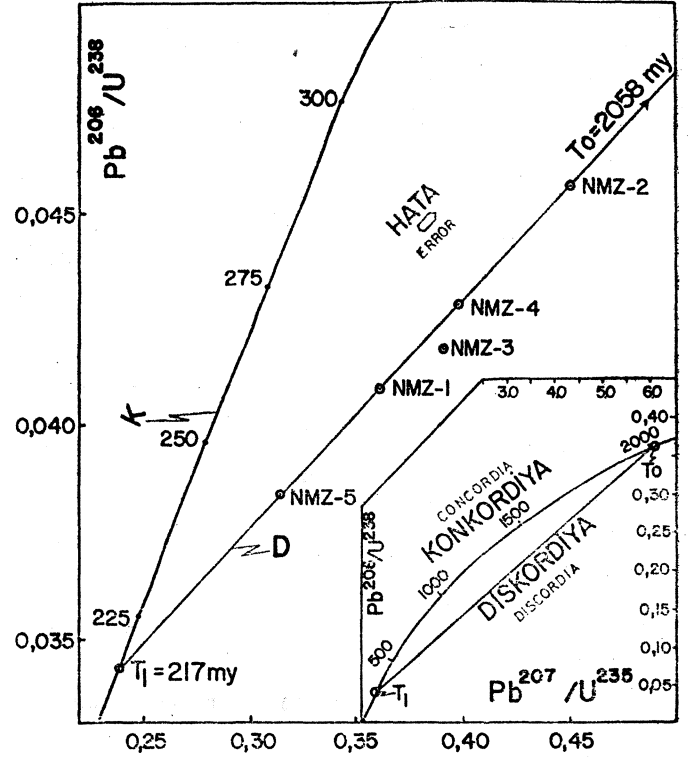
Regresyon hesapları York (1969)'un en küçük kareler yöntemi ile yapılmış, diskordiya eğrisinin kesim noktaları Hannover laboratuvarında hazırlanmış program kullanılarak % 0,2 hata ile çizilmiştir.

ÖLÇÜM SONUÇLARININ TARTIŞMASI VE YORUMU

Şekil 3'de görüldüğü gibi ölçülen zirkon örnekleri $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ - $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ diyagramında analitik hata sınırları içinde bir doğru (D) üzerinde yer almaktadırlar. Bu doğru «Konkordiya Eğrisi»ni $T_0=2058 \pm 79-76$ ve $T_1=217 \pm 3$ noktalarında kesmektedir. Bu kesim noktalarına karşılık gelen yaşlar Nicolaysen'in (1957) ilk kez kullandığı anlamda diskordandır.

Zirkonlarda diskordan U/Pb yaşları olağandır ve basit modellerde şu üç olayla açıklanmaya çalışılır :

a) Sürekli difüzyon: Tilton (1960) ve Wasserburg (1963) U/Pb sistemlerinde radyojen elementin sistemin tümü ile açılmasına gerek olmadan kristalden difüzyon yolu ile sürekli uzaklaştığını saptamışlardır. Yazarlara göre bu du-



Şekil 3 : Niğde paragneissinden zenginleştirilen çeşitli tane boylarındaki zirkonların ölçüm noktalarının konkordiya diyagramında (Wetherill, 1956) dağılımı.

Figure 3 : Concordia diagram (Wetherill, 1956) with the analytical data of the zircon size fractions from the Niğde, paragneiss.

rumda ölçüm noktalarını birleştiren doğrunun konkordiya ile üst kesişme noktası (T_0) zirkonun oluşum yaşını verir, alt kesişme noktasının (T_1) ise jeolojik anlamı yoktur. Wasserburg'ca (1963) hesaplanan difüzyon eğrilerinin kullanımı ölçüm noktalarının uygun dağılımı ile sınırlanır.

