

DOKÜMANTASYON :

KİMYASAL ELEMENTLERİN LİTOSFERDEKİ MİKTAR ve DAĞILIŞLARI

Doçent Dr. Orhan BAYRAMGİL

Litosferin incelenmesiyle Jeoloji ve Mineraloji meşgul olur. Bu iki ilim şubesi de araştırmada daima sentez cihtine gider; evvelâ tabiatın madde ve şekil bakımından muazzam zenginliği tetkik ve tarif olunur, fakat hemen akabinde esas hedefi teşkil eden, muhtelif yapıların ve mebzul taş ve mineral nevilerinin teşekküllerinin izahına geçilir. Gerek petrografi, gerek mineralojinin çalışma metodlarının ekseriyetini analitik kimyasal ve fiziksel usuller teşkil eder. Kimya ve fiziğin hayret verici gelişmesi, mineral ve taş nevilerinin terkipleri hakkındaki bilgilerimizin de çabucak ilerlemesini temin etmiştir; bunda, sanayi ve ziraata mineral ham maddelerinin temini zarureti de bittabi büyük rol oynamıştır.

Bu" çalışmalardan birikmiş olan muazzam analitik materyelin bir araya getirilerek, dünya kabuğunun terkipliğini ortaya koymak tecrübesini ilk olarak Amerikalı Clarke yapmıştı. *) 28 sene evvel yayınlanmış esas eserinde bu bilgi, o zamana kadar malûm, litosfer, hidrosfer ve atmosfere ait hemen bütün analizleri nazarı itibare almıştır. Bu eser bize, o zamana kadar yapılan ana-

litik çalışmalarının tümü üzerinde canlı bir fikir verir. Eser, menba, nehir ve göl suları, deniz, tuz ve maden yatakları, erüptif ve sediment taşlarının yalnız tahlil raporlarını ihtiva etmeyip, yeni ve tamamen sentetik bir ilim olan *Jeokimyanın* esasını teşkil eden fikirlerle doludur.

Erişebildiğimiz dünya kabuğunda muhtelif taşların kemiyet nisbeti nedir? Bunların ortalama terkipli nedir? Tahallül, erozyen ve sedimentasyon yüzünden terkipleri değişen taşların miktarı nedir? Bunlar, elindeki muazzam materyelle, Clarke'in cevaplandırmak istediği bir kaç sualdi.

Madde değişiminin bir blançosunu teşkil eden bu ilk tecrübe, jeoloji ile kimyaya dayanır. Bunun neticelenmesi bu ilimlerin gelişmesine bağlı idi.

En önemli taşların terkip ve dağılışları, bir de bunların dünya kabuğunun yapısındaki fayları iyi biliniyordu. Bu, yeni hesapların Clarke'in vermiş olduğu adetlerden pek az inhiraf etmesinden anlaşılır. Aynı zamanda, taş teşekkülünün muhtelif olaylarının muayyen bir deverana bağlı olduğu fikri de iyiden iyiye yeretmişti. Clarke'in yapmış olduğu büyük hizmet, bu olayları *kuantitatif* olarak kavramağa ça-

*) CLARKE, F. W. : *Data of Geochemistry*, Washington 1924.

lışması yüzünden, bunların spekülasyonlardan kurtularak, açık ve kesin bir veçhe almalarıdır.

Clarke'in hassasiyetle hesap etmiş olduğu adetler yeni bir sorunun başlangıç noktasını teşkil eder. Maddenin bu büyük deveranında herbir elementin envanterini çıkarmak şarttı. Fakat daha 25 sene evveline kadar bu vadede büyük boşluklar mevcuttu. Bir çok elementler hakkında, bilhassa kuantitatif bakımdan, malûmat pek azdı. Ancak yeni metodların tatbiki ile esaslı değişmeler olmuştur; bunların en önemlileri kuantitatif röntgen spektroskopisi ve spektral analiz metodları ve bunların taş ve minerallere tatbikidir. Bu pek hassas analitik metodlar sayesinde, oldukça kısa bir zaman zarfında, taşlar içinde fevkalâde az miktarda bulunan elementlerin bir çok kuantitatif tayininin yapılması mümkün olmuştur. Bununla paralel olarak kristal fiziği ve kristal kimyası da seri bir şekilde gelişmemiş olsaydı, esasen pek fazlaşmış ve icmalî güçleşmiş olan analitik doneler ancak bir kat daha çoğalmakla kalacaktı. Litosferi teşkil eden taş ve mineraller hemen daima kristalize olduğundan, kristal yapısının arılaşılmasındaki her gelişme, litosferin yapısının biraz daha fazla bilinmesini mümkün kılmıştır. Maddenin yapısına bugünkü kadar nüfuz edilmeden - bilhassa katı cisimlerde - modern Jeokimya mümkün olamazdı. Kristallerin yapılarının tahlili ilk önce Jeokimya bakımından pek büyük önem taşıyan atom ve iyonların büyüklüklerini tesbit etmeyi mümkün kılmıştır.

