

# *Uranyum Yataklarının Oluşum Süreçleri ve Denetleyici Etkenler*

ERKAN NAKOMAN E. Ü, YerMimarlıkFakültesi,

**ÖZ :** Damar tipi uranyum yataklarının oluşumunda uranyumun kaynağı, bir görüşe göre asit karakterdeki silisik magma, diğer bir düşünceye göre ise mafik kayalar teşkil eder. Bu tip yatakların kökeni ile ilgili olarak süperjen ekzojenik varsayım ve endojenik hidrotermal varsayım ortaya atılmıştır,

Kumtaşlarda stratiform uranyum yataklarının meydana gelebilmesi için gerekli 4 temel faktörün (kaynak kayaç, uranyumun taşınması, çökmesi ve korunması) değişik araştırmacıların görüşleri ışığında irdelenmesi bu tip yatakların oluşumunda egemen olan etkenlere açıklık kazandırabilmektedir.

Kuars çakıllı konglomeralardaki uranyum yataklarının, radyoaktif plaserler, uranyumlu fosfat, denizel siyah şist, kömür ve hidrokarbürlerin oluşumunun İncelenmesi uranyumun yığılma mekanizması ve bu mekanizmayı denetleyici etkenlerin belirlenmesi yönünden önem arzeder,

**SOMMAIRE** La source de l'uranium, en ce qui concerne les gisements uranifères du type filonien, peut être le magma silioïque de caractère acide ou les roches mafiques. Selon certains auteurs, ce type de gisements peut se former par les processus supergènes exogéniques. Selon d'autres, au cours de la mise en place des filons d'uranium les processus hydrothermaux endogéniques jouent le rôle essentiel,

Il existe 4 facteurs essentiels qui contribuent à l'accumulation de l'uranium dans les grès d'origine fluviatile. Il s'agit de la présence de la roche mère qui procure de l'uranium, le transport et la déposition de l'uranium et enfin la conservation du dépôt uranifère.. L'étude comparative de différentes hypothèses émises par de nombreux chercheurs concernant ces 4 facteurs précités peut mettre en évidence les agents contrôlant la formation de ce type des formations uranifères.

En outre, l'étude de la formation des gisements conglomératiques de l'uranium, les placers radioactifs, les phosphates uranifères, les schistes noirs d'origine marine, les charbons et les hydrocarbures contenant de l'uranium, peut mettre au clair les mécanismes d'accumulation de l'uranium et les facteurs qui les contrôlent.

## GİRİŞ

Uranyum yataklarının oluşumunda en önemli rolü tektonik hareketlerin oynadığı bilinmektedir. Uranyum içeren damarlar herhangi bir bölgeyi etkileyen tektonik aktivitenin son fazlarında oluşurlar. İlk tektonik fazlarda meydana gelen damarların uranyum içeriği tektonizmanın diğer fazları sırasında harekete geçerek göç eder,

Yerkabuğundaki uranyumun ilk depo kayaları, sialde yer alan asit karakterdeki postkinematik granitler, alkalın kompleksler ve felsik kayalardır. Bu kayalar, değişik süreçlerle, muhtelif tipte radyoaktif mineral yataklarının oluşumunu doğrudan veya dolaylı yollardan sağlarlar.

Gabehnan (14), yerkabuğundaki radyoaktif mineral yığılımlarının büyük bir kısmının oluşumunu, bu konsantrasyonların gerçekleşmesi için gerekli magmatik, sedimanter ve hidrolojik koşulları yaratan orojenik faktörlere bağlamaktadır. Bu yazara göre uranyum mineralleşmesi a) Postmagmatik; b) litolojik-fizyografik; c) Sedimanter; d) Tektonik mekanizmalara bağlı olarak gelişir.

### DAMAK Tipi URANYUM YATAKLARININ OLUŞUMU

Klasik düşünceye göre, damar tipi uranyum yatakları diğer bazı damar tipi metalik cevher yatakları gibi hidrotermal süreçlerle oluşurlar.

#### Uranyumun kaynağı

Damar tipi uranyum oluşumlarındaki uranyumun kaynağı üzerinde iki ayrı görüş vardır:

a. Uranyumun kaynağı asit karakterdeki silisik magmadır: Uranyum mineralleşmesine sahip damarların çoğu kez grantik stoklarda yer alması, pegmatitlerde bol ve iyi bir şekilde oluşmuş uranyum minerallerinin bulunması ve nihayet silisik kayaların uranyum tenörlerinin mafik kayaların uranyum içeriğine nazaran çok daha fazla olması bu görüşü destekleyen hususlardır.

b. Uranyumun kaynağı mafik kayalardır' Davidson (10) ve diğer bir kısım araş-

tırmacı günümüzde bilinmekte olan damar tipi veya benzeri hidrotermal kökenli uranyum yataklarında uranyum mineralleşmesi ile ilgili magmatik kütleler arasında herhangi bir ilişkinin kurulmadığını öne sürmektedir. Davidson'a göre uranyum yığılımlarından pek çoğu son

diyabaz, bazalt, lampofir v.b. mafik kayaların egemen olduğu sahalarda yer alır. Her ne kadar uranyum mineralleşmeleri ile mafik kütleler senkron (aynı zamanda oluşmuş) değilse de bu kütleler uranyum yığılımı ile yakın bir ilişki içindedirler.

Silisli magmatik kayalarda klasik olarak Mo, Zr, Sn, Th, Pb, Zn, W, Nb, V, F ve nadir toprak elementleri vardır. Buna karşılık Ni, Co, Cu, Ag, Au, Or ve Pt grubu metaller mafik ve ultramafik magmatik kayalarla ilgili cevher yataklarının karakteristikleri olup aynı zamanda hidrotermal uranyum yataklarında uranyumun olağan eşleridir. Bu gözlem uranyumun ana kayacının mafik kütleler olduğuna delil olarak gösterilmektedir.

Bu konu ile ilgili diğer bir gözlem de mafik kayaların asit karakterdeki kütlelerden genellikle çok daha az uranyum içermesidir. Uranyumun kaynağının mafik kayalar olduğunu savunan araştırmacılar, bu özelliğin orijinal mafik magma içinde uranyumun bulunmadığı anlamına geleceğini aksine bunun nedeninin, mafik kayaların mineralojik bileşimine giren minerallerin uranyumu tutup muhafaza edememesi olduğunu ileri sürmektedirler. Bu görüşe göre uranyum mafik kayalarla mineralleri ile kristalokimyasal yönden uyuşmadığı için dışarı atılmakta, kayalar böylece uranyum yönünden fakirleşmekte, dışarı atılan uranyum ise değişik koşullar altında, ana kayaca az çok yakın bir alanda mineralleşerek uranyum yatağını oluşturmaktadır.

Bir görüşe göre magmanın kristalleşmesi sırasında, başlangıçta, uranyum ve halojenler gaz fazında atılır fakat toryum magmanın sıvı gazda tutulur. Bu nedenle pek çok uranyum yatağında uranyum-flüorit beraberliği bulunmaktadır. Toryumca zengin hidrotermal damarların gangi ise karbonatlıdır (Roshold et al., 33),

Willgah ve (39) göre, uranyum ve toryum en genç, en felsik magmatik fraksiyonda yer alır. Son magmatik evrelerde oluşmuş kayalar-

larda uranyum miktarı giderek azalmaktadır. Bu magmatik farklılaşma (diferansiyasyon) sırasında 4 değerli uranyumun oksitlenmesi ve bir kısım uranil iyonlarının gaz fazında  $UF_6$  halinde göç etmesiyle açıklanmaktadır.