b) Dönemsel radyojenik kurşun kaybı : Wetherill (1956) oluşumlarından sonra kısa süre için dahi olsa açık bir sistem oluşturan, dolayısı ile U ya da Pb kaybına uğrayan zirkon sistemlerinin konkordiya diyagramında bir doğru üzerinde yer aldığını saptamıştır. Bu doğrunun konkordiya eğrisi ile üst kesim yaşı mineralin oluşumuna, alt kesim yaşı dönemsel kurşun kaybına yolaçan olayın yaşına karşılık gelmektedir. Bu jeolojik olay magmatizma, metamorfizma veya aşınma olabilir.

c) Farklı yaşta kristallerin varlığı : Konkordiya eğrisi üzerinde yer alan zirkonların eş oluşumlu (cogenefe) ve homojen olduğu varsayılır. Oysa özellikle para kökenli kayalarda hem morfolojik ve kristalografik özellikleri ile ayrı oluşum koşullarına işaret eden topluluklara; hem de kristaller içinde kapantı halinde kalmış daha eski nesle ait kırıntılara rastlanır (Grauert, 1974; Köppel ve Grünenfelder, 1971). Bu tür zirkonları içeren diskordan U/Pb sistemlerinde konkordiya ile kesim noktaları karışmış tanelerin en yaşlı ve en genç konkordan oluşum yaşları olarak yorumlanmaktadır (Grauert ve diğerleri, 1973).

Jeolojik olaylara ilişkin yan verilerin sağlanabilmesi halinde yukarıdaki üç diskordans modelini birleştirmek olanaklıdır (Grauert ve Arnold, 1968; Allegre ve diğerleri, 1974).

Niğde zirkon örnekleri için diskordanslığı yorumlarken sürekli difüzyon modeli baştan bir kenara bırakılabilir. Şekil 3'de açıkça görüldüğü gibi ölçüleri 5 fraksiyon konkordiya diyagramında alt kesim noktasına oldukça yakın düşmektedir. Bu durumda sürekli difüzyon olgusunu kanıtlamak için yukarıda sözü edilen ölçüm noktalarının uygun dağılımı koşulu sağlanmaz. Kaldı ki diskordiya doğrumuz Wasserburg'a (1963) göre hesaplanmış 2000 my'lık difüzyon eğrisini dar açı ile kesecek konumdadır. Sürekli difüzyon modelini yadsımamızın bir başka gerekçesi yaptığımız bir diğer çalışmada Niğde Metamorfitlelerinde Rb/Sr tüm kayaç, Rb/Sr mineral ve K/Ar mineral yaşlarının konkordiya eğrisi üstündeki T_1 yaşından daha genç bir jeolojik olayı kanıtlamasıdır.

Niğde zirkon yaşlarını dönemsel kurgun kaybı modeline göre yorumlamak için T_1 yaşına karşılık gelen dönemde zirkonların U/Pb sisteminin açıldığını varsaymak gerekir. Pidgeon ve diğerleri (1973) metamikt zirkonların 350-400 °C sıcaklıkta yeniden kristalize olabildiklerini ve bu sırada kapsadıkları radyojen kurşunun % 75 - %95'ini kaybettiklerini deneysel çalışmaları ile göstermişlerdir. Buna göre Niğde Metamorfitleleri'ni etkileyecek etken Alpin yaşlı bir düşük sıcaklık metamorfizması ya da magmatik faaliyet T_1 yaşını kolaylıkla açıklayabilir. Ancak bu olayı kanıtlayabilecek jeolojik ve petrografik veriler eksiktir. Buna ek olarak şekil 2'de zirkon topluluğunun heterojenliği açıkça görülür. Ayrıca diğer jeokronolojik yöntemlerle saptadığımız genç Alpin olay çok daha yüksek sıcaklık koşullarında gerçekleşmiştir (Göncüoğlu, 1977). T_1 sırasında düşük sıcaklıkta açılıp kapanan U/Pb sisteminin daha sonraki kısmı ergimeye değin yükselen sıcaklık koşullarında sağlam (intact) kalması dikkati çeker. Benzer bir durumda Allegre ve diğerleri (1974) Penin Alplerinde diskordansın derecesinin Alpin metamorfizmasının şiddeti ile doğrudan ilişkili olmadığını, Alpin öncesi olayların daha ağır bastığını belirtirlerse de, Niğde zirkonlarında sadece dönemsel kurşun kaybı modeli ile erken Alpin (Kimmeriyen) yaşta bir olayı doğrulanmış saymak istemiyoruz.

