

DOKÜMANTASYON :

**RADYOAKTİF MİNERAL YATAKLARI İÇİN PROSPEKTÖRLERİN  
GÖZÖNÜNDE BULUNDURMALARI LÂZİM GELEN  
BAZI HUSUSLAR**

Dr. Ö. BAYRAMGİL

**M**T. A. Mecmuasının 40 ncı sayısında, otuz. küsur eserden istifade etmek suretiyle «Uranium Mineralleri, Maden Yatakları ve Türkiye'de Bulunma İhtimalleri» adlı bir yazı yazmıştık. Daha sonra «Geological Survey Museum» tarafından yayınlanan, İngiltere Geological Survey Atom Enerjisi kısmı şef jeologu Dr. C. F. Davidson tarafından yazılmış "**Radioaktif Mineral yataktan için Prospektör El Kitabı,,** , sahada çalışan prospektöre pratik malûmat vermediği "hedef tuttuğundan, mühim bir kısmını iktibas etmeyi faydalı buluyoruz.

**GİRİŞ:**

Bilûmum atom enerjisi gelişmelerinin dayandığı ham maddeler olan Uranium ve Thorium madenleri, çok senelerdenberi istihsal olunuyordu; fakat bunlar, atom dağılmasının keşfinden sonra, büyük askerî önem kazanmıştır. Şimdi Uranium'un temini günün meseleleri halini almıştır.

Atom enerjisi çalışmalarında Thorium ihtiyacı, şimdiki halde ancak tecrübe miktarlarına inhisar ediyorsa da, daha sonra çok fazlası lâzım olacaktır. Dünyadaki kaynakların mahdut olduğu şüphesiyle, birçok memleketlerin yapmış oldukları atom enerjisi programlarını tetkik etmek zorunda kalacakla-

nm düşünmeğe sebep yoktur. Filhalka bu enerjinin kullanılabileceği tahakkuk ettiğindenberi Uranium ve Thorium maden rezervleri bir hayli fazlalaşmıştır. Bununla beraber bu madenlerden işletilmeğe değer zuhurlar bulan prospektörler, istihsalleri için uzun vadeli pazarlar bulabileceklerinden emin olabilirler.

Uranium oksidinin 1850 -1900 senelerinde ortalama istihsalı senede 3 tonu geçmeyip, büyük kısmı, Bohemya'da St. Joachimstal Kobalt - Gümüş madeninde 2. nci derecede önem taşıyan Pehblend'den çıkarılır ve çoğu seramik sanayiinde boya olarak kullanılırdı. 1898 de Radium'un Pehblend'de bulunuşunu müteakip 20 sene kadar Uranium madenlerinin ortalama istihsalı senede 100 ton  $U_3O_8$  olmuş ve bu en ziyade Amerika'daki Karnotit yataklarından elde edilmiştir. Belçika Kongosu ile Kanada'da önemli Pehblend yataklarının meydana çıkarıldığı 1920 - 1940 devresinde de senelik ortalama istihsal 350 ton  $U_3O_8$  olarak tahmin olunabilir. Şimdi ise, elimizde istatistikler bulunmamasına rağmen, bu miktarın, en az birkaç bin ton olduğunu söylemek mümkündür. Şimdiye kadar bilhassa «Kızgın manto» sanayiinde kullanılan Thorium'a gelince, bunun senelik istihsalı pek değişmemiş ve asrımızda 200 -

450 ton arasında kalmıştır. Bu madde, Uranium gibi, henüz atom enerjisi için kullanılmadığından, atom araştırmalarındaki mahdut ihtiyaç, bunun dünya istihsalindeki miktarına önemli bir tesir icra etmemiştir.

Harpten evvelki istihsalin yapıldığı yataklar hemen daima yüksek dereceli tipler olup, bunların % 1 den fazla  $U_3 O_8$  ihtiva eden kısımları çıkarılırdı. Bu maddelerin hemen hepsinden, basit fiziksel veya yıkama ameliyeleriyle yüksek dereceli Uranium konsantrileri elde etmek mümkündür. Bu nevi daha birçok zuhuratın bulunabileceği son birkaç senede Kanada ve başka yerlerde keşfolunan bir sürü yataklar hesaba katıldıkta, bedihi bir hal alır. Yüksek tenörlü Pehblend konsantrisi, yatağı pek uzak veya başka şekilde mahzurlu bir yerde ise, uçak ile taşıma masrafım kaldıran nadir cevherlerden biridir.

Ancak küçük zuhurlarda bulunan bu yüksek tenörlü cevherlerin talebi daha birçok sene azalmıyacak ise de, Uranium ve Thorium istihsalâtını, normal ekonomik seyri takibederek, küçük yüksek tenörlü zuhurlardan, alçak tenörlü fakat büyük tonajlı ve binnetice büyük mikyasta çalışılabilecek yataklara doğrulacağım tahmin etmek mümkündür. Son 60 sene içinde madencilik sanayii bu nevi birçok değişikliklere sahne olmuştur. Eskiye nispetle şimdi on defa daha fakir bakır madenleri işletiliyor. Siyanürasyon usulünün keşfi sayesinde eskiden öğütülmüş bazı altın cevherlerinin zengileştirme bakıyelerindeki failing'lerindeki altından daha fazla, altın ihtiva etmeyen madenler de şimdi işe yarıyor. Bu hususlar, ton başına 100 veya 200 gramdan fazla Uranium ihtiva etmiyecek geniş mikyasta yataklardan bu maddenin istihsal edilebilmesi imkân-

larını düşündürür. Bu nevi bazı zuhurların işletilmesi için incelemelere başlanmıştır. Bu itibarla Geiger sayıcılarıyla mücehhez saha jeologlarının, vasatinin, üstünde radioaktivite gösteren kayacı esaslı surette tetkik etmeleri icabetmektedir.

Bu makale bilhassa kolonilerde çalışan prospektör ve saha jeologları için yazılmıştır; maahaza, vereceğimiz malûmat tâbiatiyle bilûmum saha çalışmalarına tatbik olunabilir. Büyük Britanya camiasının herhangi bir bölgesinde bir radioaktif mineral zuhuru bulunan prospektör, oradaki «Geological Survey» bürosu ile temas ederek, keşfinin kıymeti hakkında kolayca bilgi edinebilir. Ekseri memleketlerde kanunen keşfini bildirmek mecuriyetindedir; fakat bu kanunî mecburiyetler arama ve gelişmeyi hiçbir suretle tahdit etmeği hedef tutmaz. Büyük Britanya camiasının bütün hükümetleri, sınırları dahilinde mevcut Uranium ve Thorium gibi maden kaynaklarının bulunup işlenmesi için mümkün olan herşeyin yapılmasını teşci etmek arzusunda. Bir prospektör veya maden şirketinin karşılaşılabileceği yegâne önemli yasak, lisanssız ihracattır. Böyle bir tahdit radioaktif madenleri millî müdafaa için ve bir de atom enerjisinin sulh zamanlarında nelere yarayabileceğini tesbit eden araştırmalarda kullanıldığındanberi, lüzumludur.

Ekonomi Bakanlığı için Uranium ve Thorium cevherleri verebilecek yatakların keşfedilip açılmasını kolaylaştırmak üzere Londra'da Geological Survey'in Atom Enerjisi şubesi kurulmuştur.

Bu şube, Uranium veya Thorium ihtiva ettikleri zannedilerek tetkik için gönderilecek numunelerin radioaktivitesini bilâ ücret tesbit ederek, raporunu memnuniyetle gönderecektir. Böyle,

numunelerin ağırlıklarının umumiyetle 1/2 veya 1 kilo olması, ve bunlara eklenecek mektupların numunesinin alınmış olduğu yatağın mümkün olan teferruatla yerini (kroki müraccahtır) yayılışını, tonajını, anataşın cinsini ve önemli görülebilecek mütemmim malûmatı ihtiva etmesi lüzumludur. Numunelerin mümkün mertbe temsili olması önemlidir. Münasip bir seri numunenin analizlerinin müspet olduğu önemli hallerde, tecrübeli bir jeologun Ekonomi Bakanlığı namına bir saha kıymetlendirmesini yapması için teşebbüse girişilecektir. Numunelerin Geological Survey ve Müze Atom Enerjisi Şubesi Şef Jeologu'na gönderilmesi lâzımdır.

#### Radioaktif Mineraller:

Burada evvelâ Uranium (Pehblend, Torbernit, Autunit, Karnotit, Uranofan, Zippeit, Euxsenit, Samarskit), sonra da Thorium (Monazit, Thorit, Thorianite) mineralleri anlatılabilir. Başlangıçta ismini verdiğimiz, M.T.A. mecmuasının 40 ncı sayısında çıkan yazımızda Uranium minerallerini mufassalan bahis konusu etmiştik. "**Thorlum, mineralleri ve ya taklan,**" da başka bir yazımızın mevzuunu teşkil edecektir. Binaenaleyh **El kitabı'nın** esasen nispeten muhtasar olan bu kısmından iktibas etmiyoruz.