Uranyumun magmanın kristalleşmesinin ilk evrelerinde uranyumca zengin minerallerin kristalleşerek ayrılması varsayımı genellikle destek bulmamaktadır.

Varet'ye (38) göre, uranyum magmanın kristalleşmesi sırasında ergimiş kısımdan ayrılarak rezidüel kısımda toplanır. Nitekim agpaitik olarak adlandırılan nadir toprak elementleri ve halojenlerce zengin, yüksek derecede gelişmiş magmanın kristalleşmesi ile meydana gelen kayaçlar uranyum ve toryumun da dahil olduğu rezidüel magmatik elemanlar yönünden diğer kavaslardan daha zengindirler.

Yapılan incelemeler Güney Groenland'daki Ilmaussaq entrüzyonunun önemli oranlarda uranyum ve toryum içerdiğini, bu elementlerin doygun (satüre) olmamış agpaitik tipte peralkalin bir magmanın kristalleşmesi sırasında yığılabileceğini göstermiştir. Bu incelemelerin sonuçlarına göre, peralkalin granitik magmalar, kristalleşmeleri sırasında oluşturdukları bir sıvı faz aracılığıyla bünyelerindeki klorit ve flüoriti uranyum ve toryumla birlikte atarlar. Derinlerde konsolide olan granitik magmalardaki sıvı faz, basing nedeniyle, magmanın bünyesinde kalabilir. Bu durumda uranyum ve toryum mineralleşmesi kayacın bünyesinde oluşur. Uranyumun magmadan bir gaz fazı ile ayrılması ise porfiri tip yatakların oluşmasına yol açar.

#### Oluşum varsayımları

Barnes ve Ruzicka (2) kökeni ilkel sial, granitleşme veya yatay salgılama (sekresyon) olabilen uranyum arasında herhangi bir ayrımın yapılabilmesinin imkansızlığı üzerinde durmaktadırlar. Buna göre damar tipi uranyum yığılımlarının kökenini dolayısıyla oluşum sürecini kesinlikle saptayabilmek son derece zor bazen de imkansızdır.

Damar tipi uranyum yataklarının oluşumu ile ilgili olarak endojenik hidrotermal varsayım ve süperjen ekzojenik varsayım olmak üzere iki varsayım ortaya atılmıştır:

a, Endojenik hidrotermal varsayım: Gefroy ve Sarcia (16) Fransa'nın damar tipi uranyum zuhurlarında yaptıkları incelemelerde, uranyum yığılımlarının granitlerin herhangi bir orojenik evre şurasında jeotermik olarak ısınan sular aracılığıyla andojen (iç kökenli) alterasyonu ve milonitize olmuş zonlarının selektif yıkanması ile ortaya çıktığını savunmaktadırlar,

Vinogradoff (in Gangloff, 15) Erzgebirge uranyum provensindeki damar tipi yatakların oluşumunu Gefroy ve Sarcia'nın varsayımına az çok benzer bir yolla açıklar, Gangloff (18) ve diğer birçok yazar endojenik hidrotermal varsayımı desteklemektedir.

Endojenik hidrotermal varsayımın savunucularına göre:

— Peşblend damarlarının yantaşlarındaki klasik alterasyon alanının genişliği ancak 1-10 m dir. Damarların süperjen bir etkenle oluşmaları halinde alterasyon alanının çok daha geniş olması gerekir,

— Basınç, ısı ve uranyumlu andojen eriyiklerin içerdiği  $CO_2$  arasında bir fonksiyonel ilişki vardır. Basıncın gösterdiği küçük değişiklikler hidrotermal sıvıların  $OO_2$  yönünden fakirleşmesine ve dolayısıyla uranyumun eriyebilirliğinin azalmasına sebep olabilir. Bunun için uranyum çok dar basınç sınırları içinde, dolayısıyla ancak belirgin derinliklere kadar çökebilir. Granitlerin belirli bir derinlikten sonra sterilleşmesinin nedeni budur,

— Süperjen ekzojenik varsayım uranyumca zengin granitlerdeki otünit yığılımlarının meydana gelmesini açıklayabilmekte ise de peşblend mineralleşmesini izah edememektedir,

b. Süperjen ekzojenik varsayım: Bu görüşe göre uranyum yönünden zengin granitlerde biyostazi periyodlarında ekzojen (dış kökenli) bir alterasyon sonucunda harekete geçen uranyum kırık, çatlak veya milonitize olmuş zonların meydana getirdiği kapanlarda konsantrasyona uğramaktadır. Bu varsayımın savunucularından olan Moreau (in Gangloff, 15) granitlerin derinlere inildikçe sterilleşmesinin uranyum damarlarının yüzeysel etkenlerle oluştuğunun bir delili olabileceğine dikkati çekmektedir. Nitekim, danmr halinde uranyum oluşumları örneğin Vendée ve limousin'de

200 m, Bretagrie'de ise 150 m derinlikten itibaren yavaş yavaş- sterilleşmektedir.

Magne, Berthelin ve Dommergues (25) uranyumun eriyebilirliği üzerine yaptıkları laboratuvar deneyleri sırasında bazı ilginç sonuçlara varmışlardır: Doğal su, arjitin ve tirozin karışımında yetiştirilen, granitlerin üzerinde yer alan kahverengi asit topraklarda bulunan Bacillus üohenüörmis, derin sularda yaşayan Pseudomonas fluorescens, Pseudomonas putida, ve Achromobacteri adlı bakterilerin faaliyeti ile granitlerde bulunan uranyumun suda eriyebilirlik derecesi 2-97 defa artmaktadır. Bu araştırmacılar konu edilen bakterilerin uranyumun eriyebilirlik derecesini arttırmamasını şöyle açıklamaktadırlar: Deneylerde yararlanılan bakteriler heterotrof karakterde olup yaşamlarını sürdürmek için gerekli olan enerjiyi organik bileşiklerden sağlarlar. Bu bakteriler hafif (oksalik asit) ve ağır moleküler kitleli organik asitleri imal eden bir metabolizmaya sahiptirler. Bakteriye oluşturulan bu organik, asitlerin etkisinde uranyumun eriyebilirlik derecesi belirgin bir şekilde artmaktadır. Yapılan deneyler bakterilerin faaliyetinin 150 günden fazla sürmesi halinde, ilk önce organometalik bileşikler halinde eriyiğe geçmiş olan uranyumun degradasyona uğrayarak eriyikten ayrılıp tekrar gökekgümi göstermiştir,

Magne ve çalışma arkadaşlarının laboratuvar deneylerinin sonuçları ışığında uranyumun granitlerde süperjen ekzojenik etkilerle yığılması ile ilgili bir metalojenik model kurulabilir. Bu modele göre yüzeysel alterasyon zonunun hemen altında yer alan granitlerdeki uranyum, mikro-organizmaların aracılığı ile önce eriyebilir hale gelmekte ve yüzey suları ile yıkanarak tektonik yapılara (çatlak, fay v.b.) taşınmakta daha sonra ise bu tektonik yapılarda yine bakterilerin etkisinde biyodegradasyona uğrayarak organometalik bileşikler halinde çökmektedir. Bu metalojenik modelin gerçekleşebilmesi için ortamda karbonun varolması, heterotrop bakterilerin yaşamlarını sürdürebilecek elverişli ısı ve pH derecesi ile erimiş oksijen ve nemliliğin bulunması gerekmektedir.