İzah ettiğimiz bu gelişmelerden sonra, şimdi şu iki soruyu cevaplandırmaya çalışalım.

1 — Muhtelif atom neveleri dünya kabuğunda miktarca ne nisbette bulunur?

2 — Oradaki dağılımları nasıldır ve bu hangi kanunlara uyuyor?

Meselâ Fe ve Al gibi bazı elementlerin umumiyetle bol Pt veya Au gibi başka elementlerin ise nadir olduğu malûmdur. Bu fark acaba bir tesadüf neticesi midir? Derinlere gitsek acaba bu kıymetli metallere fazla miktarda raslayamaz mıyız?

Dünya kabuğunun büyük kısmını erüptif taşlar teşkil eder. Bugün, bunların bir çok maden yatağının ana taşı olduğu, hatta bütün diğer taşların, kompozanlarını erüptif taşların bitip tükenmez hazinesinden aldıkları malûmumuzdur. Öyleyse, dünya kabuğunun erüptif taşlarındaki elementlerin ortalama miktarlarını gösteren kimya tahlilleri bize ne ifade eder ?

Evvelâ oksijenin en fazla rastlanan atom nevi olduğu göze çarpar, şöyleki:

300 O atomuna	100 Si
	30 Al
	12 Na (aşağı yukarı
	9 Mg aynı miktarda Ca ve Fe)
	ve 4 K

ve ancak 1 milyar O atomuna 1 Pt, Ir veya Au atomu düşer. Kısa hayatlı buhar redioaktif element, meselâ Ra, çok daha nadirdir (10^{10} kereye kadar).

İlk 8 element, yani O, Si, Al, Na, Mg, Ca, Fe ve K birlikte dünya kabuğunun % 98 ini teşkil eder. Böyle küçük bir grubun bu derece büyük bir ekseriyete sahip oluşu, elementlerin büyük kısmının «nadir» kategorisine idhal edilmelerinin icabettiğini açıklar. 8 element te, elementler sisteminde ilk 3 periyotta bulunur ve en çok olanlar baştaki 2 kısa periyottadır - yani sıra numaraları küçüktür -. Sıra numaraları büyük elementler en nadir olanlardır. Mümasil şekilde, elementlerin atom ağırlığı büyüdükçe, umumiyetle daha nadir olurlar. Bilfarz Au Ağ den, bu

da Cu dan daha nadir, Cs Rb dan, bu da K dan daha azdır. Bnnunla beraber Li Na dan çok daha azdır; bu en nadir elemanlardan olup, küçük atom ağırlığı ile Be ve B gibi istisna teşkil eder.

Hepsinin de sıra numarası çift olan 5 element, O, Si, Mg, Ca ve Fe birlikte dünya kabuğunun % 85 ini teşkil eder. Sıra numaraları tek olan elementlerin periodik sistemdeki çift numaralı komşularına nisbetle daima daha nadir oldukları müşahede olunur. Bilfarz :

Sc	Ca ile	Ti'dan	
Y	Sr »	Zr *	
Co	Fe »	Ni >	nadirdir.

Bahis konusu ettiğimiz bu kaideler element miktarlarının muayyen bir şekilde değiştiğini ve atom yapısının periodik bir fonksyonu olduğunu göstermeye kifayet eder. Demek ki, Au ve Pt'nin nadir oluşu, kabul edilmesi gereken bir keyfiyettir; bu tesadüfi olmayıp, sebebini maddenin yapısında aramak icabeder.