#### RADIOAKTİF MİNERAL YATAKLARI

##### Süperjen Uranium yatakları:

Primer Uranium madenleri, Pegmatitlerdeki refrakter mineraller (Euxsenit, Samarskit v.s.) istisna edilirse, dünya sathında veya yeryüzü sularının nüfuz ettiği kısımlarda nadiren bulunur. Zira Pehblend asit sularında kolayca erir. Bu itibarla yeni bulunacak bir madende, prospektörün yeryüzü suları ile husule gelmiş eriyimler tarafından çökertilmiş Uranium mineral nevilleyle karşılaşması muhtemeldir:

Torbernit, Autunit ve Uranium okr'ları (Uranofan, Zippeit v.s.). Bu Sekonder mineraller iyi tanınmadığından, her yeni keşifte, yarmalar yaparak numune almak lâzımdır; bazı tip zuhurlarda diğerlerine nispetle, derine doğru değerini fazlalaştığı ümidi belirir. Bu Uranium zuhurunun kıymeti sathta teşekkül etmiş mahdut tonajdaki minerallerle ölçülmeyip, ancak primer, hipojen kısımdan anlaşılabilir. Bu sebepten, ancak sathî tezahürler olan bu Sekonder yataklarla, derinlerdeki cevher kitlelerini gösterenleri tefrik etmek önemlidir.

Miktarca çok olduğu takdirde, Uranium okr'ları, açık sarı ve portakal rengi ve toprağa benzeyen yapıları ile primer cevherlerden nadiren uzakta bulunur; fakat bu minerallere, Uranium miktarlarına (Torbernit veya Metatorbernit ve Autonit gibi fosfatlara) nispetle çok daha seyrek rastlanır. Pehblend, pirit ve başka sülfürlerle birlikte bulunuyorsa (bu umumiyetle kaide halindedir) sülfürik sular buna tesir eder ve ekseri Zippeit Uranium sülfatı husule gelir; yeraltı suları mebzul olursa Uranium'u eriterek götürürler; bu uraniumlu eriyimler, fosfat olarak çökmeden büyük veya küçük mesafelere kadar akabilirler; icabeden fosforik asidin erimiş Apatitten gelmesi muhtemeldir. Bu Uranium fosfatlarının çökmelerinin incelenmesi nazik olup, çökme yeraltı suyunun asiditesi alçalırsa (suyun bazik veya killi taşlara girmesiyle olur) veya tabahhur neticesi satürasyon yüzünden vukubulur. Bu nevi uraniumlu sular müsait hallerde, Autunit veya Torbernit mineralizasyonlarını vücutte getirmeden birçok mil katedebilirler; bunların uraniumları bir Pehblend filizinde değil de, bir granit kitlesi içinde dağılmış küçük Pehblend ve başka radioaktif minerallerden neşet etmiş olabileceğinden,

bir Uranium fosfat zuhuru muhakkak, civarda işletmeye elverişli primer bir yatağın mevcudiyetine delâlet etmez.

Sonradan teşekkül etme Uranium minerallerinin bâriz filiz yapısı arzettiği her yerde, derine doğru bir kıymetlenme ümidi buldukça işletmeğe devam etmek icabeder. «Dumanlı» veya Ametist nevinden kuvars, kırmızı veya siyah Chert veya Jasp ve Hematit lekeli karbonat damarlarının mevcudiyeti ümit verici önemli noktalardır. Bol miktarda Hematitleşmiş, yüksek radioaktivite ve çok kere Torbernit lekeleri arzedenjostralar; derinde Uranium'lu polimetallik bir sülfür damarının mevcudiyetini hatıra getirir. Yeşil veya mavi bakır lekeleri, mor renkli kobalt çiçeği, nikel yeşili, manganez siyahı ve bunlar gibi, demire ait olmıyan metallerin emareleri bu fikri teyideder.

Süperjen Uranium teşekküllerinin derine doğru maden bulunmasını daha zayıf ihtimalle gösteren şekilleri de şöyledir: bâriz bir damar yapısının bulunmadığı kırık veya çatlak zon zuhurları; granitteki birleşim yüzeyleri boyunca veya beyaz kuvars damarlarında bulunan Uranium, derin vadi yamaçlarının aşağı kısımlarında, filtrasyon kanatlarının görüldüğü yerlerde Uraniumlu eriyimlerin tebahhur neticesi sonradan husule gelmiş Autunit veya Torbernit cepleri; Mriz «dyke» ler (Dolerit veya Bazalt) içindeki zuhurlar. Autunit ve Torbernit'li, tahallüle uğramış bazik «dyke» ların, Uranium mıntakalarında gayet sık rastlandığı müşahede edilmiştir; fakat incelemeler bu mineralizasyonların, enfiltrasyon neticesi tamamen sonradan vukubulduğunu ve bazik magma ile ilgili olmadığını göstermiştir. Bilûmum primer Uranium mineralizasyonları jeokimya bakımından basit şartlarla (granitik veya siyenitik) ilgili olup, şimdiye ka-

dar bazik bir magmaya bağlı hiçbir radioaktif cevherleşme tesbit olunmamıştır.

Bakır mineralizasyonundan farklı olarak, asit bir yıkama ile yüksek konsantreler elde edildiği takdirde, sonradan teşekkül etme Uranium mineralleri ile primer mineraller arasında kıymet farkı yoktur. Uzak madenler için, sonradan teşekkül etme mineraller, fiziksel metorlarla primerler kadar kolaylıkla zenginleştirilemediğinden ve nadiren de büyük mikyasta olduklarından, daha az kıymet taşırırlar. Yeri iyi olan Sekonder bir zuhurun işletilebilmesi için hiç olmazsa 20-30 ton kadar olması, cevherinin de 90 santimden fazla bir genişlikte % 0,40 tan az  $U_3O_8$  ihtiva etmemesi lâzımdır. Daha az müsait yerlerde olan yataklar için işletme ancak çok daha fazla rezervin -mevcudiyetiyle kaimdir, zira pahalı bir yıkama ile zenginleştirme, masraflara ilâve olunur.

«Supergene» Thorium mineralleri yok gibidir; sonradan teşekkül etmiş olanlara ise tabiatta sık sık rastlanmakla beraber, işletilebilecek zuhurlar teşkil etmezler. Akan suların tesiriyle primer ağır mineraller tabîi bir tefriğe uğrarken, Thorium cevherlerinin de mihaniki zenginleşmesi vukubulur. Thorium mineralleri alçak hararetli yerüstü suları tarafından depoze edilmediğinden, bu hususta Uraniuma benzemez.

Polimetallik Uranium filizleri:

Uranium zuhurlarının en fazla incelenmiş olanları Kobalt, Nikel, Bizmut ve Gümüş cevherleriyle birlikte bulunan Pehblend damarlarıdır. Bu madenlerde ekseri Pehblend tâli bir rol oynamış, asıl satılan cevherler diğerleri olmuştur. Dünyanın en eski Uranium madeni olan Çekoslovakya'daki St. Joachimstal bu nevidendir. Birçok

benzer madenler Almanya'da, bilhassa Johannegeorgenstadt, Schneeberg, Annaberg, Saksonya'nın muhtelif yerlerinde ve Silezya'da Schmiedeberg'te bulunur. Rusya'da Özbekistan - Tacikistan hududunda Karamazar dağlarında da misaller vardır. İngilterede Cornwall'da South Terras ve Wheal Trenwith'de bu nevi madenler işlenmiştir. Amerika'da Colorado'da Gilpin ve Boulder Counties'de böyle zuhurlara işaret edilir. Bu polimetallik filizlere benzer birçok küçük Uranium madeni, ekseri Galen, Kalkopirit ve Pirit, bazan da biraz Kobalt, Nikel, Bizmut veya Gümüş ile, Portekiz'de bulunmuştur. Polimetallik filiz tipinde en verimli Uranium madeni Kanada'nın kutup kısmında Great Bear Lake kıyılarındaki Eldorado işletmesidir.

Bu filizlerin teşekkül ve mineralizasyonları jenetik bakımdan Granit entrüzyonlarına bağlıdır; bu itibarla bu nevi zuhurların Granit kitlelerinden uzak bölgelerde serpilmiş olması muhtemel değildir. Umumiyetle Uranium'lu damarlar entrüzyonun metamorf kısımlarında bulunur. Böylece Çekoslovakya'da, Almanya'da ve İngiltere'de Cornwall'da filizler granit kitesinin kenarından birkaç mil uzaklıkta şist veya arduazlar içindedir; Cornwall'da bir yerde ise (Wheal Trenwith), granit içerisinde kalayı havi bir damar, tahallül etmiş sedimentlere girince Pehblend ve Bornit ihtiva eder. Portekiz ve Tacikistan'daki Uranium'lu filizler Granit içerisinde olup, civardaki şistlerde görülmezler. Bazı kapsayıcı taşlar, mineralizasyon için, diğerlerine nispetle daha müsaittir: Meselâ Joachimstal'da Şist (bilhassa çok mikalı şist) müsait, Kalker ise gayri müsaittir; Great Bear Lake'te cevherleşme bilhassa sedimenter kuvarsitlerde olmuştur. Kapsayıcı taş Porfir olunca mineralizasyona rast-

lanamaz; Cornwall'da ise yeşil taşlar ve sert şistler, yumuşak arduazlara nispetle, mineralleşmeye daha müsait zemin temin etmiştir. Kanada ve Portekiz'de ise damarlar bazik «dyke» lar içinde kıymet kesbeder.