Bu model granitik masifin yerleşmesi ile içerdiği uranyum damarlarının mutlak yaşı arasındaki 30-50 MY lık farkı ve minareleşmenin 200-250 hı derinliğe inildiğinde tamamen kaybolmasını mantıklı olarak açıklayabilmekle bir-

likte önemli uranyum konsantrasyonlarının oluşum mekanizmasına uygulanamamaktadır.

## KUMTAŞLARINA STRATİFORM URANYUM YATAKLARININ OLUŞUMU

Bir epijenetik stratiform uranyum yatağının meydana gelebilmesi için 4 temel faktörün varolması gerekir. Bunlar sırasıyla, 1) Birincil uranyum minerallerini kapsayan bir kaynak (ana kayaç veya kaynak kayaç) ; 2) Uranyum minerallerini içeren ana kayacın yıkanması ve uranyumun hareketli hale gelmesiyle ortaya çıkan eriyiklerin göçü (taşınma) ; 3) Uranyumlu eriyiklerden ortamın fiziksel ve kimyasal koşullarına bağlı olarak uranyumun çökmesi (dolayısıyla depo kayaç) ve nihayet, 4) Çökelen uranyumu kapsayan katmanların erozyondan korunmasıdır.

### Uranyumun kaynağı

Kumtaşlarında epijenetik stratiform uranyum yataklarının oluşumunda en önemli rolü oynayan uranyum kaynağının kökeni üzerindeki bilimsel tartışmalar sürmektedir. Bu konu ile ilgili olarak ortaya atılan değişik görüşleri damar tipi uranyum yataklarında olduğu gibi İki varsayım altında toplamak mümkündür:

a. Süperjen epijenetik varsayım: Bn yaygın görüş uranyumun kaynağını, sedimenter havzaya komşu veya bu havzayı çevreleyen kristalin masiflerin oluşturmasıdır. Uranyum, kaynak kayaç rolü oynayan granit, pegmatit, damar tipi oluşumlar veya metasedimentlerden yıkanarak eriyik haline geçecek ve uygun ortamda çökelecektir. Böylece meydana gelen uranyum yığılımları ortamın litolojik karakterine göre değişen geometrik özellikler gösterirler.

Kaynak kayaç rolündeki gramitik ve pegmatitik kayaçlarda buluna^ uranyumun %50 ile %70'i mikroskobik uraninit kristalleri veya peşblend tanecikleri halinde, genellikle bu kayaçları oluşturan diğer minerallerin (özellikle mikalar) içindedir. Uraninit granit içinde toryum, monazit, zirkon ve apatite bağlı olarak, bu mineraller arasında intrakristalin habütusta da bulunabilir. Bazı granitlerde ise kılcal mikroskobik çatlaklarda dispersiyon halinde izlenebilmektedir.

Süperjen epijenetik oluşum varsayımına göre kaynak kayacı teşkil eden diğer bir formasyon asit karakterdeki tuf, lav akıntıları v.b. piroklastiklerdir. Bu materyel sedimanter basenin yakınında bulunabilir, basenlerdeki çekellerle aralanmalar oluşturabilir veya bunları örtebilir.

Bazı sedimanter yataklarda uranyumun kökenini sedimanter havzaların yamaçlarını teşkil eden granitik çekirdekler ile araklık ve Örtü durumunda olan tüflü kayaların beraberce teşkil ettikleri görüşü ortaya atılmıştır. Örneğin Harshman (20) Wyoming havzasında bulunan ikincil uranyum mineralleşmelerinin oluşumunda tüflü kayaların ve granitik entrüziflerin beraberce rol oynadığı görüşündedir,

b. Magmatik hidrotermal eriyikler varsayımı: Bu varsayımına göre sedimanter yataklardaki uranyumun kaynağı magmanın diferansiyel kristallasyonu ürünleri olan hidrotermal sıvılardır. Burada, uranyumun yaygın ve endojen kökenli varlığını kabullenmek gerekir.

Park ve Me Diarmid (31) A.B.D.de Kolorado platosundaki yaygın uranyum yığılımlarını teletermal yataklar grubuna koymaktadır. Bu araştırmacılara göre, Kolorado platosu uranyum yatakları, kaynak kayalardan Çok uzaklara göç eden, bu nedenle sıcaklıklarını ve çevre kayalarla olan reaksiyon yeteneklerini büyük ölçüde yitirmiş hidrotermal sıvılar oluşturulmuştur.

Magmatik hidrotermal eriyikler varsayımı, bir sedimanter uranyum yatağının oluşması için yakın çevrede kristalin bir masifin varlığının gerek olduğu düşüncesini ortadan kaldırmaktadır. Fakat buna rağmen sedimantasyon sırasında asit karakterli bir magmatizmanın gerekli olduğu savunulabilir (Nakoman, 30).

### Taşınma

Magmatik kayaların petrografik bileşimine giren karmaşık uranyum oksitleri ve silikatları suda erimezler. Bunlar, içinde buldukları kayaların erozyona uğraması sonucunda nehir veya sahil kumlarında detritik ağır mineral yığılımlarını oluştururlar.

Allanit ve zirkon zamanla metamikt hale gelerek yıkanabilirler. Birçok araştırmacı, ba-

tolitlerde bulunan uranyum ve toryumu» eriyebilirliğinin metamiktlegme ile çoğaldığına dikkati çekmektedirler. Radyoaktif kayalarda toplam radyoaktif minerallerin %25'ine teka-bül eden sübmikroskobik uranyum ve toryum tanecikleri belirli süreçlere uyarak kolaylıkla yıkanabilir hale gelirler.

Karmaşık uranyum oksitleri ve silikatları dışındaki uranyum minerallerinin yüzey ve yeraltı sularıyla taşınabileceği bazı gözlemlerle ispatlanmıştır. Örneğin Wyoming havzasındaki yeraltı sularında 3ppm e kadar yükselebilen tenörlerde uranyum bulunmuştur. Gerçekten de uranyum mineralleri düşük ısı ve basınçta, eriyiklerin Eh ve pH değerlerine bağlı olarak 4 veya 6 değerli halde çözünür ve taşınırlar\* Bu koşullarda uranyum tuzlarının en çok karbonat halinde taşınması olasılığı vardır,

Pommer'in (32) Kolorado cevherleri üzerindeki çalışmaları, az miktarda karbonat içeren oldukça yüksek bir pH (>8) ve orta derecede bir Eli a (-300 den -400 MV ye) sahip sıvıların uranyum ve vanadyum tuzlarını kolaylıkla eritebildiğini göstermiştir. Karbonatlı eriyiklerde, alçak sıcaklıkta, uranyum eriyiği formülü  $[UO_2(CO_3)_3]^{4-}$  uranyum trikarbonat halinde geçmektedir.

Günümüzdeki genel görüş, uranyumun önce 4 değerli halden 6 değerli hale dönüşmesi ve ancak bundan sonra değişik kökenli sulara eriyebilir hale geçmesi şeklindedir.

Harshman'a (20) göre, 4 değerli uranyum asit ortamda (genellikle pH=3), 6 değerli uranyum ise alkali ortamda (genellikle pH=8) çözünebilmektedir. Wyoming'de yapılan gözlemler uranyumu eriyik halinde taşıyabilecek suların alkali karakterde olduğunu yani bu havzada 6 değerli uranyumun taşındığını göstermiştir.

Gabelman (14) yukarıda sıralanan görüşlerin tersine yüzey sularının »nemli konsantrasyonlar oluşturabilecek ölçülerde uranyum yıkayıp taşıyamayacağı görüşündedir. Yazar bu görüşünü aşağıda belirtilen gözlemlere dayandırdığını belirtmektedir

— Yüzey sularının analizleri, bunların yıkadıkları önesürülen ana kayaktan çok daha az uranyum içerdikleri sonucunu vermiştir.