Bu husus, başka yıldızlarda elementlerin 'kemiyet nisbetlerine bir göz atıldıkta, daha da vazıh bir hal alır. Astronomi incelemelerinin neticeleri, dünyamızdaki materyelle yapılan müşahedelerle bariz benzerlik gösterir. Dünyamızdaki nadir eîemantlerin büyük kısmı Kozmosta da nadirdir. Li, Be ve B yalnız dünya taşlarında nadir elementler arasında değildir. Küçük sıra numaralı elementlerin fazlalığı, astrofizik rakkamlar nazarı itibara alındıkta, daha açık olarak meydana çıkar: H ve He çok daha fazla önem kazanır. Muhelif elementler yerine izotoplar tetkik edildikte kaideler ziyadesiyle barizleşir.

Kozmostaki elementlerin miktar nisbetlerinin fiziksel izahını atom fiziği yapar ; bunu bir yandan birleşik atom çekirdeklerinin birleşme ve dağı-

lış şartlarında, diğer yandan da muhelif çekirdek nevelerinin aralarındaki stabilite nisbetlerinde aramak icabeder. Buna nazaran, meselâ Li, Be ve B nin fazla nadir oluşları bu çekirdek nevelerinin termik akselasyonlu protonlar karşısında dayanamamaları şeklinde izah olunur.

Fakat unutmamalıyız ki dünyanın kendine mahsus bir gelişme, mazisi vardır ve bunun, elementlerin miktar nisbetlerinde kosmosta carî kanunlar yanında da bir tesiri olması icabeder. Dünyanın ve anası güneşin ihtiva ettikleri elementleri mukayese edersek, bazı hususiyetler göze çarpar. Dünya atmosferinde H, He, O ve C' un azlığı ve ilk uzun period elementlerinin bariz eksikliği müşahede olunur. Miktar nisbetleri de bambaşkadır. Meselâ güneşin oksijeni, hidrojeni bağlamağa yettiği halde, dünyada bu bakımdan bir O fazlalığı vardır. Bu ismi geçen elementler alçak hararete de gaz halinde olduklarından veya-C gibi-kolay uçucu birleşimler teşkil ettiklerinden, şüphesiz uçma neticesi, dünyadan kısmen uzaklaşmışlardır.

Eskidenberi insanların merakını celbeden ve dünyaya ait olmayan yegâne madde olan meteoritlerin de tetkiki başka farklar ortaya kor. Dünya kabuğunun dış kısmının ortalama terkihi meteoritlerle kıyas edildikte alkali metaller, Si, Al ve O bakımından bir fazlalık, buna mukabil Mg, Fe, Ni, Co, • Ti, V, Cr, Mn, demir grubu elementleri, Pt metalleri ve bilhassa S bakımından da bir eksiklik arzeder.

Müşahedelerimizin dünyanın en dış kısmına inhisar ettiğini (20 km. kadar), jeolojik olaylardan da derine doğru taşların, terkihibinin değişerek Mg ve Fe bakımından, zenginleştiğinin anlaşıldığını ilâve edelim. Fakat TAMMAN, GOLDSCHMIDT v.s. nin dünyanın orta kısmında bir Fe - Ni çekirdeği oldu-

ğu cariyesini KUHN ve RITTMANIN bunun yanlışlığını ispat suretiyle reddetmişler, dünya çekirdeğinin muhtemelen diferensiyasyona uğramamış güneş maddesi olduğu fikrini ileri atmışlardır.

Dünya kabuğunun dış kısmının en göze batan hususiyetlerinden biri, taşların büyük tenevvüü ve terkip değişikliğidir. İç ve dış kuvvetler, dağ teşekkülü ve volkanizma, erozyon ve sedimentasyon elementlerin hareket ve dağılışına sebep olur. Bu çok hareketli dış kısma derinden gelen bir element, mecburen hicrete tabi olur; bir zaman yer yüzüne gelir ve sedimenter devrana katılır. Şimdi acaba bu element hangi yolu takip eder, jeolojik olayların tesirinde kaderi nasıl taayyün eder?