Son zamanlarda, buzla örtülmüş bölgelerdekiler müstesna, bilumum polimetallik bakır filiz mostralarının her hangi bir primer Uranium, Kobalt, Nikel veya başka mineral göstermesinin muhtemel olmadığı müşahede edilmiştir; binaenaleyh bir prospektör bu minerallerin karakteristik tahallül minerallerini tanımak mecburiyetindedir.

Bakır'ın mavi ve yeşil birleşimleri malumdur; şeftali çiçeği kırmızısı ilâ mor renkli erythrin'de kolayca tanınır. Sonradan teşekkül etme Nikel mineralleri ekseriyetle elma yeşili leke gösterir; açık sarı veya portakal sarısı Uranium okr'larının da hususiyeti, ultraviole lâmba altındaki fluoresanslarıdır. Yeşil veya sarı Uranium mikalarına ilâveten damar mostrası, büsbütün tahallül minerali olan sarımtrak Karbonatını, biraz natif Gümüş, Anglesit ile Serüzit ve hemen hemen daima mebzul miktarda Hematit veya Limonit arzeder. Bu sonradan teşekkül etmiş minerallerden birkaçını ihtiva eden her zuhurun, Geiger sayıcısı ile radioaktivitesinin tesbiti lüzumludur.

Her Gümüş - Kobalt - Bizmut damarı Pehblend ihtiva etmez. Norveçteki meşhur Kongsberg Gümüş damarları ile İsveç'teki mümasil filizlerin radioaktivitesi baştanbaşa önemsizdir. Fakat en yüksek radioaktiviteyi havi filizlerde de, Uranium cevheri parça parça serpilmiş durumda olup, Pehblend cevher damarları, çok dağınık mineralizasyonlu Bakır, Kobalt ve Nikel-sülfür veya arşeni ürlerini havi Kuvars, Jasp veya Karbonat damarları içinde, devamsız adeseler teşkil ederler. Joachims-

tal ve Great Bear Lake'te olduğu üzere, Gümüş satıhta konsantre olarak bulunabilir ve madenin esas zenginliğini teşkil eder. Bazan Kalay'la Wolfram, Uranium filizlerinde bulunabilir, ancak bu Parajenezde Pehblend, umumiyetle sonradan bir çatlak boyunca teşekkül etmiştir. Zengin Pehblend cevherleri çok kere iki filizin birleştiği kısımlarda bulunur : Joachimstal'da bir seri doğu-batı filizi nisbeten cevhersiz olup, kuzey-güney istikamettiler ise iyi mineralizedir; iki grubun kavşak noktaları zengin Kobalt - Pehblend cevherlerini verir. Müsait hallerde kapsayıcı taş, damarın her iki yanında bir veya iki metre kadar bir mesafe dahilinde dağılmış Pehblend'le hafifçe mineralleşmiş olabilir. Portekiz'de ve Great Bear Lake'te basit damar yapısı, yeryer şişmiş ve bunun neticesi birçok ezilme bölgeleri ile gayri muntazam «stockworks» lar husule gelmiş ve bunlar Pehblend'in teşekkülüne müsait yerler teşkil etmiştir. Kalay ve Wolfram'ın da mevcut olduğu bir maden sahasında yüksek hararet filizleri evvelâ teşekkül etmiş olup, Uranium'la Kobalt'ın daha sonra gelişmiş transgresif damarlarda rastlanması pek muhtemeldir.

Bir Uranium filizinin gangi Kuvars, Chert, Jasp, Karbonat, Barit veya Fluorit olabilir. Pehblend'in yanındaki Kuvars umumiyetle «dumanlı» olur, Karbonatlar (Kalsit'ler, Dolomit veya Rhodokrosit) ve Barit'ler ise koyu kırmızı bir renk alır. Cevher yakınındaki Chert ve Jasp'ın rengi ya koyu kırmızı veya siyahtır. Fluorit ise daima mor kırmızı renktedir. Bazı damarlarda mebzul Hematit bulunur. Filizin genişliği birkaç santimden metrelere kadar değişebilir, ancak burada Pehblend cevherinin işgal ettiği kısım nadiren üç veya beş santimi aşar. Buna mukabil, Pehblend'in yüksek özgül ağırlığı, basit gravimetrik usullerle, zengin konsantreler

elde edilmesini kolaylaştırır ve bu yüzden, hiç olmazsa 20-30 ton bir  $U_3O_8$  mevcut ise, ortalama % 0.40 tan az  $U_3O_8$  ,ihtiva etmeyen damarlar işletilebilir.

Şimdiye kadar keşfedilenlerin en Büyüğü olan Belçika Kongosu Uranium yatakları, normal filiz zuhuru tipinden farklı olup, kendi başına bir sınıf teşkil eder. Kongo-Rhodesia bakır sahası boyunca (bilhassa Kongo'da) cevher kitlelerinden birçoğu, şüphesiz bakır -kobalt sülfürleriyle aynı metalojeniye ait ince Pehblend damarları ihtiva eder. Bu cevherlerin menşelerinin magmatik mi olduğu, yoksa bakırlı ve Uranium'lu kum ve killerden mürekkep sedimanter bir serinin şiddetli metamorfizmaya uğramış şekillerinin temsilcileri mi olduğu henüz münakaşa mevzuudur. En ziyade önemli Uranium kitlesi Skinkolobwe'dedir. Bu hemen hemen gangsız masif veya kristal halinde ve silişleşmiş dolomitik tabakalara hulul eden Pehblend damar ve «Stockwork» lardan ibarettir. Pehblend bazan damar komplekslerinin dışına çıkarak bazan de bunlarla ilgili olduğu görülemeyecek şekilde, kapsayıcı karbonat taşı içinde fakir serpintiler meydana getirir. Pehblend ile birlikte mebzul miktarda Bakır, Kobalt, Nikel ve Molibden sülfürleri mineralleşmelerine rastlanır. Bu madenden başka hiçbir yatakta rastlanılmıyacak kadar mebzul, Sekonder Uranium mineralleri teşekkül etmiş olup, sarı ve portakal rengi Uranium birleşimleri ile birlikte ekseri, Kurşun molibdatı Wulfenit'de bulunur. Saha prospeksiyonlarında, arama yardımcısı olarak, Geiger sayıcılarının kullanılmasından çok evvel, 1915 te Skinkolobwe yatağının bulunuşu, prospektörün, sonradan teşekkül etme Uranium minerallerini tanımasının ne kadar önemli olduğunu isbata kâfidir.

Pegmatitler :

Müzelerde teşhir olunan Uranium mineralleri numunelerinin büyük ekseriyeti Pegmatit «dyke» ve «sheet» lerine aittir. Uranium ihtiva eden pegmatitlerin bulunmuş olduğu binden fazla lokalite kaydedilmiş bulunuyor; prospektörlerin yeni keşiflerinin onda dokuzu da pegmatitlere irca olunmaktadır. Bu nevi zuhurların Tanganyika, Madagaskar, Norveç, Amerika, Mançurya ve başka yerlerde işletme tecrübeleri yapılmışsa da, maalesef şimdiye kadar mühimce bir tonaj gösteren ve makul fiatta Uranium mineralleri arzeden pegmatitlere sık rastlanmamıştır. Ancak, iktisadî kıymet rol oynamazsa, yahut Uranium'un tâli cevher olarak istihsalî mümkün olursa, bunun pegmatitlerden, az miktarda elde edilmesi tabîî kabil olabilir.

Pegmatitlerde en ziyade rastlanan Uranium mineralleri refrakter cevherlerden yani Samarskit, Euksenit, Fergusonit ve bunlara bağlı uraniumlu nadir titanat, niobat ve tantalatlardan teşekkül eder. Pehblend'e pek sık rastlanmaz, Monazit ise daha çoktur. En ziyade müsait kapsayıcı taş Mikroklin (kuvars tipli Potas) Pegmatiti olup, Feldspatın ekseriyetini, Plajioloklasın teşkil ettiği yataklarda, radioaktif mineral zuhurları nispeten nadirdir. Entrüzyon kenarının ince taneli bir Aplit'e tekabül edip, tedricen iri taneli mikroklini bol modifikasyona geçtiği, ortası da kuvarşa zengin olan bâriz zonlu veya şeritli yapılar, umumiyetle Uranium havi yataklar için karakteristiktir. Radioaktif mineraller ehemmiyetle kuvars çekirdeğin yakınında bulunur.

Bazı mineraller vardır ki, daha sık rastlanmaları dolayısıyla nadir zuhurlu nevilerin mevcudiyetine delâlet eden Uranium cevherlerinden daha iyi müş-

irlerdir. Ancak, bunlar mevcut olduğu halde, bazen Uranium bulunmayabilir. Bu mineraller İlmenit, Magnetit, Ortit (Allanit), Monazit, bol Apatit veya başka Fosfatlar, Kasiterit ve Kolumbittir. Pegmatitlerde de, başka yataklarda olduğu gibi, dumanlı kuvars ve kırmızı mor Fluorit yüksek radioaktivitenin mevcudiyetine delâlet eder; Uranium mineralleri bir de çok kere Biotit veya Vermikülit mikaları ve İlmenit kristalleri ile iç içe bulunurlar. Pehblend ve Euksenit kirstalleri, entrüzyon içerisinde dar bir bölge ve adese üç veya beş santim büyüklüğünde kristaller halinde gayrimuntazam bir şekilde dağılmış bulunan, yahutta bir araya gelmek suretiyle yüksek dereceli cepler teşkil etmiş olabilirler. Bunlar umumiyetle, radial bombardıman neticesi parçalanmış ve tahallül etmiş Feldspatların teşkil ettiği kiremit kırmızısı renkte hallerle çevrilmiştir. Pehblend'in açık sarı dekompozisyon birleşimleri oldukça kolay tanınabilir, halbuki refrakter cevherler paslı sarı renkli sathî bir zardan pek fazla bir şey göstermez.