— Sedimanter uranyum konsantrasyonlarındaki kalsit kristallerinde yer alan sıvı ve gaz safsızıklar kalsitin 4C-65°O da yığıştığını göstermektedir.

— Yüzey sularının aşındırıcı etkisi yoktur. Bu nedenle kayaçlarını fabriklerine kadar garip önemli kimyasal değişikliklere neden olmazlar,

— Sedimanter uranyum yataklarının yakın komşusu olan masiflerdeki uranyum mineralleri, yıkanmanın sonucunda ortaya çıkması muhtemel olan heterojen bir dağılım göstermeyip aksine homojen bir şekilde yayılmaktadırlar,

— Sedimanter uranyum yığışımında uranyum minerallerinin yanında yer alan tali minerallerden çoğu suda erimezler. Bu nedenle bunların yüzey suları ile taşınıp çöktürmesi olanaksızdır.

Gabelman'a (14) göre, uranyum taşıyıcı eriyiklerin, yüzey sularından çok daha aşındırıcı ve nüfuz edici (girieli) olmaları gerekir. Ayrıca bu eriyiklerin kimyasal karakterlerinin ancak bazı depo kayaçlarla reaksiyonlar oluşturabilecek Özellikte olması gerekir. Buna göre, konu olan yazar uranyum taşıyıcı eriyiklerin yüzey suları ile mantodan doğrudan türeyen magmatik veya hipojen sıvıların karışımından ibaret olduğunu ileri sürmektedir,

#### Çökelme ve depo kayaglar

Taşıyıcı eriyiklerde çözünmüş uranyum tuzlarının çökelmesi konusunu, paleocoğrafik ortam, paleoklimatoloji, jeolojik yaş, ortamın geometrisi, depo kayaçların fasiyes yönünden özellikleri, çökelme ortamının genel ve jeokimyasal Özellikleri bakımından incelemek gerekir. Ayrıca, uranyumun çökmesine elverişli niteliklere sahip ortamlarda bulunan diğer minerallerin fiziksel ve kimyasal özellikleriyle uranyum mineralleri arasında bazı ilişkilerin kurulması yararlı olacaktır.

Paleocoğrafik ortam: Robertson (35), yeryüzünde görülen epijenetik stratiform uranyum kaynaklarının büyük bir kısmının kurak veya yarı kurak iklim koşullarının egemen olduğu bölgelerde yer aldığına dikkati çekmektedir. Yüzey sularının, dolayısıyla yeraltı su şebekesinin bol ve hareketli olduğu basenlerde çökelmiş uranyumun korunamayacağı muhakkaktır. Fakat buna rağmen paleokümatik koşul-

ların sedimanter uranyum yataklarının oluşumunu etkileyen faktörler arasında ikincil bir Önem taşıdığı kanısı geneldir,

b. Jeolojik yaş: Bilinen sedimanter uranyum yatakları arasında jeolojik yönden "yaşlı" sayılabilecek zuhurların başında kuvars çakıllı uranyumlu konglomeratik yataklar gelir. Bu yataklar Prekambriyende oluşmuşlardır. Geri kalan sedimanter yataklarının pekeoğunun Tersiyer yaşlı oldukları bilinmektedir, Mesozoyikte meydana geldiği saptanan sedimanter yatakların ekonomik önemi ise Tersiyerde çökelmiş yataklardan genellikle çok daha azdır,

c. Ortamın geometrisi: Uranyum tuzlarını eriyik halde taşıyan sıvıların kısa mesafelerdeki hareketleri yataydır. Bu sıvıların geçtiği ortamdaki kırık, çatlak ve fay gibi tektonik izler eriyikleri düşey hareketlerine yol açabilir. Bu nedenle cevher yığışımını, bölgesel çapta tektonizma ile doğrudan ilişkilidir. Dünyada bilinen hemen hemen tüm epijenetik serimanter uranyum yataşlarında zayıf bir tektoniğin izleri görülür. Başka bir deyimle bu yataklar çok az ölçüde kıvrılmış ve kırılmışlardır.

İkincil uranyum minerallerinin çökmesiyle sedimanter havzanın jeolojik devirler boyunca yavaş yavaş yükselmesi arasında bir ilişki kurulabilmektedir. Kumtaşlarında epijenetik stratiform uranyum yataklarının çoğu kez orojenik zonlara yakın veya tafrojenik tektonik alanların çevresinde olduğu dikkati çeker. Orojenik aktiviteye düşey hareketlerle cevap veren duraylı havzalar, sedimanter uranyum birikimi için elverişli alanlardır.

Birçok sedimanter uranyum' yatağında katmanların eğimlerinin son derece hafif olduğu izlenmiştir, örneğin A.B,D,'deki Wyoming uranyum yatağında, eğim değerleri 1-3° arasında olan siltaşı ve şeyi tabakaları ile sınırlanmış kumtaşlarında en yüksek ekonomik değer gösteren uranyum cevherleşmesine rastlanmaktadır.

Kumtaşlardaki sedimanter uranyum cevherleşmeleri roll tipi veya tabuler birikimler halinde olabileceği gibi, değişik şekilli, oyuk, çukur ve kanalları dolduran yığışım şeklinde de bulunabilir,

d. Depo kayaların fasiyesi; Suların kolayca hareketine elverişli geçirgenlikte olan

genellikle nehirsnel kökenli, daha genel anlamda kontinental detritik malzemeden oluşmuş konglomera ve kumtaşı tabakaları uranyum konsantrasyonları için elverişli depo kayaçlardır,

Uranyumun depolanması için litolojik olarak gerekli sistem, geçirgen olan tabakaların geçirgen olmayanlarla ardalanmıştır. Buna örnek olarak kumtaşı kilitaşı ardalanması verilebilir. Eilitaşı, geçirgen olmadığından dolayı bir stratigrafik kapan görevi görür, uranyumlu eriyikleri yönlendirerek uranyumun kumtaşı içinde çökmesini sağlar fakat kendisi uranyum içermez,

e. Çökeltme ortamının genel ve jeokimyasal koşulları: Uranyum minerallerinin taşıyıcı sudan ayrılarak çökmesi için indirgeyici (redükleyici) bir ortamın varlığı zorunludur. Bu ortamda iyon değişiklikleri için elverişli koşullar, oksido-redüksiyon reaksiyonları için gerekli özellikler ve kimyasal kompleksleşme olanaklarının bulunması gereklidir.

Cevherli eriyiklerden uranyumun çökmesine Harshman (20), taşıyıcı sıvının Eh ında meydana gelen bir azalmanın sebep olduğunu öne sürmektedir. Bu araştırmacıya göre, cevherin çökmesi kritik Eh ve pH değerlerinde olmaktadır. pH değişiklikleri ise ortamdaki piritin oksitlenmesinin bir sonucudur.

Ortamda bulunan kil minerallerinin ve organik maddelerin uranyum cevherleşmesinde bir katalizör görevi yaptıkları düşünülmektedir. KaoHnitm, uranyumun eriyiklerden ayrılarak çökmesindeki etkisi bazı araştırmacılara göre çok önemlidir: Cadigan (8), A.B.D.'deki Shinarump ve Moss Back kumtaşlarının uranyum içeren kesimlerinde bulunan kaolinitin, bu taşların steril kısımlarından çok daha fazla miktarda olmasından hareket ederek, kaolinitin uranyumun yığılmasına yol açan bir madde olduğu sonucuna varmıştır. Goldshtaub ve Wey (17) ise killer üzerinde yaptıkları etüdlere H-montmorillonit ve H-kaolinitin eriyikteki  $UO_2$  iyonlarını absorbe ettiğini izlemiştir.