Dünya kabuğundaki dağılışlarını tevlit eden hicrette bir kaç elementin yolunu takibe çalışalım.

Dünya kabuğunun derinliğinde bir magmayı başlangıç noktası olarak alalım. Litosferde büyük yerler kaplayan bu nevi silikat eriyiklerinin mevcudiyeti jeolojik bir hakikattir. Burada dünya kabuğunun büyük kısmının bu nevi magmaların kristalleşmesi neticesi husule gelen ve erüptif taşlar dediğimiz taşlardan müteşekkil olduğunu kaydedelim. Demek ki erüptif taşların teşekkülü 1. nci sınıf bir jeolojik olaydır ve dünya kabuğunun madde differensiyasyonunu tevlit eder.

Böyle bir kızgın ocak civarını ısıtır ve ağır ağır kristalleşmeye başlar. Uzun süren bu devrenin muhtelif safhalarında husule gelen maddeler bittabi başka başkadır, ilk safhada «liquide magmatique» esas kısım kristallenir. Arta kalan kısım gaz bakımından zengindir. (H_2O , CO_2 , v. s.), bunlar uçtukça mayiin viskositesi azalır, yarık ve çatlaklara girerek buraları doldurur.

Kristalleşme safhaları arasında kesin hudutlar yoktur ve son safhaları, yani magmatik enerjinin tükenmesini müteakip teşekkül eden mineralleri göstermek için kullandığımız pegmatitik, pnömatolitik, hidrotermal tabirleri birbirlerine tamamen bağlıdır.

ilk kristalleşmenin en karakteristik bir elementi hiç şüphe yok ki 'Mg' dur. Olivin ve Enstatit gibi Mg - silikatları bu safhada kristalleşen mühim minerallerdir.

Kristal yapısında Fe " çok kere Mg'un yerine geçer. Bu iki ion, kristallerin yapı taşları olarak her zaman birbirlerinin yerinin tutabilir; kristal kimyasında en önemli özellikler olan şarj ve ion çaplarının benzerliği bu durumu izaheder. Büyüyen kristal böyle ionları tefrik etmez.

Bununla beraber benzerlik tam değildir; Fe " ionunun tesir sahası Mg'unkinden biraz büyüktür. Bu da en son kristalleşen Mg silikatlerinin başta kristalleşenlerden, demir bakımından daha zengin olması ve Fe ionlarının fazlalaşması ile kristal kafesinde bir gevşeme, bunun neticesi olarak ise, erime noktasının alçalması yâni genel olarak kristal kafesi enerjisinin azalması şeklinde kendini belli eder.

Bu küçük müşahede bize miktar nisbetlerinden başka atom nevilerinin kristal - kimyasal özelliklerinin, kristalleşme sırasını tayin ettiğini gösterir. Hararet alçaldıkça daha ziyade az kıymetli ve büyük çaplı ionların birleşmeleri teşekkül edecektir. Büyük çoğunlukta olan 8 elementten Na ve K, differansiyasyon ilerledikçe önem kazanır. Buna karşılık Mg ve Fe'nin de rolü azalır.

Magmatik eriyimlerde atom çapı Mg'a benzeyen Fe'den başka ionlara da rastlarız:

İon $Mg^{++} Fe^{++} Li^*$

1/2 çap 0.78 0.83 0.78 0.83 0.78 0.83.

Geometrik bakımdan hepsinin, büyüyen kristale aynı kolaylıkla girebilmesi icabeder. Fakat kristalin bir tercih yaptığı tesbit olunur. Tahlil neticelerine göre Ni Mg ile bulunur ve en ziyade Mg'u bol ilk kristalizasyonlarda yer alır; hâlbuki Co daha sonraki teşekkülde Fe'in yerine geçer. En mühim rolü ion çapı oynar. Küçük farklar kimyasal bakımdan pek yakın iki elemanın kısmen veya tamamen tefrikine kifayet eder.