Şekil 2'de belirlenen üç zirkon tipinden ölçümlere sadece bir örnekte C - tipinin katıldığı, diğer örneklerde B-tipi zirkonların saflaştırıldığı yukarıda belirtilmişti. Ancak B-tipi zirkonların %1 kadarının A-tipi zirkonların radyojen kurşununu kristallenirken bünyesine aldığını ya da tümünü B - tipi varsaydığımız topluluğun % 1 kadarının gözden kaçmış C veya A - tipi taneler olduğunu düşünürsek yukarıda tartışılan son diskordans modeline varırız. Bu modele göre Niğde örneğinde, ölçüm noktalarının yakınında yoğunlaştığı T_1 noktası tüm ölçülen fraksiyonlarda egemen B - tipi zirkonların oluşum yaşına karşılık gelecektir. Yukarıda, dönemsel kurşun kaybı modelinde ortaya çıkan erken Alpin olay bu modelde de —farklı nedenle de olsa —yine belirlenerek kuvvet kazanmaktadır.

Konkordiya eğrisinde üst kesim noktasının (T_0) her üç modelde de en eski zirkon oluşum yaşına karşılık geldiği görülmektedir. Niğde örneğinde bu yaşın, metamikt A-tipi zirkonların oluşum yaşını gösterdiği doğrulanmaktadır.

SONUÇLAR.

1 — Niğde Metamorfitleleri'nin en alt birimini oluşturan Gümüşler Formasyonu tabanında yer alan paragnayslara yaklaşık 2000 my yaşlı, olası magmatik kökenli bir kaynaktan kırıntı sağlanmıştır. Benzer bulgulara Fransa'da Massif Central'da (Gebauer ve Grünenfelder, 1973), Bohemya Masifi'nde (Grauert, 1974) ve Güney Alplerde (Köppel ve Grünenfelder, 1971; Schenck, 1980) rastlanmaktadır. Ülkemizde çalışma alanına kırıntı sağlayabilecek Kambriyen öncesi magmatik ve metamorfiklere sadece Kuzey Anadolu'da rastlanır (Arpat ve diğerleri, 1978). Olası diğer kaynaklar Kuzey Afrika (Lancelot ve diğerleri, 1976) ya da Arap kalkanıdır (Greenwood ve Bleackley, 1967).

2 — Ölçümlerde belirlenen ve çeşitli modeller ışığında tartışılan erken Alpin olayın bugüne değin literatürde bilinen jeolojik, petrografik ve başka jeokronolojik kanıtı yoktur. Ya Niğde Metamorfitleleri'ni etkileyen, hazırlanmakta olan bir diğer çalışmada ayrıntılı olarak tartışılacak 'Genç Alpin' olaylar bu olayın izlerini yoketmiştir, ya da belirlenen bu yaş karmaşık dönemsel kurşun kaybı ve difüzyon olayları ile ortaya çıkan, jeolojik anlamdan yoksun «görünür» (apparent) bir yaştır.