Organik maddeler arasında karbonun uranyum minerallerinin çökmesindeki rolü bazı jeologlarca tartışma götürülebilir nitelikte kabul edilmektedir (Harshman ve Davis m Harshman, (20). Buna karşık bütün sedimanter uranyum yataklarında, cevher zonları boyunca.

katı parlak parçacıklar veya bazen ince düzeyler halinde organik materyelin bulunduğu bilinmektedir. Kömürleşmemiş organik materyelin (bitki artıklarının) anaerobik organizmalar yoluyla ayrıştırılması sırasında açığa çıkan HgS gazının uranyumun yığılmasına yol açtığı birçok bilim adamı tarafından kabul edilmektedir. Nitekim Grüner (18), çürüten bitki artıklarının bir ürünü olan  $H_2S$  ve  $S^{=2}$  iyonlarının uranil eriyikleri için çok etkili bir indirgeyici olduğunu yaptığı deneylerle göstermiştir.

Ortamda karbonat iyonunun varlığı ile uranyum mineralizasyonu arasında yakın bir ilişkinin olduğu da görülmektedir. Bazılarına göre en etkili uranil iyonu tutan iyon karbonat iyonudur.

## KUVARŞAKILLIKONGLOMERALARDAKİ URANYUM YATAKLARININ OLUŞUMU

Prekambrîyende oluşmuş, kalkanların yakınının gevresinde yer alan kuvarşakillik oligomitik konglomeralar pri-uraninit mineralleşmesi içerirler. Büyük ekonomik değere sahip olan bu yataklar sedimanter kökenli olmalarına karşılık uraninit gibi 4 değerli bir uranyum minerali içermeleri yönünden ilginçtirler.

Bu tip yatakların oluşum süreci kesinlikle aydınlatılmamıştır, Heinrich (21), sahip oldukları parajeneze göre bu yatakların hidrotermal kökenli olduğu görüşündedir.

Robertson'a (35, 36) göre ise sedimanter süreçlerle oluşan bu yatakların meydana gelebilmesi için iki ana koşul gereklidir: 1) Geniş bir alandan malzeme taşıyabilecek önemli bir drenaj sisteminin olması; 2) Uranyum ve diğer bazı ağır mineraller yönünden zengin granit, gnays ve migmatit gibi bir ana kayacın drenaj sisteminin yöneldiği sedimantasyon havzasına yakın bir alanda yer alması,

Robertson'a (36) göre, bu konglomeratik uranyum yataklarının oluşumu sırasında dünya atmosferinde henüz oksijen mevcut değildir. Sedimantasyon havzasının yakınındaki gnays ve pegmatitlerdeki uraninit, oksitlenmesizin detritik olarak ağır- minerallere benzer şekilde bu fosil plaserlere taşınıp çökmüştür.

Oksitleyici bir atmosferin olması halinde bu tip yataklarının meydana gelmesine imkan

yoktur. Çünkü bilindiği gibi oksijenin etkisinde uraninit derhal oksitlenerek, suda kolaylıkla eriyebilir 6 değerli uranyuma dönüşmektedir. Bu halde ise kuvars çakıllı konglomeralarda bulunduğu şekilde detritik olarak yer almasına olanak yoktur,

Kuvars çakıllı konglomeralardaki uranyum yataklarının sedimanter olarak çökeldiğini destekleyen deliller şunlardır ;

— Uranyum mineralleşmesi tektoniğin denetiminde değildir;

— Uranyum cevherleşmesinin erozyona uğradığı alanlarda, uranyumlu yaşlı konglomeraların radyoaktif döküntüleri radyoaktif olmayan genç konglomeraların içinde yer alır. Radyoaktivitenin dağılımı yalnız erozyon sürecine bağlı olarak değişmektedir,

— Uraninit normal detritik bir oluşum içinde diğer detritik kökenli minerallerle birlikte yer almaktadır  $ThO_2/U_3O_8$

tasyonun yerçekimi nedeniyle olduğu izlenimini vermektedir;

— Konglomeralardaki mineraller gevre kayalarında bulunanların aynıdır., Uraninit yüksek oranda nadir toprak mineralleri ve toryum içeriği ile yeraltı sularının taşıyarak çökelttiği peşblendten tamamen farklıdır,

Robertson'un görüşüne kesinlikle karşı çıkan Bowie (4) Prekambriyen atmosferinde oksijenin olmadığını bilimsel olarak ispatlanamadığına dikkati çekmektedir. Bu araştırmacıya göre atmosferin oksijen içeriğinde 3800 MY dan beri çok belirgin bir değişiklik görülmemektedir. Nitekim, Prekambriyen yaşlı Witwatersrand sisteminde yüksek düzeyde başkalaşım gösteren gelişmiş bir hayatın, dolayısıyla, özümleme (fotosentez) faaliyetinin olduğu Hallbauer (19) tarafından saptanmıştır. Bu da Prekambriyen atmosferinin oksijenli olduğunu göstermektedir. Kuvars çakıllı Prekambriyen konglomeralardaki uranyum oluşumlarını değişik bir yoldan açıklamak gerekir,

## RADYOAKTİF MİNERAL, PLASEKLERİNİN OLUŞUMU

Radyoaktif mineral plaserlerinin oluşumu diğer plaserlerden farklı olmadığından burada ayrıntılı olarak incelenmeyecektir. Yalnız, radyoaktif plaserlere özgü bazı konular üzerinde durulması gerekir.

Kökenleri alüvyal (nehirsel), literal (deniz kıyısı) ve eoliyen (rüzgâr ürünü) olabilen dayanıklı radyoaktif minerallerin plaser şeklindeki yığılımları yeryüzünde en yaygın radyoaktif mineral kaynaklarından biri olarak düşünülebilir. Bu plaserlerin oluşumları, şekilleri, rezervleri ve petrografik yapıları kaynak kayacının cinsine, bu kayacın erozyon şekil ve şiddetine, detritik materyelin taşınma uzaklığına ve süresine, çökeltme havzasındaki koşullara, bazı durumlarda özellikle konsolide plaserlerde otijenik değişimlere bağlıdır.

Önemli rezervlere sahip bir plaserin oluşabilmesi için ana kayacın geniş alanlara yayılması gereklidir. Bu kayacın erozyonunu nehirlerin taşma etkisinin vakit geçirmeden izlemesi zorunludur. Başka bir deyimle erozyon ürünlerinin kısa bir sürede taşınıp depolanması halinde, bu materyelin uğrayacağı alterasyon, meydana gelecek plaserin radyoaktif mineral tenorunu olumsuz yönde etkileyecektir.

Derinlik magmatik kayalarında, pegmatitlerde ve hidrotermal oluşumlardaki 4 değerli uranyumun kolaylıkla eriyebilir 6 değerli uranyum haline geçmesi, karmaşık radyoaktif oksit minerallerinin metamikt özellikleri bu minerallerin erozyon ve taşınmaya olan dirençlerini azaltır veya yok eder. Bu nedenle, normal olarak uraninit ve peşblend gibi minerallerin ve metamikt karmaşık oksitlerinin plaserlerde yer alması olanaksızdır. Örneğin Guadalup ve Chihuahua altın plaserlerinin ana kayacı olarak bilinen kütledeki altın kuvars damarlarında peşblend bulunmasına rağmen asıl plaserlerde bu minerale rastlanmamaktadır.