Bir bütün olarak farzedildikte Pegmatitlerin, jenetik bakımdan bağlı oldukları granit veya siyanitlerden daha fazla, Uranium ihtiva etmediği muhtemeldir (aşağı yukarı, % 0.0009). Fakat Pegmatitlerin farkı, radioaktif mineraleri yer yer konsantre vaziyette ihtiva etmeleridir. Böyle yüksek dereceli adese veya kısımlar umumiyetle % 0,01 kadar Uranium taşır. Bu tenör sert taş işletmesinde elvermez (10 ton Uranium elde etmek için hiç olmazsa yüzbin ton pegmatitin çıkarılması icabeder), fakat Feldspat, Mika, Beril, Tantalit veya Kolombit istihsalinde küçük radioaktif bloklar, tali cevher olarak işlenebilir. Meselâ Belçika Kongosunda Manono - Kitofolo'da önemli Kalay-Wolfram madeninde okluğu gibi, iyi mineralize ve derinlere kadar tahal-

lüle uğramış veya kaolinleşmiş bir Pegmatitin bulunduğu yerde, yıkama suretiyle ağır radioaktif minerallerin konsantrasyonu ekonomik olur.

Güney Hindistan'da Pegmatitlere bağlı istisnâî ve az bilinen bir tip Thorium zuhuru bulunmuştur. Bu, bir Pegmatit enjeksiyon bölgesinin kenarına gelen, taneleri orta büyüklükte, Biotit-Monazit şistlerinden ibarettir; Monazit miktarı yatağın işletilmesine kifayet eder. Bundan da, herhangi bir yerde, Pegmatitlerle bir arada Biotit şistleri görülecek olursa, radioaktivitelerinin incelenmesi icabettiği neticesini çıkarabiliriz.

**Karnotit yatakları:**

Radium'un keşfolunduğu 1898den, Belçika kongosu'nun Pehblend yataklarından istihsalin başladığı 1920 senesinin başlarına kadar, dünya Uranium'unun çoğu Amerika'da Kolorado'nun batısında ve Utah'ın da doğusunda bulunan Karnotit tabakalarından elde edilmiştir. Saf Karnotit % 60 dan yukarı Uraniumoksit ihtiva eder; ancak bu mineral ekseriyetle katkı olan greler içerisinde emprenyasyonlar teşkil eder ve bu şekilde, kum içinde tenörü takriben % 2 yi nadiren aşar, geniş vapurlara yükletilen cevherde nadiren % 0,25 ten fazla derecedir. Amerika Birleşik Devletleri Atom Enerjisi Komisyonu, maden yerine uzak olmyan zenginleştirme tesislerine, şimdiki halde % 0.10 dan yukarı  $U_3O_8$  ihtiva eden Karnotit cevherlerini kabul etmektedir. Ancak, işletmenin ilk günlerinde, umumiyetle küçük cep emprenyasyonu veya fosil parçaları ile ağaç gövdeleri civarındaki cevherin çıkarılmasıyla, yüksek dereceli maden elde edilmiştir. O zamanlar yalnız böyle cevher para ediyordu, bu yüzden prospektör tarafından aşağı dereceli cevherin hududu çizilmiş bulunmaktadır.

Amerika sahalarının karnotit mineralizasyonları karnotitler, siyah ve sulu, Vanadiumu havi ve Roskoelit ismi verilen kil mikasından ibaret olup, bu mineralizasyonlar Jura'dan genç yaşta grelere nüfuz eder. Uranium'un hissedilir, derecede arttığı yerlerde Vanadium da umumiyetle mevcuttur. İşletilen cevher düz «sheet» ler, uzun adeseler ve kalınlıkları 30-150 santim olan gayrimuntazam düz kitleler teşkil eder; en küçük münferit cevher kitlesi ancak bir iki metre uzunluğunda, büyükler ise 50-100 metre uzanarak, birkaç bin ton cevher ihtiva eder. Bunlar gre katlarına, esas itibariyle paralel olarak uzanırlar, ancak bu katların şekillerini detaylı olarak takip etmezler, çok kere de mineralize gre katları, sedimantasyonu gayrimuntazam dalga şekilleriyle kat ederler ki, madenciler bunlara «rolls» derler.

Karnotit'li gre ve konglomeralar Sovyet Rusya'da Özbekistan'la *Kazakistan'ın* muhtelif yerlerinde bilinir. Burada da, Amerika yataklarında olduğu gibi, sarı Karnotit mineralizasyonu en ziyade çöl gre ve konglomeralarında bulunur; bitki fosilleri ile bilumumbitümlü maddelerin bulunduğu kısımlar, en zengin cevheri teşkil eder. Bir veya iki yatakta Uranium mineralleşmesi olup, bilhassa birleşim ve «bedding» müstevilerinde, sarı Kalsyum Uranium Vanadatı, Tyuyamunit ile emprenyedir.

Karnotit yataklarının menşei henüz tamamen aydınlanmamış olmakla beraber, bunların mıntakalarda, satıhtan gelen alkalın bir suyun, grelerin derin kısımlarında akan Uranium'lu asit sularla karşılaşınca husule geldiği zannedilir. Asit derinlik suları, Uranium'larını muhtemelen siyah kil tipli alçak dereceli radioaktif bir yataktan almışlardır. Maalesef bu nevi yatakların

çöl veya yarı çöl sahalarında bulduklarını söylemekten başka, prospektörlere verilecek mühim ipucu yoktur; yeraltı su seviyesinin yeryüzüne yakın bulunduğu yağmurun da çokça yağdığı bölgelerde mineralizasyonun yıkanarak kaybolması muhtemeldir. Amerika'daki zuhurlarda cevher kitleleri, gayrimuntazam şekilde bir araya gelmiş 300 ilâ 600 metre uzunluğunda ve çok daha büyük kısır bölgelerle ayrılmış, tam olarak bilinmeyen kısımlardan, mürekkeptir; binnetice bilinen yataklar civarında yapılacak araştırmalarla yeni zuhurlar bulma ihtimali çoktur. Britanya Oommonwealth'inde şimdiye kadar işletilmeyen Karnotitler bulunmuştur.

Karnotitlere bir miktar benziyen bir tip yatak Sovvet Rusya'da Özbekistan'ın Fergana havzasında Tyuya Muym'da bulunmuştur; bu yer Tyuyamunit mineralinin (aşağı yukarı  $\text{CaO} \cdot 2 \text{UO}_3 \cdot \text{V}_2\text{O}_5 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$ ) tip lokalitesidir. Burada, Tersiyer imtidadınca akan sularla delinerek birçok çökme mağaralı karst topografyası arzeden Devonian-Karbonifer kalkerleri sahayı kaplar. Bu çökme mağaralarında boydan boya stalagmite benzer Oniks mermeri şeritleri bulunur; bu sonradan mağaranın duvarlarını da kaplar; mermerin Kalsiti, Barit ve tütün kahverengisi veya sarı renkli Uranium (Vanadium) mineral katlariyle tenavüb eder. Cevherin Uranium tenörü derine doğru bir miktar yükselir. Asit suların, kalkerlerin altındaki Silurien bitümlü killeri içinden akarken, Uranium'la Vanadium'u yıkayıp göturdükleri, bunların da, sular kalker mağaralardan yeryüzüne doğru çıkarken geçtikleri kanallarda çöktükleri, tahmin olunur. Bu nevi zuhurlar önemli bir Uranium tonajı vermez; ancak Vanadium bakır veya Sinober yatakları, bir kalker kapsayıcı taş içerisinde Oniks mermerleri

veya sinterile birlikte bulunacak olursa, Uranium da aranmalıdır.

Plaser yatakları:

Şimdiye kadar Uranium'un istihsal edilebileceği alüvyal bir yatak bulunmamıştır; halbuki aşağı yukarı bütün dünyanın Thorium'u plaser halinde kum ve çakıllardan çıkar. Bu itibarla bu nevi radioaktif Sedimentlerin, ne şekilde bulduklarının bilinmesi, prospektör için çok ehemmiyetlidir.

Thorium (Monazit) istihsal bakımından en kıymetli plaserler ağır mineral plaj kumları olup, bunların en önemlileri Brezilya sahili boyunca bulunan ile, Güney Hindistan, Seyhan ve Doğu Avustralya'dakilerdir. Primer Monazit Granit, Granit-Gneiss ve Pegmatitlerde bulunur; binaenaleyh ancak başlıca böyle taşlardan veya bunlardan vücade gelmiş sedimentlerden müteşekkil hinterland'lı sahiller boyunca, işletilebilir Monazit plaj konsantrasyonları bulunabilir.