İşte bu şekilde, başlangıçta tamamen yeknasak olan bir magmadan, kimyasal bakımdan muhtelif fraksiyonlar husule gelerek bir diferansiyasyon vücut bulur. Bunun karakteri esas itibarıyla kristalleşmenin sırasına, fraksiyonların içeri veya dışarı doğru gitme temayülüne ve tektonik olaylara bağlıdır. Umumiyetle evvelâ, silis asidi az, ultrabazik denilen teşekküller, sonra da silis asidi çok pegmatitik safha teşekkülleri kristallenir.

İlk kristalleşme ile son kristalleşmenin teşekkülleri arasında tam bir tezat müşahede olunur. Bu duruma bütün dünya kabuğunda rastlanır, zira kıtalar ve oceanlar, yani litosferin yüzüne yakın ve derin kısımları, terkip bakımından tezat teşkil eder.

Bu magmatik olaylarda bir elementin takibetmek mecburiyetinde olduğu yolu tesbit etmek için evvelâ, tezat teşkil eden teşekküllerdeki gelişmeyi incelemek kifayet eder.

İlk kristalleşme safhasında koyu renkli ve yüksek özgül ağırlıklı mineral ve taşlar teşekkül eder. Bunların arasında çok kere magmatik manyetit, kromit, ilmenit, platin yatakları bulur.

Bu ilk kristalleşme mineralleri ekseri gayet serttir; elmas, korund, spinel burada bulunur; erime noktaları gayet yüksektir: 1000° den yukarı.

İlk kristalleşmenin en önemli minerallerinin yapı taşları eski şarjlı Si-O- kompleksleri ile Mg, Fe, Co, Ti v.s. ionlardır. Bu yapı taşlarında bilhassa şu 3 özellik önemlidir: yüksek şarj, küçük çap ($1/2$ çap = $0.5 - 0.8 \text{ \AA}$), bir de bu elementlerin büyük ekseriyetinin asıl gaz karakterinde olmaması. Kristallerin bütün özellikleri evvelâ iyonlarının bu hassalarına bağlı gibi görünür.

Ni ve Co'ta olduğu gibi, kimyasal bakımdan benzer ionlar Fe ve Mg'un yerine girebilir ve böylece muayyen nisbetler dahilinde birleşmiş bir seri element bir minerali teşkil edebilir; bununla beraber bu elementlerden çoğu ancak eser halinde mevcut olduğundan, mineralin fiziksel özelliklerine tesir edemezler ve bu yüzden saklı veya «maskelenmiş» durumda bulunurlar.

Bugün bu hususta bir çok misaller verebiliriz; en meşhur olarak zirkon minerallerinde bulunan Hf gösterilir; HEVESY bu elementi bu sayede bulmuştur.

İon çapları yanında enerji faktörünün de aynı önemde rol oynadığı büyüyen Mg kristalinin Sc^{+++} ve Li^* ionları ile münasebetinden anlaşılır. Bu hususta da tahlil sonuçları vazıhdır: Mg mineralleri ekseri Sc ihtiva eder. Li ise pratik olarak tamamen namevcuttur. Demek ki, yüksek şarjlı Sc iyonu, kimyasal bakımdan Mg ile benzerliği olmamakla beraber, kristal yapısına -Mg'un yerine cezbedilir. Li ionu ise, zayıf şarjı yüzünden, çekilmez. Bu cezbedilme olayına bir çok misaller verilebilir:

Sr^{++}		K^+ un yerine cezbedilir.
U^{++++}	Th^{+++} ve Y^{+++}	Ca^{++} » »
Nb^{++++}		Ti^{++++} » » v.s.

Saklı bulunma veya cezbedilme olayları esas bir elementin (meselâ Mg'un) silikatlarının kristalizasyonunda, başka elementlerin de birlikte sürüklenmesini tevlit eder. Şöyle ki bu elementlerin, magmanın daha sonraki kristalleşme safhalarında mineraller husule getirmesi pek mümkün olmaz. Bazı elementlerin hakikattekenden nadir gözükmeleri işte bu yüzdendir. Ga bu duruma güzel bir misal teşkil eder; bu elementin hiçbir minerali yoktur; fakat pek mebzul olan Al minerallerinde saklı olarak az miktarda daima bulunur. Binnetice bu element, meselâ elde edilmesi çok daha kolay As'e nisbetle dünya kabuğunda 3 kere daha çoktur.