Bazı plaserlerdeki az taşınmış büyük çakıllarla birlikte peşblend tanecikleri bulunabilmektedir. Fakat bu plaserlerin küçük taneli (kumlu) kısımlarında peşblendin tamamen ortadan kalktığı izlenir,

Torit ve torianit içeren plaserlerin varlığı bilinmektedir. Buna karşılık metamikt olan toryum mineralleri taşınma sırasında kısa sürede althasyona uğrayarak kaybolurlar. Radyoaktif mineral plaserleri a) Radyoaktif siyah mineraller; b) Monazit; Zirkon plaserleri olmak üzere üç tipte toplanabilir. Bunlar oluşum süreçleri yönünden nehir, kıyı ve konsolide plaserler olmak üzere üçe ayrılmaktadırlar.



## DİĞER URANYUM YIĞIŞIMLARININ OLUŞUMU

Fosfatlarda, denizel siyah şistlerde, kömürlerde ve değişik kökenli hidrokarbürlerde zaman zaman ekonomik olabilecek tenörlere ulaşan uranyum yığışımının bulunduğu bilinmektedir.

Burada bu yığışımın oluşum mekanizması ile ilgili görüşler konu edilecektir.

### Fosfatlarda uranyum

Fosfat cevherlerinin pekçoğunda izlenen yüksek radyoaktivitenin kökeni genellikle yalnız uranyum mineralleridir. Toryumun oranı çoğu kez %0,001 in altında kalır (Davidson ve Atkin, (11)).

Denizel uranyumlu fosfatların Kambriyen, Permian, Üst Jurasik, Kretase ve Tersiyerde jeosenkinal ve platformalarda silisli ve karbonatlı kayalarla beraberlikler oluşturarak meydana geldiği bilinmektedir.

Denizel kökenli fosfatlardaki uranyumun senjenetik olduğu görüşü yaygındır. Buna göre, fosfat mineralleri ve deniz suyunda erimiş halde bulunan uranyum birlikte çökelmektedir. Deniz suyunda erimiş halde bulunan uranyum, uranyumlu granitik ve siyenitik entrüvizler, piroklastik asit kayalar ve sahil plaserlerinden gelmektedir.

Denizel kökenli olmayıp fosfatlı kireçtaşlarının yıkanması veya guanonun alterasyonu sonucu oluşan fosfatlar normal olarak dikkate değer oranlarda uranyum içermezler. Örneğin Tennessee fosforitleri fosfatlı kireçtaşlarının yıkanması sonucu ortaya çıkan rezidüel birimler olup % 0.005 den az oranlarda uranyuma sahiptirler (Heinrich, 21).

Fosfatlarda uranyum belirgin bir mineral halinde olmayıp genellikle apatitin yapısında, 4 değerli iyonlar halinde kalsiyumla yer değiştirmiş durumdadır. Bu yer değiştirme Altshuter, Clarke ve Young (1) tarafından deneysel olarak gerçekleştirilmiştir.

### Denizel siyah şistlerde uranyum

Yapılarında karbonlu organik bileşikler taşıyan çamurlar, çökelmeleri sırasında deniz suyundaki uranyumu selektif olarak absorbe

ederler. Bu absorpsiyon, az miktarda da olsa diyajenez ve litifikasyon sırasında da devam eder.

Birçok şistli formasyonda uranyumun organik materyelle sıkı bir beraberlik içinde bulunmasına karşılık, karbonlu olmayan şistlerde uranyumun bulunmaması dikkati çeker. Buradan, uranyumun absorpsiyonunda en büyük rolü organik karbonun oynadığı çıkarılabilir. Nitekim yalnız deniz çamurlarında değil kömür, petrol, asfaltit ve diğer bazı organik bileşiklerde karbonun uranyumu tuttuğu saptanmıştır (Moore, 29). Şistlerde ayrıca organik materyelin yanında kolloidal kil parçacıklarının da bir miktar uranyumu tuttuğu bilinmektedir.

Uranyumlu denizel siyah şistler aşağıda belirtilen koşulların varlığında oluşabilmektedir:

— Ortamın oksijence fakir olması, karbonlu materyelin bol miktarda bulunması gereklidir;

— Çok ince taneli sedimanter materyel çok ağır bir tempoda çökelmeidir;

— Ortamda kolloidal kil parçacıklarının bulunması lüzumludur.

Siyah şistlerin olduğu ortamda fosfatlı kolloidlerin bulunması uranyum iyonlarının bu sonuncuları karbonlu materyele tercih etmelerine yol açar. Nitekim, siyah şistlerde fosfat merceklerinin olması halinde bu mercekler, siyah şistlerin karbonca zengin kısımlarından çok daha fazla uranyum içerirler. Buna karşılık, bazı fosfatlı çökellerde yer yer izlenen bitümlü şist düzeyleri, içinde buldukları fosfatlı formasyonlardan daha az radyoaktivite göstermektedirler. Moore (20), yaptığı laboratuvar deneylerinde, fosfatlı kayaların bir uranyum eriyiğindeki uranyumun %83 ünü, bitümlü şistlerin ise aynı eriyikteki uranyumun ancak %28'ini çekip bünyelerine alabileceğini görmüştür,

gistlerdeki uranyum kolaylıkla yıkanıp göç edebilir. Heinrich (21) alterasyona uğramış birçok siyah şistte uranyum minerallerinin yokluğuna, buna karşılık bu şistlere komşu çevre kayalarında ikincil uranyum minerallerinin bol miktarda bulunduğu dikkati çekerek siyah şistlerdeki uranyumun süperjen sıvılarla yıkanarak komşu kayalardaki kırık ve çatlak sis-

temlerine, hattâ bitümlü şist tabakalarının tabanına doğru taşındığını ve buralarda tekrar çökeldiğini belirtmektedir,

### Kömürlerde uranyum

Kömürlerdeki uranyum yığılımlarının oluşumu ile ilgili birbirinden farklı üç varsayım vardır:

a. Kökenli bitkisel artıkların dışında olan uranyum kömürleşme ortamında biriken organik materyelle birlikte çökmüştür. Bu varsayım göre kömürlerdeki uranyum diajenetiktir.

b. Uranyum, kömürü meydana getiren bitkilerin bünyesinde, bitkilerin hayatta olduğu sırada konsantre olmuştur. Bu görüşe göre kömürlerdeki uranyum senjenetiktir, Hoffmann (22) bazı turbalıklardaki az kömürleşmiş, şekillerini henüz kaybetmemiş bitkisel artıklardaki uranyumla bu bitkilerin canlı olanlarının bünyelerinde bulunan uranyum miktarının birbirine eşit olduğunu not etmektedir. Bitkisel artıkların kömürleşme derecelerinin ilerlemesi ile uranyum içeriği de artmaktadır.

c. Uranyum kömürleşme olayından çok daha sonra, yeraltı ve yerüstü sularıyla bir kaynak kayaçtan yıkanarak kömürlü formasyonlara taşınmış ve epijenetik olarak çökmüştür.

Epijenetik konsantrasyon varsayımını aşağıda sıralanan şu gözlemler desteklemektedir:

— Kaba, konsolide olmamış kumtaşları gibi geçirgenliği fazla olan kayaçlara yakın kömür damarlarında uranyum yüzdesi yükselmektedir;

— Uranyumlu kömür horizonlarına komşu veya bunları örten yüksek radyoaktiviteye sahip asit piroklastik formasyonlar mevcuttur;

— Uranyum yığılımlarının kömür damarlarındaki dağılımı genellikle düzensizdir.. Kömürlü stratigrafik sekanslarda, üst düzeylerde uranyum tenörü daima bir artış göstermektedir.