Monazit, İlmenit ve başka ağır mineralleri havi bir plaj kumu, dalgalar tarafından yıkandıkça, alt su cereyanı Kuvars ve diğer küçük özgül ağırlığa sahip mineralleri denize doğru sürükler ve böylelikle bir ağır mineral neveleri zenginleşmesi yer bulur. Bu tabii yıkama hareketi, bilhassa ilkbahar med ve cezirleri ve mevsim rüzgârları zamanlarında, siyah ağır kumlar plaj dalga hattı boyunca üç veya beş santim kalınlığında, bir iki metre de genişlikte yatakcıklar teşkil ediyorsa, çok tesirli olur. Deniz, sürüklemiş olduğu Kuvars yerine, taze birikintiler getirir ve tedricen zenginleşme vukubulur; böyle bir sahilde dalga istikametinde bir kesit yapılacak olursa bu «yağlı» kısmı siyah kum damar ve adeselerine, «yağsız» da kuvars kumlarına tekabül eder bir «streaky bacon» man-

zarası arzeder. Sahil şekli Te iklim şartlarının müsait olduğu, dereler vasıtasıyla de hinterland'tan denize gelecek bol miktarda alçak tenörlü kum mevcut bulunduğu yerlerde, mevsimine göre bütün bir plaj ağır mineraller bakımından öyle zenginleşebilir ki, % 10 dan az Kuvars kalır. Bu şartlar, dünyanın en yüksek tenörlü plaj kumlarının bulunduğu Tr a v a n c o r e (Güney Hindistan)da mevcuttur.

Önemli ağır mineral kumu yataklarını havi plajlar en ziyade, oldukça uzun müddet ne yükselmiş ne de alçalmış, yahut hafifçe yükselmiş kıyıları boyunca bulunur. Bu şartlar, tabii yıkama neticesi kâfi bir zenginleşmenin vücutta gelmesine müsaittir. Bir de, en zengin kıyıları tropik veya subtropiklerdedir, zira oralarda, cevherle karışık oldukları taktirde, tesbit edilmeleri kolay olmıyan Ferromagnezium'lu mineraller, sedimentler içinde nispeten kısa bayatlıdırlar. İşletilebilen yataklar plajlara inhisar etmez; denizden gelen rüzgârlar daimî olursa ağır mineral kumları sahilden içeriye doğru sürüklenir ve kum tepeleri meydana gelir, fakat bunlar, kıyıdakilerine nispetle daha alçak tenörlüdür, maaheza çok kere işletilebilirler. Brezilya'da en önemli konsantrasyonlar körfezleri kattıkları sedler (barres) boyunca ve nehir mansaplarında bulunur; bu sedler, son zamanların sahil yükselmeleri neticesi şimdiki sahilden metrelerce geride bulunur ve arkalarındaki arazi bataklık ve lagünlerle kaplanmaktadır.

Travancore sahil kumlarının ince sathî yatakcıkları bir zamanlar % 20 den fazla Monazit verdikleri halde belki bugün, sahil zuhuru olmıyarak geniş mikyasta işletilmek suretiyle, takriben % 3 ten zengin cevher verebilir. Böyle, nispeten zengin kumların, bilhassa dar dere ağzlarında

bulunması muhtemeldir. Ne iyi ki, bu nevi yataklarda Monazit para eden minerallerden ancak bir tanesidir. Esas istihsal edilen mineral umumiyetle İlmenit olup, Titan boyalarının imaline yarar; fakat Rutil (Weldingrod coating» v.s. için yüksek tenörlü bir Titan kaynağı) ve Zirkon da (refrakter imali) para eder. Cevheri çıkarmak kolaydır; cazibe, elektromanyetik ve elektrostatik usulleriyle tefrik de umumiyetle pek güç olmaz. İşletilen yatakların tenörü çok değişik olup, bunlar Tr a v a n c o r e kıyılarında % 90 dan fazla, Florida'da ise % 5 den az ağır mineral ihtiva eder. Kabataslak bir kaide olarak, Monazit tonunun fiyatı 40 - 50 İngiliz lirası olursa, bu mineralin % 1 tenörlü bir yatağının işletilebilmesi için bir kaç yüzbin ton rezervi olması icabettiği, söylenilebilir. Tenor daha alçak olursa, Monazit ikinci derece bir mineral haline düşer ve arzu edilen cevherin istihsali, bunun işletilmesini mümkün kılacak bir tonaj arzemesiyle kabildir. Monazit'in alüvyonlarından (halihazır veya eski dere kanalları kum ve çakıllarından) istihsal imkânları, kısmen bu gibi zuhurların kıyı yataklarından ekseri daha dar olmaları, kısmen de böyle zuhurlarda tefriki fena olmuş ve tahallüle uğramış olan Monazit'in elektromanyetik konsantrasyonu daha güç olduğundan, daha az müsaittir. Ancak Kalay, Kolumbit - Tantalit ve Altın istihsal edilen birçok alüvyon işletmelerinde elde edilen ağır siyah kum konsantreleri, çok kere Monazit bakımından bu mineralin de istihsalini temin edecek kadar zengindir. Bu konsantreler, bilhassa Thorit ve Uranothrit gibi Nijeriya kalaylı kumlarında ve yeni Zelanda altınlı plaserlerinde bulunan başka radioaktif minerallerle, daha ziyade dağınık halde olan refrakter Uranium

topluluklarını, istihali mümkün miktarlarda ihtiva edebilirler. Pehblend, yumuşaklığı ve yeryüzü sularının tesiriyle tahallül etmesi yüzünden, plaser yataklarında nadiren görülür; fakat Uranothorianit Alaska altın plaserleriyle, Seylân'ın kıymetli taş çakıllarının ikinci derecede bir mineralidir. Plaser yataklarından primer Uranium cevheri istihracı güç ise de, bu nevi yatakların, bir hidrografik havzanın refrakter Uranium cevherleriyle mineralize olup olmadığını göstermesi bakımından, muayyen bir istikşaf kıymetleri vardır. Uranium mineralleri parçaları ancak dere sistemi ile menşe taş arasında bulunabilir; bu menşe taşın takribi yeri, dere kumlarından «batee» ile elde edilecek konsantreler serisinin tetkikinden ve gerek Geiger sayıcısı, gerekse flüoresans lâmbası ile radioaktivitelerinin tesbitinden sonra, tayin edilebilir.

#### Diğer Uranium zuhurları:

Yukarda bahis konusu edilen ve nispeten iyi bilinen Uranium yatağı tiplerinden başka prospektörün rastlayabileceği ve yer yer zengin olduklarından, bilinmeleri icabeden bazı başka tip zuhurlar da mevcuttur.

Bu konuda bilhassa, İsveç'in muhtelif yerlerinde bulunan ve «kolm» diye bilinen radioaktif hidrokarbür yataklarını zikretmek icabeder. Bunlar sert ve yanabilen «Gannel» kömürüne veya kara kehribara benzeyen bir mineralden teşekkül eder ve üst Kambrien'in petrolü veya şaplı killerinden, muayyen bir stratigrafik seviyede, adese ve galeta şeklinde nodüller halinde bulunur. Bu nodüllerin beheri birkaç santimetre kalınlıkta olup, çapları kalınlıklarının takriben 4 mislidir; zuhurun şekli itibariyle, kömür damarlarında bulunan killi demir cevheri bant-

lariyle, benzerlikleri yok değildir. Uranium tenörleri % 0,4 kadardır ve «kolm» un % 75 i yandığından külde bu tenor % 1 den yukarıya yükselir. Şimdiye kadar dünyanın başka bir yerinde bunlarla tamamen kıyas edilebilecek zuhurlar bulunmamıştır; maaheza denizde husule gelmiş bitümlü kil tabakaları içinde karbonlu konkresyonlara rastlanıldığını Uranium ihtiva edip etmediklerini incelemek lâzımdır. Uranium, Vanadium'da olduğu gibi, hidrokarbürlere olan affinitesi, çok kere asfaltik veya kalın petrolerde tesbit edilmesiyle ve birçok petrol sahalarının radioaktif olmasıyla meydana çıkar. Pegmatitlerde Uranium bakımından zengin bir hidrokarbür (ismi Thucholit) çok kere Pehblend'le gayet sıkı fıkı bir şekilde bulunur. Bu nevi matelyel evvelce bazı İsveç demir madenlerinde ve Güney Avustralya'da bir bakır madeninde bulunmuş olup, her metal yatağında çıkacak hidrokarbür önemli Uranium kaynaklarını aramaya sevkeder.

«Kolm» dan tamamen ayrı bir tip konkresyoner Uranium zuhuru, İngiltere'de Budleig Salterton'da mevcuttur. Burada, kırmızı Permien marnları içerisinde mebzul miktarda siyah veya koyu yeşil nodüller ihtiva eden bir seviye bulunur. Bu nodüllerin çapı 7 santimden büyük olup, takriben % 3 Vanadium, % 0,2 de Uranium ihtiva eder. Yatak iktisadi bir Uranium kaynağı olamayacak kadar küçükse de, daha fazla yayılmış nodüllü zuhurların radioaktivitesinin incelenmesi icabettiğini hatırlatması bakımından önemlidir.