Karma kristal teşekkülü, saklı bulunma ve cezbedilme kanunlarını böylece gözden geçirince, kristalleşmenin son safhaları hakkında kısaca şunları söyleyebiliriz. Bunların taşları, ilk kristalleşme safhasınıninkilerine nisbetle, bütün fiziksel özellikler bakımından tezat teşkil eder. Ya renksiz veya açık renkli olup özgül ağırlıkları nisbeten alçaktır. Bu safhaların mineralleri ekseri küçük sertlik, alçak ergime noktası ve kolayca hallolma ile temayüz eder.

O, Si ve Al ile birlikte bir kıymetli alkaliler burada en önemli rolü oynar; Mg ve Fe hemen hemen namevcuttur; başlıca kristalleşmelerde herhangi bir sebepten ötürü kristal kafeslerinde yer alamayan birçok nadir elementler burada bir araya gelir. Bununla Li, Be, B, Rb ve Cs, Sr ve Ba, Y, Zr, La, Ce, hattâ bilumum nadir topraklar, bir de radioaktif elementler gibi, ilk kristalleşmenin elementleriyle kıyas edildikte ya pek büyük veya pek küçük çaplı olan elementlerdir.

Binnetice bu safhada kristalleşmiş taşlarda bir çok nadir mineral, nadir toprakların silikat ve fosfatları, titanat, niobat ve tantalatlar, Zr, B, Be ve Li mineralleri bulunur. Böylece her bir

elementin erüptif taşlardaki olaylar neticesi takip etmek mecburiyetinde oldukları yolun, en önemlileri atom çapı ve şarj olan muayyen özelliklerin fonksiyonu olduğu sonucuna varmış bulunuyoruz. Kristal kimyası bakımından benzer elementler aynı yolun yolcusu olup izojenetik gruplar teşkil eder. Demek ki bir elementin takip ettiği yolu., hiç olmazsa ana hatlariyle söylemek mümkündür.

Bu vaziyette dünya kabuğunda muayyen element grupları tefrike uğrar, ilk kristalleşme için karakteristik olan bir kısım (Mg, Fe) derine gider; son kristalleşmeyi meydana getiren elementler ise litosferin en dış kısmında toplanır. Litosferi teşkil eden taşların, esas itibariyle yukarıda izah ettiğimiz enerjilerini dünyanın hararetinden alan mağmatik kristalizasyon ve differensiyasyon olayları neticesi husule geldiğini söyleyebiliriz. Bu pek önemli olayların izahı derinlerde kristalleşmiş magma mahsullerinin tektonik hadiseler ve erozyon yüzünden bazen yer yüzüne gelmiş olmaları neticesi mümkün olur.

Böylece hicretin yeni bir faslı başlar, zira elementler, karakteristiği tahallül, taşınma ve sedimentasyon olayları olan sedimenter deverana girmiş olurlar.

Evvelâ bu olayların mabetleri hakkında bir fikir edinmeyi deneyelim. Şimdiye kadar tahallül ve sedimentasyona uğramış bilumum erüptif taşların acaba miktarı nedir?

Sedimenter olayların başlangıcındanberi husule gelmiş sedimentler hakkında bilgi edinirsek, bu suali cevaplandırabiliriz. Biride bu günkü denizlerdeki tuz miktarı ile, tahallüle uğramış erüptif taşlar arasında muayyen bir nispetin mevcut olması icabettiğini kabul edebiliriz, zira, bu tuz miktarının hiç olmazsa bir kısmı muhakkak

ki taşların dekompozisyon ve erimesi neticesi denizlere gelmiştir.

Nehirler senede 3.10^9 t. hallolmuş tuz taşlarıdır. Osean o kadar vasidir ki bu miktar bir asırda kimyagerin en hassas metotlarıyla dahi farkolunamaz. Oseanların tuz muhtevası cem'an 46.10^{15} , yani 4600 milyar t. olarak hesaplanır.

Tahallül ve sedimantasyonun daima şimdiki kadar olduğunu ve denizlerdeki bütün tuzun da taşların tahallülünden gelmiş olduğunu kabul etmek şartıyla bu tuzun birikmiş olması için icabeden zamanı, yani denizin yaşını hesap etmek kabildir.