Kolorado platosundaki bazı zuhurlardan alınan, % 0.005 ile %16.5 arasında uranyum içeren Triyas, Jurasik, Paleosen ve Eosen yaşlı çok sayıda kömürleşmiş bitki artığı numunesi üzerinde Breger (5) tarafından yapılan incelemelerin sonuçlarına göre, uranyum, kömürün bünyesine eriyikler aracılığı ile epijenetik olarak girmekte, ince kırık ve çatlaklara muhtemelen alkalın uranil karbonatları halinde

de çökmekte, daha sonra kömür tarafından indirgenerek uranmit veya koffinit haline dönüşmektedir.

Uranyumlu denizel siyah şistlerde de konu edilen, karbonlu materyelin uranyum tuzları üstün konsantre etme yeteneği, kömürlerde uranyumun depolanmasında en önemli etkenlerden biridir. Szalay (37), yaptığı laboratuvar deneyleriyle, ayrılmış bitki artıkları, turba ve linyit gibi organik kökenli materyelin uranyum içeren karbonatça zengin eriyiklerden uranyumu sodyum uranil iyonları şeklinde kolayca kaptığını göstermiştir.

Kuzey İsveç'te Masugnsbyn Norrbotten civarında bulunan bir turbalık üzerinde yapılan gözlemler şöylece özetlenebilir:

— Uranyum turbalığı eriyik halinde yüzey, kaynak ve yeraltı suları aracılığıyla taşınmaktadır;

Eriyik halindeki uranyum, turbalıktaki hümik asitler tarafından konsantre olmaktadır;

— Turbalığın ortalama uranyum içeriği 900 ppm, turbalığa akan suların ki ise 0.1 ppm dir. Turba, birlikte bulunduğu sulardan 9000 kat fazla uranyum absorpsiyonu yeteneğine sahiptir;

— Hümik asitlerdeki uranil iyonlarının çökmesi ortamın pH değerinin 3 ile 7 arasında sınırlı olduğu hallerde mümkün olabilmektedir;

— Uranyum turbanın sadece organik kısmında konsantre olmuştur. Bu nedenle kül miktarının artması ile organik madde oranı ve dolayısıyla tenörü azalmaktadır;

— Kömürleşme derecesi ile uranyum tenörü arasında kesin bir ilişki kurulamamasına karşılık, kömürleşme derecesi arttıkça turbanın bileşimindeki uranyum miktarının da arttığı düşünülebilir.

### Hidrokarbonlarda radyoaktif mineraller

Bazı hidrokarbonlarda uranyum ve beraberindeki diğer birçok metal kolloidal parçacıklar veya organometalik bileşikler halinde bulunmaktadır. Burada özellikle petrol ve asfaltitlerdeki radyoaktif mineral yığılımlarının meydana gelmesi konu edilecektir.

a. Petrollerde radyoaktif mineral yığılımlarının oluşması: Bazı petroller kuvvetli bir radyoaktiviteye sahip olup normalin üstünde U, Th, Rn, He ve A içerirler.

Bir varsayım göre petrollerdeki uranyum

epijenetiktir. Nitekim uranyum yönünden fakir olan veya hiç uranyum içermeyen depo kayaçlarda yer alan petrolerin uranyumsuz oldukları görülmüştür.

Petrolerde uranyumun kökeninin epijenetik olduğu varsayımını, uranyumlu petrollerdeki Rn/Ra oranının 4 ün üstünde olması da desteklemektedir, Heinrich'e (21) göre Rn/Ra oranının bu düzeyde olması aşağıda belirtilen olasılıkları ortaya çıkarır:

— Radium petrolden selektif olarak atılmıştır;

— Radonun kaynağı ya petrolün dışındaki bir kayaçtır veya bu element petrol tarafından selektif olarak toplanmıştır;

— Radium ve radon aynı kaynaktan beraber bulunurken radium bir etken tarafından selektif olarak harekete geçirilmiş ve göç etmiştir. Bu sonuncunun petrole eşlik eden tuzlu sularda, uranyumun alçak tenörüne karşılık anormal sayılabilecek derecede fazla miktarlarda bulunmasının nedeni budur,

Davidson (11) gibi Kostov'da (24) uranyumla evaporitlerin ve petrolerin yakın ilişkisi olduğunu savunanlardandır., Bu aragırmacılar göre, evaporitler ve petroler uranyumu tesbit edici maddelerdir. Davidson (11) CO<sub>2</sub> in indirgenmesi ve polimerizasyonu ile ortaya çıkan bileşiklerin uranyumu tutucu özellik taşıdıkları görüşündedir.

Bir varsayımına göre uranyumun Prekambriyen öncesindeki ilk jeokimyasal stoğundan göçü, Prekambriyendeki sapropelik fitoplanktonların katajenez sonucunda göç edebilir hidrokarbonlar haline dönüşmesiyle gerçekleştirilmiştir.

Petroler uranyumu Önce eriterek organometalik bileşikler haline getirirler, sonra taşınlar ve uygun fiziko-kimyasal koşullara sahip ortamlarda çökeltirler,

Breger ve Deul'e (6) göre uranyum taşıyıcılığı petrolün bileşiminde bulunan porfirinler, karboksil grubu içeren asfaltinler ve naftalik asitler yapmaktadır.

#### DEĞİNİLEN BELGELER

1. Altschmler, Z.S.; Clarke, R.S,Jr. ve Young, B.J. (1956) : The aluminium phosphate zone of the Bone Valley formation and Its uranium deposits. Intern. Conf. Peaceful Uses Atomic Energy, Proc., 6, pp. 507-513.
2. Barnes, F.Q, ve Buzieka, V. (1972): A genetic classification, of uranium deposits. 24. IGC,

b. Asfaltlerde radyoaktif mineral yığılımlarının oluşması: Asfaltlerde radyoaktif minerallerin oluşumu üç değişik varsayımla açıklanmaktadır:

— Asfaltit, depo kayao, içinde, uranyumun gelişiminden önce hasıl olmuş, daha sonra uranyum konsantrasyonlarının oluşmasında "çökeltici" rolü oynamıştır;

— Uranyumlu hidrotermal sıvılar petrolü ortama girdiklerinde petrolü oksitleyerek asfaltite dönüştürmüşlerdir,

— Uranyum önce uraninit halinde yığılmış, daha sonra petrol veya doğal gazları polimerize ederek sıvı faza dönüştürmüştür. Sıvı fazdaki hidrokarbonların bir kısmı bir miktar uraniniti eritmiş bir diğer kısmının da yerme geçmiştir. Bunu hidrokarbon jellerinin koloidal haldeki peşblendin koagülasyonu ile katılaşması ve yapısında bu katılaşmadan dolayı meydana gelen küçük çatlaklarda kısmen yeniden dağılmaya uğrayan peşblendin ve çeşitli sülf itlerin birikmesi izlemiştir.

Yukarıda son olarak belirtilen polimerizasyon varsayımı günümüzde en çok taraftar bulunan görüşü yansıtmaktadır,

Asfaltitlerdeki uranyumun kökeni ile ilgili pek çok ilginç düşünce vardır. Örneğin Breger (6) Kolorado platosundaki uranyumlu asfaltitlerin kömürleşmiş bitkisel kalıntıların bir ürünü olduğunu savunmakta, bu asfaltitlerin içerdiği uranyumun, taşıyıcı sıvılardan "kömürleşme" ile aynı zamanda eökeldiğini öne sürmektedir. Bu paralelde bir düşünceye sahip Gruner (18) ise bitkisel kökenli (?) asfaltitlerin uranyumlu eriyikler üzerinde bir "iyon değiştirici" etkisi yaparak uranyumu konsantrasyona uğrattıklarını savunur.