Mozambik'in Teke bölgesinde, % 8 kadar  $U_3O_8$  ihtiva edip İlmenit tipinde siyah bir mineral olan Davidit, Hiperstengabro ve Anorthositler içerisinde, küçük yataklar halinde bulunur. Bu mineral daima çok Skapolit,

Kuvars ve Kalsit, bir de Molibdenit, Rutil, Titanit, Turmalin v.s. gibi, Granitler için karakteristik olan minerallerle birlikte bulunur; mineralizasyonun, bazik taşa, alttaki Granitlerin gaz emanasyonları neticesi meydana gelmiş olduğu aşıklardır. Bu zuhur primer Uranium cevherinin bazik taşlar içinde rastlanmış olduğu tek zuhurdur.

Son senelerde pek mebzulen mevcut alçak tenörlü taşların Uranium'larının istihsalı imkânı fazla önem kesbetmiştir. Filhakika deniz sedimentlerinden birçok bitümlü killeri, dünya kabuğundaki ortalama Uranium tenörünün 30-50 mislini havidirler; bu nevi tipik yatakların İsveç'te Üst Kambrien şap killeri içinde mevcudiyetine işaret edilmiş olup bunlar % 001-0,02  $U_3O_8$  ihtiva eden milyonlarca ton. cevhere maliktirler. Aynı derecede radioaktiviteye malik ve sunî gübre olarak istimal edilen birçok fosfatlı taşlar bilindiği gibi, bu derece radioaktif daha birçok başka cins mineral yataklarının keşfolunacağına da şüphe yoktur. İstikbalde, petrol killeri veya fosfat sanayilerinin tâli maddesi olarak, Uranium'un Atom enerjisi çalışmalarında önemli bir payı olması pek mümkündür; fakat muhtemelen bu kadar alçak tenörlü cevherlerin kullanılmasının mümkün olabileceği zaman henüz uzaktır; bundan belki sanayi merkezlerine pek yakın büyük tonajlı zuhurlar ve birde, Uranium'un ikinci derecede bir madde olarak elde edebileceği, yani işletme masrafının bazı başka maddelere yükleneyeceği madenler istisna teşkil edecektir.

Mevcut madenlerde tâli mahsul :

Saha jeologu tarafından ihmal edilmemesi icabeden önemli, büyük bir Uranium ve Thorium kaynağı da, mevcut madenlerdir. Altın, Kalay, Bakır,

Kobalt ve başka metaller az miktarda, radioaktif maddeler ihtiva edebilir; bunların çıkarılması, işletme masrafının büyük kısmının veya kafesinin esas cevhere yüklenmesiyle kabildir. Witwatersrand Altın madenleri buna güzel bir misal teşkil eder. Burada çok senelerdir, Osmiridiüm konsantrelerinin biraz Pehblend ihtiva ettiği biliniyordu; fakat modern Geiger sayıcılarının kolaylaştırdığı son kontroller, gerek Pehblend, gerek radioaktif hidrokarbürü Thucholit'in şimdiye kadar sanıldığından çok daha fazla mevcut olup, çıkarılmağa elvereceğini, meydana çıkarmıştır. Başka ülkelerde plaser Altın cevherleri, 2 nci derece mineral olarak çıkarılabilen Euksenit tipinden, refrakter Uranium mineralleri ihtiva ederler. Nigeria ve Güneydoğu Asya Kalay plaser işletmeleri son elektromanyetik veya cazibe temizlemesiyle Kasiterit konsantrelerinden ayrılan ve çok kere işletilmeleri için incelemeler yapılması icabeden Monazit, Euksenit ve Thorit'i havi ağır kumlar verir. Bazı bakır madenlerinde, cevher bilhassa Bornitte Kalkosin, iyice farkedilebilecek şekilde radioaktiftir; Kobalt filizleri ekseriyetle biraz Pehblend ihtiva eder; uraniumlu Sinober ve Molibdenit yataklarına da işaret edilmişti. Her büyük işletmenin jeolog veya metalürjistin, cevher veya konsantrelerinin «mill product» radioaktivitesi hakkında kesin malûmatı olması icabeder; bu malûmat yerinde elde edilemiyorsa, Büyük Britanya Geological Survey'i, büyük cevher kitlelerini temsilen gönderilecek numuneleri inceliyerek raporunu vermeğe memnuniyetle hazırdır.

RADIOAKTİVİTENİN TESBİTİ

Geiger - Müller sayıcısı :

Sahada kullanılmak için imâl edilmiş Geiger- Müller sayıcıları, radioak-

tif mineraller arayan jeolog prospektörler için en kıymetli ve lüzumlu âlet sayılır. Bu nevi cihazlar 10 seneden fazla bir zamandanberi Uranium prospeksiyonunda kullanılmıştır; çok daha evvel de böyle cihazlar hastahanelerde, kaybolmuş veya nereye konduğu bilinmiyen Radiumları bulmak için kullanılırdı. Şimdi bilhassa Amerikan firmaları tarafından, fiyatları tip ve kıymete göre 20 — 200 İngiliz lirası arasında değişen, mebzul miktarda Geiger sayıcıları, prospektörler için imal edilmiş bulunuyor.

Saha sayıcılarının en ziyade kullanılan tipi, Uranium ve Thorium çevrelerinde daima mevcut olan Radium veya Mesothorium ve diğer kardeş elementlerin neşrettiği gamma ışınlarını gösterendir. Pek muhtelif cihazlar mevcut olduğundan ancak genel bir tarif yapmak mümkündür. Cihazın esas kısmını, içinde aksial bir tel halinde anodu bulunan, üstüvane şeklinde bakır katottan teşekkül eden ve tamamı özel terkipli bir gaz içinde bulunan, Geiger—Müller tüpü teşkil eder. Tüpte yüksek bir voltaj hüküm sürer; bunun neticesi, bir gamma ışını alarak gaz ionize olur ve boşaltma vukubulursa, tüp biran için ceryan verir. Bu hareket elektronik usulle kuvvetlendirilir ve kulaklıklarda «tik» olarak duyulur veyahut neon ampulünde «ok» gibi görülür; bir sayar (pulse — recorder) hareketleri kaydederek toplar. Birçok aletlerde, her «tik» in sayılması mecburiyeti olmasın diye, bunların zaman ünitesine göre ortalamalarını gösteren sayaçlar vardır. (Ratemeter) cihazın dimağı durumunda olan Geiger — Müller tüpü, akümülatörle elektronik amplifikatörün kutusuna yerleştirilebilir; fakat birçok\* modelde tüp ayrı bir muhafaza içinde bulunur, diğer kısımlara da birkaç metre kordonla bağlıdır. Her iki tip

cihazın iyi tarafları olup, birinden birini tercih etmek fazla birşey kazandırmaz. Her iki tipte sıklet takriben 3 kilodan 8 kiloya kadardır. Bilhassa uzak bölgelerde kullanılacaksa, akümülatörünün uzun bayatlı olduğu garanti edilen bir modelin temini daha önemlidir; ve bir de, sıcak ve ıslak iklimlerde çalışılacaksa, cihazın tamamen sıcak iklimlere uygun olması, kuruma için de silikagel ihtiva etmesi şayanı arzudur. Uzun bir seyahate çıkmadan, bir prospektörün cihaz hakkında kâfi bilgisi olması ve icabettiği takdirde, akümülatör ve Geiger tüpünü yedekleriyle değiştirebilmesi icabeder.

Kosmik ışınlar ve umumiyetle dünya kabuğunun her parçasının neşrettiği zayıf gamma ışınları için cihazda bir «background» tashihi mevcuttur. Bu «background» yerine göre biraz değişir. Genel olarak kalkerler üzerinde alçak, granit ve bazı deniz killeri üzerinde ise yüksek olduğu görülür; bu sonuncular, birçok taşlara nispetle daha yüksek bir radioaktiviteye maliktirler. Herhangi bir taş kitlesi üstünde ölçülerek radioaktivite ortalama «Background» u aşarsa, burda muayyen bir Uranium veya Thorium (kesin olmak icabederse, Radium ve Mesothorium gibi kardeş elementler) konsantrasyonunun mevcudiyeti anlaşılır.

Normal istikşaf prospeksiyonunda cihaz «Ratemeter» veya «pulse—recorder» kutusu ile, ya çantada veya omuzda asılı olup, prospektör ağır adımlarla sahaya dolaşırken kadranı müşahade eder; tercihan tabakaların istikametine dikey gidilmelidir. Bariz bir radioaktivite anomalisi keşfedildikte, bunu tamamen içine almak suretiyle 1 veya 5 metre mesafeli bir kafes çizilir ve Geiger tüpünü köşelerde yere dayamak suretiyle detaylı bir harita yap-

lır, bazı noktalardan da esaslı tahlil için, nümeneler alınır. Radioaktivitenin bu şekilde tesbitinin genel olarak iyi neticeler verdiği tecrübelerle belli olmuştur. Bu usulün maden «halde-leri incelemelerinde de kullanılması pek istifadelidir; ancak şuna da işaret edelim ki, bunlarda radioaktivite, derinlerdeki madene nispetle umumiyetle daha yüksektir, bu itibarla netice ancak, yarmalar yapılarak, buralarda da ölçüler elde edildikten sonra katılaşır.