Ancak Oseanla nehirlerin tuz miktarlarının başka cins olmaları büyük bir güçlük ortaya kor. Meselâ Cl: Na nisbeti deniz suyunda nehir suyundakinin tam aksidir. Oseanın Cl miktarı okadar büyüktür ki, bunun hepsinin erüptif taşlardan gelmiş olması imkânsızdır; aynı şey B için de varittir. Nehirlerin getirdiği B'la denizlerde bu elementin ton başına 0.6 mg olması icabederken, hakikatte 15 mg, yani 25 mislidir. Demek ki Cl'la B Osean sularının primer unsurlarındandır.

Hesabımızı yapabilmek için öyle bir element seçmemiz lâzım ki, bunun menşeinin tamamen erüptif taşlar olduğu söylenilebilsin. Na umumiyetle böyle bir element olarak kabul edilir. Maahaza bugün, denizlerin ilk teşekkülünde bir miktar Na ihtiva ettiklerini ortaya koyan sebepler vardır. Demek ki denizlerdeki bütün Na'a tekabül eden erüptif taş miktarını hesaplarsak, elde edilecek adet hakikaten az yüksek olacaktır.

Böyle bir hesapta, tahallül neticesi serbest kalmış bütün Na'um denize varmadığı da nazarı itibarı alınmalıdır; bir kısım kontinental rüsuplarda kalır; Nehirlerin taşıdığı bir kısım ise deniz sedimentlerinden gelmiştir. Ancak bu

kısmî olaylar da hesaba katılırsa, tahallüle uğramış erüptif taş miktarı ile denizin Na miktarı arasındaki hakikî münasebet belli olabilir. Hesabedildik- te, 1 T 'deniz suyunun Na miktarının en fazla 600 g tahallül etmiş erüptif taşa tekabül ettiği meydana çıkar. Bu ise, yeryüzünün her cm^2 'sine 150 kg. tahallül etmiş erüptif taş (Granit, Bazalt v.s.) isabet ettiğini meydana çıkarır ki, bu da 700 m. kalınlığında bir taş tabakası demektir.

Bir elementin denizde bulunan miktarı ile, nehirler vasıtasıyla getirilmiş olması muhtemel miktarı bu çerçeve dahilinde kıyaslanabilir. Fakat bu mukayesede elementlerin ekserisi için denizde büyük bir eksik tesbit edeceğimize de hemen işaret edelim. Tahallül neticesi serbest kalan 1000 K atomundan ancak 25 i, 1000 Li atomundan ancak ikisi denize varır. Rb ve Cs için bu rakkamlar daha da küçüktür. Toprak alkalilerinde her 100'er atomdan ancak 10 Mg, 2 Ca, 4 Sr ve yalnız 0.02 Ba atomu denizi bulur. Taşları teşkil eden diğer önemli elementlerden Si'un 100.000 atomdan ancak 6 sı, Al un 12 si, Fe'nin ise 1.000.000 atomdan yalnız 7 si Oseana gider.

Tahallül neticesi sedimenter devrana katılmış atomların mütebakisi nerde kalıyor?

Bittabi bir kısım, hallolması güç ve mekanik bakımdan sağlam tahallül bakiyelerinde kalır. Bu bilhassa iklim şartlarına göre laterit veya boksit bakiyeleri veren, Si O₂ ve Al₂ O₃ için varittir. Bir kısım elementler bilhassa Fe ve Mn, taşınma esnasında okside olur ve oksithidratlar halinde çökerler. Sedimenter Fe ve Mn yatakları bu şekilde husule gelir. Bu olaylar esnasında en mühimleri hallolma farkları, oksidasyon ve redüksiyon potansiyeli farkları, İon potansiyeli, suların PH kıymetleri olan özellikler en önemli rolü oynar.

Meselâ Fe ve Mn'inoksidasyon - reduksiyon potansiyelindeki fark, sedimentler deveranda çok kerre bu elementlerin ayrı ayrı çökmesini intaç eder, halbuki bu elementler magmatik differensiyasyonda daima birlikte bulunur.

Fakat eksik atomların büyük kısmı hatta açık osean sularında bile rastlanan incecik kil tanecikleri tarafından massedilir. Bunun neticesi bu atomlar, sedimentlerin % 80 ini teşkil eden killerde bulunur.