Katı hidrokarbonlardaki uranyumun biyojenik olduğu yolunda da fikirler vardır. Örneğin MihoUc (28) Witwatersrand altınlı uranyum yataklarında anaerobik mikroorganizmaların biyojenik uranyum konsantrasyonlarına yol açtığını iddia etmektedir.

YayınVeriliş tarihi; 8.3.1978

- Seet. IV, Mineral Deposits, pp. 159.162,
3. Bohse, H.; Bose-Hansen, J.; Sorensen, H.; Steinfeld A; Lovborg, L. ve Kunzendorf., H. (1974): On the behaviour of urajalum during crystallization of magmas. With special emphasis on alcalin magmas. Format, of Uranium Ore Deposits, Proc, LABA, pp. 49-60.

4. Bowie, S.H.U. ve Cameron, J. (1976): Existing and new techniques in uranium exploration. Explorât, or Uranium Ore Deposits, Proc IAEA, pp. 3-13.
5. Breger, I.A. (1974) : The role of organic matter in the accumulation of uranium. Format, of Uranium Ore Deposits, Proc. IAEA, pp. 99-123.
8. Breger, I.A. ve Beul, M. (1956) : The organic geochemistry of uranium. Intern. Conf Peaceful Uses Atomic Energy, Proc, 6, pp. 418-421.
7. Brown, H. ve Silver, L.T. (1956): The possibilities of obtaining longrange supplies of uranium, thorium and other substances from igneous rocks. U.S. Geol. Surv. Prof. Paper, no. 300, pp. 91-95,
8. Cadigan, R.A. (1956): Possible relationship between uranium ore deposits and the presence of kaolin in Tllassie sandstone (abs.). U.S. Geol. Sudv, Papers, no. 5-6.
9. Cater, F.W.Jr. (1954): Geology of the Bull Canyon Quadrangle. U,3, Geol. Surv, Geol. Quad. Map., GQ 33.
10. Davidson, G.F. (1966): Some genetic relationships between ore deposits and evaporites. Trans. Inst. Wn, Metall., Sevt, B, Appl. Earth Sei., v, 75, pp. 216-225.
11. Davidson, C.F. ve Atking D. (1953): On the occurrence of uranium in phosphate rock. 19th Oongr, Geol, Intern., Sect. XI, Fase. XI, pp. 13-31.
12. Benson, N.M.- Bachman, G.O. ve Zeller, H.D. (1950): Summary of new information on uraniumiferous Ugnitea in the Dakotas. U.S. Geol. Survey, TEM 175.
13. Gabelman, J.W. (1956): Uranium deposits in limestone. Intern. Conf. Peaceful Uses Atomic Energy, Proc, 6, pp. 888-345.
14. Gabelman, J.W. (1977): Orogenic and taphrogenic uranium concentration. Recog, and Evaluât, of Uraniferous Areas, Proc. IAEA, pp, 109.119.
15. Qangleff, A. (1970): Notes sommaires sur la géologie des principaux districts uraniumifères étudiés par le CEA. Uranium Explorât. Geology, Proc. IAEA, pp. 77-104.
16. Geffroy, J. ve Sarcla, J.A. (1958) : La notion de gîte épithermal uraniumifère et les problèmes qu'elle pose. Bull. Soc Géol. de France, 6e série, v. VHI, pp. 178-190.
17. Goldsztaub, S. ve Wey, R. (1955): Absorption des ions uranyles par les argiles. Bull. Soc. Frang. Minéral, et Crist., v. 78, pp, 242.248.
18. Grüner, J.W. (1956): Concentration of uranium by carbon compounds, Eeon, Geol., v. 51, pp. 284-285.
19. Hallbauer, D.K. (1975): The plant origin of the Witwatersrand carbon. Miner, Sei. Eng., v. 7, pp. 111-131,
20. Harshman, E.N. (1970): Uranium ore rolls in the United States. Uranium Explorât. Geology, Proc. IAEA, pp, 16Ö-181.
21. Heinrich, E.W. (1958): Mineralogy and geology of radioactive raw materials. Me Graw-Hill Book Oomp, Inc
22. Hoffmann, J. (1943): Uran in Kohlen and Torf. Chem. Erde, v, 15, no, 3, pp. 277-282.
23. Koeberlin, F.R. (1938); Sedimentary copper, vanadium, uranium and silver in southwestern United States. Boon. Geol., v. 33, pp. 468.461.
24. Kostov, I. (1977): Crystallochemical differentiation and localization of uranium ore deposits the earth's crust. Recog. and Evaluât. Uraniferous Areas, Proc. IAEA, pp. 15-29.
25. Magne, R.; Berthelm, J.R. ve Dominergues, Y. (1974): Solubilisation et insolubilisation de l'uranium des granites par des bactéries heterotrophes. Format, Uranium Ore Deposits, Proc IAEA, pp. 73-86.
26. Me Kay, E.S. (1955) : Criteria for outlining areas favorable for uranium deposits in parts of Colorado and Utah. U.S. Geol Surv, Bull., no. 1009-J.
27. Me Kelvey, V.E. (1956): Uranium in phosphate rock. Intern. Conf. Peaceful Uses Atomic Energy, Proc, 6, pp. 499.502.
28. Miholic, S. (1954) : Genesis of the Witwatersrand gold-uranium deposits. Boon, Geol., v, 49, pp. 537-540.
29. Moore, G.W. (1954) • Extraction of uranium from aqueous solution by coal and some other materials. Boon. Geol., v. 49, pp. 652-658.
30. Nakoman, E. (1977): Sedimanter uranyum yatakları ve Türkiye'nin bu yönden olanakları. Prospektor, no. 3, pp, 22-İBi
31. Park, Ch, F. Jr. ve Mac Dlarmid, R.A. (197Ö): Ore deposits. 2nd ed. W.H, Freeman and Comp.
32. Pommer, A.M. (1957): Laboratory investigations on the origin of uranium and vanadium in the ores of the Colorado Plateau (abs.) 2nd Nuclear Eng. Sei. Conf. Prog. 14,
33. Rosholt, J.N.; Prijana, O. ve Noble, D.O. (1971): Mobility of uranium and thorium in glassy and crystallized silisio volcanic rocks. Econ. Geol., v. 66, pp, 1061.1071.
34. Baser, O.A. (1956) : Ore genesis of the black uranium ores of the Colorado Plateau. Uran. Inform. Digest., v, 3, no. 7, pp. 12-13 ve 22-24,
35. Robertson, D.S. (1970): Uranium: Its geological occurrence as a guide to exploration. Uranium Explorât, Geology, Proc. IAEA, pp. 267-284.
36. Robertson, D.S. (1977): Basal Proterozoic units as fossil time markers and their use in uranium prospection. Format, Uranium Ore Deposits, Proc, IAEA, pp. 495-512.
37. Szalay, S. (1954): The enrichment of uranium in some brown coals in Hungary. Acta Geol. Acad. Sei, Hung., II, Faso, 34-, pp 229-310.
38. Varet, J. (1869): Les phonolites agpaltiques du Oantal Septentrional (Auvergne, France). Bull. Volcan., v. 33, p. 621.
39. Willagallis, A. (1970) : Zur Mikrosondeanalyse der U-Th-Minerales im Malsburgergraiüt, N, Jb. Miner. Abh., 114, no. 48.