Örnek No Sample No.	Tane boyu Size fraction (μm)	U (ppm)	Pb _{rad} (ppm)	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	% Δ	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (düzeltilmiş) (corrected)	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$
NMZ-1	100 μm	1281.44	45.129	52.230	0.22	52.23	0.04099	0.06400	0.3671
NMZ-2	100-80 μm	743.75	29.248	75.243	1.53	75.24	0.04571	0.07172	0.4552
NMZ-3	80-63 μm	788.62	28.716	97.572	0.69	97.7	0.04121	0.06874	0.3857
NMZ-4	63-50 μm	806.97	29.762	94.44	3.65	94.44	0.04293	0.06744	0.3979
NMZ-5	50 μm	1020.59	33.604	233.68	9.9	233.7	0.03833	0.05955	0.3243

Çizelge 2 : Zirkonların U/Pb analiz verileri
Table 2 : U/Pb analytical data of zircons

KATKI BELİRTME

Bu çalışma Dr. M. Satır'ın yazarın ilgisini jeokronoloji konusuna çekmesi ile Alman Teknik Yardım Fonu'ndan sağlanan parasal destekle gerçekleştirilmiştir. Yazar, örnek ön hazırlamasını yaptığı Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe - Hannover'den Dr. P. Müller ve Dr. A. Höndorfa, diğer tüm çalışmalarını yürüttüğü Zentrallabor für Geochronologie - Münster araştırma biriminden Prof. Dr. B. Grauert ve Dr. B.T. Hansene' yol gösterme ve tartışmaları için teşekkür eder.