Kaide olarak, toprak tabakasının veya dolma kısmın kalın olduğu yerlerde, sayıcının kıymeti azdır. Alçak tenörlü cevherlerin ışınlarını 5-10 santimetrelilik, yüksek tenörlerini de takriben 1 metrelik tabaka keser. Maheza Uranium ve Thorium cevherlerini örten rezidüel tabakalarda hafif bir radioaktivite müşahade edilir. Bazı morenli arazide radioaktif zuhurların dağılışı, dere çakılları ile bu çakıllardan elde edilerek «batee» konsantrelerinde sayıcı ile yapılacak ölçülerle tesbit edilebilir.

Sayıcı, meselâ kömür madenleri gibi, grizu tehlikesi olan ve bu yüzden elektrikli cihazların kullanılması memnu olan yerler müstesna, yeraltında da kullanılmağa elverişlidir. Uranium madenlerinde, işe yarar cevher kısımlarını tesbite yarayan, kıymetli bir alettir. Bir çok Uranium cevherleri kolayca kırılabilirdiğinden, böyle madenlerde patlatılmaldan sonra, pek ince kısımlar kaya satırların örter ve binnetice sayıcı hakikate uymıyan kıymetler gösterebilir. Yer üstünde dolaşırken radioaktif taşların gösterdiği radioaktivite, yer altında gösterdiğinin ancak 1/6 ilâ 1/3 ü olduğu, genel olarak söylenilebilir.

Bununla beraber kozmik ışınlar içeri nüfuz etmediğinden, radioaktivitesi

nispeten zayıf derin madenlerde, sayıcıda çok küçük kıymetler tesbit olunacaktır.

Radioaktif zuhurun şekil ve büyüklüğünün, yer üstünde veya yer altında olsun, sayıcıda tesir icra ettiği pek tabiidir. Bilfarz 30 — 60 metre karelik alçak tenörlü büyük bir cevher kitlesi sayıcıda, yüksek tenörlü ince bir damarcık kadar tesir icra eder. Radioaktivite ölçülürken, sondanın konulduğu yer bir girinti veya çatlak ise radioaktivitesi daha yüksek olur, halbuki bir çıkıntı arzeden sahreye tatbik edilirse radioaktivitesi daha alçak olarak ölçülecektir. Aynı şekilde, sayıcıya bitişik olan yüksek tenörlü minerallerden tek bir kristal veya bir damarcık bütün mostraya izafe edilebilecek radioaktiviteden daha fazla bir radioaktivite gösterebilir. Detaylı harta yapılırken bu gayrı tabiiyetleri nazarı itibara almak lâzımdır; sayıcıda okunan kıymetlerin, radioaktif anomaliye sebep teşkil eden Struktur çatlaklarını gösteren jeolojik bir şema ile birlikte olması fevkalâde önemlidir.

Sayıcının bir saha tecrübe âleti olarak kullanılabilmesi için, radioaktivitesi malûm bir seri standard «pulp» e ihtiyaç vardır. Bu «pulp» ler yeknasak şekil ve büyüklükte şişe veya başka kaplar içinde olmalıdır. Sıra ile her şişe, numuneye nispetle muayyen bir jeometrik durumda iken, «Ratometer» in gösterdiği kıymet okunur. Meçhul numune toz haline getirilir, standardlar kadar bir hacme gelinceye kadar mümasil bir şişeye doldurulur ve radioaktivite ölçülür. «Background» için yapılan ölçüde hasaba katıldıktan sonra, numunenin muadil radioaktivitesi ekstrapole edilir. Bittabi bu tecrübelerin «Background > un alçak olduğu bir yerde yapılması lâzımdır. Her tecrübeye, bütün numunelerin Geiger tüpüne

nispette tamamen aynı şekilde bulduklarını tesbit etmek önemlidir; şuna da işaret edelim ki, Uranium müstahzarları, ışınları veren Radium'la kardeşi elementleri hemen hemen hiç ihtiva etmediklerinden, standard olarak kullanılmazlar. Tam kesin olmamakla beraber, bu usulle elde edilen neticeler, radioktivitenin laboratuvarda yapılacak tam ölçülerden az farklıdır.

Sayıcı Uranium ışınlarını Thorium ışınlarından ayırdetmez. Tabii yataklar, bilhassa Plaserler, Uranium ve Thorium cevherlerini birarada ihtiva ettiğinden, radioaktivite ancak bu elemanlardan birinin, umumiyetle Uranium muadili olarak ifade olunur; bu, Radium ve diğer kardeş elementlerle muvazene halinde bulunan, Uranium'dur. Thorium serisi gamma ışınları, Uranium serisininine nispetle, daha zayıftır; binnetice; vasat bir saha sayıcısı bir ünite ağırlığında Thorium muadili ile gösterdiği radioaktiviteyi, aynı ağırlık ünitesinin yarısından biraz daha az Uranium muadili ile gösterir. Şuna da işaret edelim ki, sonradan teşekkül etme Uranium cevherlerinde, Uranium'la dekompozisyon mahsulleri arasındaki muvazenede bir bozukluk olup, bu umumiyetle Uranium'a isabet eden, yıkanma neticesi kısmî erime, veyahut da, muvazenenin teessüs etmesi için yaşça henüz çok genç olan, Sekonder mineraller yüzündendir. Bu nevi cevherlerin Uranium muadili, hakiki (kimyasal) Uranium tenörüne nispetle % de 50 den ziyade farkedebilir. Bu itibarla sayıcıya, radioaktif yatakların prospeksiyon ve kaba tesbitinden fazla iş yükletilmemeli, zuhurun kıymetinin kesin bir şekilde takdiri için, kimya tahliline müracaat edilmelidir.

Sayıcı istimal edilirken alınması icabeden birkaç basit tedbir vardır.

Cihaz sahada kullanılabilir neviden ise, oldukça sağlam bir şekilde imal edilmiştir; bununla beraber bunu anî sarsıntılardan muhafaza etmek icabeder. İyi bir kaide olarak, bunu bir telsiz cihazı gibi kullanmak lâzımdır diyebiliriz. Su geçirmeyen bez kılıfı ile güzelce muhafaza edilmek şartıyla yağmurda kullanılabilir; ıslanması hiçbir suretle caiz değildir; aynı zamanda çok sıcağa da maruz bırakılmamalıdır (meselâ kamp ateşine yakın). Bez kılıfın ve operatör elbisesinin radioaktif tozlarla taş kırıntılarında ari olmasına dikkat edilmelidir; herhangi bir yeraltı Uranium madeninden ölçüler yapıldıktan sonra, cihaz kılıfı, galeri toz veya çamuru hiç kalmıyacak surette fırçalanmalıdır. Geiger tüplerinin yenileri konurken, bunları kuvvetli ziyadan sakınmak şayanı tavsiyedir. Cihazın çalışmasını hakkıyla bilmiyen bir operatör, tamiri ile meşgul olmalıdır, zira bu aletlerin 500 ilâ 1500 voltluk devreleri mevcut olup, dokunulduktaki bazan tamiri gayri mümkün hasarlar meydana geldiği gibi, vahim elektrik şokları da yapabilir.

#### Flüoresans tecrübeleri

Mineral numuneleri veya ağır mineral konsantrelerinin radioaktivitesinin tayini Geiger sayıcılarıyla kolayca yapılabilir; ancak, konsantreler çok kere önemli miktarda Monazit ihtiva ettiğinden, sahada radioaktivitenin ne nispette Uranium ve ne nispette Thorium'a ait olduğunu, hatta incelenen materyelde herhangi bir Uranium mineralinin mevcut olup olmadığını söylemek, genel olarak mümkün değildir. Bu, gibi numunelerde Uranium mevcudiyetini meydana çıkaran en elverişli usul, portatif bir ultraviole lâmbası ile yapılan, flüoresans tecrübesidir.

Çok senelerdir ultraviole lâmbalarını prospektörler tarafından Scheelit'in

aranmasında geniş çapta kullanılmıştır. Uranium cevheri aramalarında da hem kısa dalgalı sıcak kuvars — tüş-Scheelit lâmbaları, hem de daha ucuz olan, muhtelif dalga uzunluklu civa buharı lâmbaları güzelce kullanılabilir. Wolfram propeksiyonunda, muhtemelen Scheelit'li olan satırlar yeraltında istenildiği zaman, yer üstünde ise karanlık saatlerde ultraviöle lâmbası ile aydınlanır.

Scheelit'in mevcut olduğu yerler parlak bir mavi beyaz fluoresansla belli olur. Buna benzer, fakat fevkalâde yardımcı dokunmıyan bir arama usulü, Uranium için de kullanılabilir. Sonradan teşekkül etme birçok Uranium mineralinin sarı, yeşil nüanslı kuvvetli flüoresans verdiği kabul edilir. Ancak Scheelit'in aksine bu minealler gündüz gözü ile de kolayca tanınabilir. Primer Uranium mineralleri, karnotit, birçok Torbernit ve Metatorbernit (iktisadî Uranium cevherleri hemen hemen tamamen bunlardan müteşekkildir) fluoresan değildirler. Uranium prospeksiyonunda flüoresans lâmbasının esas kamp yerindeki faydası sahadakinden daha fazladır; çünkü bütün Uranium mineralleri sodyum flüörür ile eritildikte, ultraviöle ışıkla aktive edilince, kuvvetli bir flüoresans gösterir.