Yazının ilk geliş tarihi: Ocak 1982
Yayıma verildiği tarih : Ekim 1982

DEĞİNİLEN BELGELER

- Allegre, C.J., Albarede, F., Grünenfelder, M. ve Köppel, V., 1974, 238 U/ 206 Pb- 238 U/ 207 Pb- 232 Th/ 208 Pb zircon geochronology in Alpine and non - Alpine environment : Contr. Mineral, and Petrol., 43, 163-194.
- Arpat, E.; Tütüncü, K.; Uysal, Ş. ve Göger, E., 1978, Saffranbolu yöresinde Kambriyen - Devoniyen istifisi : Türkiye Jeol. Kur. 32. Bilimsel ve Teknik Kongresi Bildiri Özetleri, 67 - 68.
- Ataman, G., 1974, Revue géochronologique des massifs plutonique et métamorphique de l'Anatolie : Hacettepe F.M.B. Bull., 3, 75-85.
- Baykal, F., 1945, Etude geologique du Taurus entre Daren-de et Kayseri (Anatolie) : İ.Ü.F.F. Mecm., Ser. B, 10, 133-142.
- Blumenthal, M., 1941, Un aperçu de la géologie du Taurus dans les vilayets des Niğde et d'Adana : Maden Tetkik Arama Enstitüsü Yayınları, B. 6, 195 s.
- Brinkmann, R., 1971, Das kristalline Grundgebirge von Anatolien : Geol. Rdsch., 60, 886 - 899.
- Gebauer, D. ve Grünenfelder, M., 1973, U/Pb zircon and Rb/Sr systems during progressiv metamorphism: Fortschr. Mineral., 50, 76 - 78.
- Göncüoğlu, M.C., 1977, Geologie deş Westlichen Niğde - Massivs : Bonn Univ., Doktora tezi, yayımlanmamış.
- Göncüoğlu, M.C., 1981, Niğde Masifi'nde viridinli gnaysın kökeni : Türkiye Jeol. Kur. Bült., 24/1, 45-51.
- Grauert, B., 1974, U/Pb systematics in heterogeneous zircon populations from the precambrian basement of the Maryland piedmont : Earth and planet. Sci. Lett., 23, 238 - 248.
- Grauert, B. ve Arnold, A., 1968, Deutung diskordanter Zirkonalter der Silvrettadecke und des Gotthardmassivs (Schweizer Alpen) : Contr. Mineral, and Petrol., 20, 34 - 56.
- Grauert, B.; Hanny, R. ve Soptrajanova, G., 1973, Age and origin of detrital zircons from the pre - Permian basements of the Bohemian Massif and the Alps : Contr. Mineral, and Petrol., 40, 105 - 130.
- Greenwood, J.E.G.W. ve Bleackley, D., 1967, Geology of the Arabian Peninsula, Aden Protectorate : U.S.G.S. Prog. Papers, 560 - C, 96 s.
- Ketin, İ., 1966, Anadolu'nun Tektonik Birlikleri : Maden Tetkik Arama Enstitüsü Dergisi, 66, 23 - 34.
- Kleyn, P.H., 1971, Geochemical patterns and structural alignment in relation to antimon - mercury - tungsten mineralisations in the Niğde - area, Turkey : Geol. en Mijnb., 50, 763 - 764.
- Köppel, V. ve Grünenfelder, M., 1971, A study of inherited and newly formed - zircons from paragneiss and granitized sediments of the Strona - Ceneri zone (Southern Alps) : Schweizer Min. Petr. Mitt., 51, 387 - 411.
- Kraus, K.A. ve Nelson, F., 1956, Anion exchange studies of the fission products : Proc. Int. Conf. Peaceful Uses Atomic Energy. 1955, Sess. 9B1, 7, 113 - 131.
- Krogh, T.E., 1971, A low contamination method for decomposition of zircon and the extraction of U and Pb for isotopic age determinations : Carnegie Inst. Wash. Yearb., 79, 258-266.
- Krogh, T.E., 1973, A low contamination method for hydrothermal decomposition of zircon extraction of U and Pb for isotopic age determinations : Geochim. Cosmochim. Acta, 37, 485 - 494.
- Lancelot, J.R., Vitrac, A. ve Allegre, C.J., 1976, U and Pb isotopic dating with grain by grain zircon analysis : a study of a complex geological history with a single rock : Earth and Planet. Sci. Lett., 29/2, 357 - 366.
- Müller, P., 1979, Erfahrungen bei der Mineraltrennung für radiometrische Altersbestimmungen : Erzmetall, 32/2, 232-263.
- Nicolaysen, L.O., 1957, Solid diffusion in radioactive minerals and the measurement of absolute geologic age : Geochim. et Cosmochim. Acta, 11, 41 - 59.
- Özgül, N., 1976, Toroslarm bazı temel jeoloji özellikleri : Türkiye Jeol. Kur. Bült., 19/1, 65 - 78.
- Pidgeon, R.T. ve Aftalion, M., 1972, The geochronical significance of discordant U/Pb ages of oval - shaped zircons from a Lewisian gneiss from Harris, Outer Hebrides : Earth and planet. Sci. Lett., 17, 269-274.
- Pidgeon, R.T.; O'Neil, R.J. ve Silver, L.T., 1973, Observations on the crystallinity and the U - Pb system of a metamict Ceylon zircon under experimental hydrothermal conditions : Fortschr. Mineral., 50, 118 s.
- Poldervaart, A., 1955, Zircons in rocks, 1. Sedimentary rocks : Am. J. Sci., 253, 433 - 461.
- Schenck, V., 1980, U-Pb and Rb/Sr radiometric dates and their correlation with metamorphic events in the granulite fades basement of the Serr, Southern Calabria (Italy) : Contrib. Mineral. Petrol., 73, 23-38.
- Silver, L.T. ve Deutsch, S., 1963, U/Pb isotopic variations in zircons : a case study : J. Geol., 71, 721 - 758.
- Tilton, G.R., 1960, Volume diffusion as a mechanism for discordant lead ages : J. Geophys. Res., 65, 2933-2945.
- Tromp, W., 1942, Kayseri - Niğde - Tuzgölü arasının jeolojisi : Maden Tetkik Arama Enstitüsü, Rap. No : 1456, yayımlanmamış.
- Wasserburg, G.J., 1963, Diffusion processes in U/Pb systems : J. Geophys. Res., 68, 4823 - 4846.
- Wetherill, G.W., 1958, Discordant uranium - lead ages : Trans. Am. Geophys. Union., 37, 320.
- York, D., 1969, Least squares fitting of a straight line with correction errors : Earth Planet. Sci. Lett., 5, 320 - 324.