Temiz sodyum fluorür'le (purissimum) platin telde, tıpkı Boraks'la yapıldığı gibi, bir inci yapılırsa bu inci flüoresans göstermez; fakat bu inciye küçük bir Uranium minerali tanesi karıştırılır, tekrar eritilir ve soğumağa bırakılırsa bu, karanlıkta, ultraviöle lâmbasının ışınları altında parlak bir sarı yeşil veya limon sarısı renk gösterir. Tecrübe ile ve metot şartlarının tadili suretiyle standardizasyonu ile, bu usul kuantitatif şekle sokulabilir; ancak, refrakter Uranium cevherlerinde oldukça sık rastlanan nadir topraklar,

bu flüoresansı örtebilirler. Metodun mahzurlu tarafları bir tecrübeye yalnız bir mineral tanesinin kullanılabilmesi ve S9dyum fluorür'ün erime noktasının, normal kamp şartları dahilinde, erişilmesi güç olmasıdır (980°C).

Bu metodun sahada tatbiki maksadiyle biraz değişik bir şekli, Büyük Britanya «Geological Suryey» i tarafından epeyi zamandır kullanılmaktadır. Bunda, sırf sodyum flüörür yerine, 1: 20: 20 nisbetinde sodyum flüörür, anhidr sodyum karbonat ve anhidr potasyum karbonat istimal edilir. Bu fondan ince ve yeknesak olarak bir nikel tabağın yassı dibine veya bir nikel levha üzerine yayılır ve portatif Primus tipli bir ısıtıcı üzerinde eritilir (erime noktası 720° C). Nikel levha bulunmadığı takdirde, muvakkat olarak kalaydan mamul bir tütün muhafaza kutu kapağı kullanılabilir.

Müteakiben, konsantreyi temsil edebilecek taneler veya tetkik olunmuş mineraller fondan üzerine, takriben bir santimetre ara ile serpilir ve fondan tekrar bir dakika kadar, eritilir. Fondan soğuyunca, karanlıkta flüoresans lambası altında müşahede edildikte, Uranium'u başlıca bir konstitüan olarak ihtiva eden tanelerin etrafında parlak limon sarısı haleler görülür. Tabak veya levhanın temiz olmasına dikkat etmek; 2. nci erimeyi de fazla uzatmamak, alınacak tedbirlerdir; 2. nci erime uzun sürerse bütün fondan flüoresans olur ve asıl fluoresansı veren münferit taneler belli olmaz. Kolumbit ile de zayıf bir sarı yeşil flüoresans elde edildiğine işaret edelim; ancak bu mühimce bir miktar Uranium ihtiva eden her mineralinkine nispetle, çok daha hafiftir.

Fotoğraf tekniđi

1896 da B e c q u e r e l ışığın girmediği bir kutu içinde bir Pehblend nü-

munesinin fotoğraf camına tesir ettiğini keşfetmiş ve o zamandanberi bu basit usul radioaktivitenin mevcudiyetini kaba ve çabuk olarak tesbitte kullanılmıştır. Bu tecrübe esas kampta kolayca tatbik edilebilir. Radioaktif olduğu şüphe edilen cevher numunesinin bir tarafı düz bir satıh haline getirilir ve karanlık bir odada numune, düzeltilmiş sathı aşağı gelmek suretiyle, kullanılmamış bir fotoğraf camının veya filminin üzerine yerleştirilerek ışık sızmayan bir kutuya konur ve böylece birkaç gün dokunulmadan durur. Bu müddet sonunda cam normal şekilde banyo edilince, Uranium veya Thoriumun mevcudiyeti, numunenin bulunduğu yerde resminin çıkması ile belli olur. Müddet numunenin derecesine göre değişir; izah ettiğimiz usul takibolunursa, yüksek dereceli bir Pehblend, orta süratte (30° Scheiner) bir cam üzerine bir günde resim verir. Normal olarak müddet 2-3 gün olarak kabul edilir; ancak alçak dereceli numuneler için 3 veya 4 hafta lâzım olabilir. Uranium tenörü malûm bir Pehblend veya başka mineral parçası ile bir kontrol tecrübesi yapılabilirse, iki resmin mukayese edilmesiyle, radioaktivitesi bilinmeyen numunenin bu özelliği hakkında bir tahmin yapmak mümkün olur.

Bu otoradiografik tekniğin, Uranium ihtiva eden mineralleri, Thorium ihtiva edenlerden ayıramadığına işaret etmek önemlidir. Fotoğraf camının emülziyonu ile mineral numunesi arasında, bazan kimyasal bir reaksiyon vukubulur ve yanlış resimler elde edilebilir. Böyle birşey ancak numune doğrudan doğruya camla temas halinde ise olur, buna mani olmak için de camla numune arasına ince bir kâğıt tabaka koymak kifayet eder.

Son seneler içinde Ilford ve Kodak fabrikaları taş ve cevherlerin ra-

dioaktif minerallerini tetkik maksadiyle «atom araştırması emülziyonu» tipi denen özel fotoğraf camları imal etmişlerdir. Bunlar, görülen ışıkla, alfa, beta ve gamma ışınlarının tesir icra ettiği normal optik emülziyonlardan farklı olarak, görülen ışığın, beta ve gamma ışınlarının pek tesirine uğramazlar; ancak alfa ışınları ile diğer masif atom parçacıkları bunlara tesir eder. Bu camlarda meydana gelen resim, normal fotoğraf emülziyonlarındakine nispetle, çok daha az fludur. Camın numune ile doğrudan doğruya teması ile husule gelen bu resim, mikroskopla sayılabilen münferit alfa taneceklerinin izleriyle teşekkül eder; binnetice resim, incelenen mineralin alfa aktivitesi ile aşağı yukarı linear bir münasebet arzettiğinden, aynı şartlar altında bir standard veya kontrol minerali ile elde edilecek resim mukayesesi, numunenin takribi radionktivitesi hakkında bir tahmini temin eder. Bu usul, sahadan ziyade jeoloji lâboratuvarı için faydalıdır, bu itibarla burada fazla detay verilmemiştir; fakat, serbest çalışan ve bu hususta ilgilenen mineraloglar, radioaktif cevherlerle çalışan her resim için Geological Survey'de bütün detayları öğrenebilirler.

Diğer tecrübeler:

Spinthariskop veya Scintilliskop diye bilinen bir cep aleti, bir çok kitaplarda, numunelerde radioaktiviteyi gösteren bir vasita olarak anlatılır. Bu alet, bir ucunda bir adese, diğer ucunda da dört köşe camdan bir prizma bulunan, ince bir metal tüpten ibarettir; adesenin mihrakında bulunan prizmanın dış sathı da çinko sülfür ile örtülüdür. Karanlık bir odada bir Uranium veya Thorium minerali parçası prizmaya yaklaştırılacak olursa, bunun neşrettiği alfa tanecekleri sülfür katını geçerken dar ziya oklarının vücut bul-

masına sebep olur; bunlar da adese vasıtasıyla görülür. Umumiyetle bu alet, radioaktiviteleri başka usullerle çok daha kolaylıkla anlaşılabilir, yüksek dereceli minerallerin incelenmesinde kullanılır.

Radioaktivitenin tesbitine yarayan başka bir alet de, altın yapraklı elektroskopdur. Bunun muhtelif neveleri maden ve rafinerilerde radioaktivite tecrübelerinde uzun müddet kullanılmıştır; ancak bu, esas itibarıyla bir laboratuvar cihazı olduğundan, burada izahı uygun olmaz. Tecrübeli araştırmalarda kullanılan en hassas laboratuvar elektroskoplarının büyük kısmının yerini, şimdi Geiger sayıcıları ile tecrübe elektrometreleri almış bulunuyor; insanın kendi kendine kolayca yapabileceği basit cihazlar ise, ancak yüksek dereceli cevherlerle çalışırken işe yarar.

Minerallere tatbik olunan, Uranium için kimyasal «touche» tecrübelerine gelince, bahis konusu mineraller ekse-

riyetle, kitaplardaki reaksiyonları bozan başka elementler de ihtiva ettiğinden, bu tecrübelerden lâyıkıyla faydalanmak nisbeten nadirdir. Uranium için sahada' tetkik edilebilecek basit bir reaksiyon şimdiye kadar bulunmuş değildir; bununla beraber aşağıdaki laboratuvar tecrübesi faydalıdır: Numune toz haline getirilir ve klorhidrik asitte eritilir. (Eğer numunenin tozu asit içinde erimiyorsa, kröze içinde sodyum ve potasyum karbonatlarıyla karıştırmak suretiyle, ısıtılarak eritilir, sonra da klorhidrik asitle muamele edilir). Filtre edilen eriyimin bir damlasına, ferrik ve küprük iyonların redüklenmesi maksadiyle, bir damla yüzde onluk sodyum thiosulfat, sonra da yine bir damla yüzde üçlük potasyum ferrosiyaniür konur. Uranium mevcutsa, ferrosiyaniür ilâve edildikte kahverengi bir renk veya tortu husule gelir. Mineraldeki Uranium tenörü yüzde 0.5 ten az ise, diğer elementlerin de araya girmesi yüzünden, reaksiyonun başarılı olması güçtür.