Nehirler tarafından her sene denize getirilen kil miktarı 5.10^9 t. tahmin olunur. Bu miktar insanların istihsal ettiği senelik bilumum maden tonajının bir kaç mislidir. (Volkan indifaları ile rüzgârların sürüklediği toz miktarı da aşağı yukarı aynı büyüklüktedir).

Yüksek dispersite ve sathî aktivitesi neticesi bu kil materiyeli nehir veya deniz suyunda erimiş halde bulunan bir çok maddeyi adsorbe eder. Bu olay muayyen elementlerin deniz suyunda pek az kalmasını bile tevlit edebilir. B bu duruma bir misal teşkil eder: eskiden deniz suyunda bulunan B'un büyük kısmı kil sedimentlerinin teşekkülü neticesi bunlar tarafından massedilmiştir. Eski kil şistleri (meselâ karbonifer yaşlı) % l'e kadar B ihtiva ederler, halbuki şimdi teşekküt eden deniz killeri eskiye nisbetle daha az B ihtiva eden sularda meydana geldiklerinden B'ca dahi fakirdir.

Adsorpsiyon olayında kil taneciklerinin şarjının nev'i ve büyüklüğü, sathlarının vaziyet ve cesameti yanında, hallolmuş taneciklerin de şarj, polarize olabilme ve hidrat hacmi büyük rol oynar. Meselâ K: Na nisbeti kil şistlerinde, deniz suyunda da olduğu gibi, erüptif taşlardakinden bambaşkadır. Zira K ionunun çapı daha "büyük olup hidrat hacmi daha küçük olduğundan, kil sedimentleri tarafından,

Na'a nisbetle aynı konsantrasyonda da bulunsa çok daha fazla adsorbe olur.

Ağır metallerin kil sedimentleri tarafından maruz kaldığı adsorpsiyon da kayda değer. Tahallül neticesi sedimente- deverana giren meselâ her 10.000 Cu, Zn ve As atomundan denizde ancak 2 Cu, 6 Zn ve 50 As atomuna rastlanır. Bu adet Ağ için daha da azdır: 1.000.000 Ağ atomundan denize ancak üç tanesi varır.

Böylece bu elementler nehir ve deniz suyundan uzaklaştırılır ve bu suların zehirlilikleri gider. Bu elementler bilâfasıla denizde toplansaydı, burada yaşayan hayvanların hayatı tahdit olunmuş olurdu.

Killer için önemli olan olaylar bilhassa kolloid sistemlerin özellikleridir ve bu yüzde VERNADSKY kolloidleri, litosferle hidrofer ve almosferin hudut bilgisi diye tarif eder.

Sedimentlerin kimyasal terkininin ve bilhassa nadir element muhtevasının tam olarak bilinmesi, .petrografinin büyük bir kısmı olan metamorfizma için büyük önem taşır. Orojenez olayları neticesi bu sedimentlerin bir kısmı dünya kabuğunun derin kısımlarına sürüklenir, yani bir kristalleşme vücut bulur, metamorfizmaya uğrarlar; bu çok kerre yabancı maddelerin ilâvesi ile olur, taşın eski durumu değişir ve ekseri menşe ve eski terkin bilmez olur. İşte bu vaziyette nadir element muhtevasının tam bilinmesi yardıma koşacaktır. Petrojenezin bugün pek münakaşalı bir hususu olan ve ancak tabiatta müşahede neticesi çözülebilen granit teşekkülü meselesi, nadir elementlerin'tam olarak bilinmesiyle muhtemelen daha sahih bir mecraya girecektir.

Yazımıza son vermeden, izah etmiş olduğumuz, elementlerin devranı olay-

larının organizma faaliyeti ile ilgisine de temas edelim. Bunu hayatın bu olaylardaki payının vüs'atine işaret suretiyle yapacağız.

VERNADSKY'ye göre, organizmlerin harekete getirdiği gaz miktarının ağırlığı senede bütün atmosferinkinin bir kaç mislidir. Denizin muazzam CO₂ rezervi ile muttasıl mübadele vaziyetinde olan atmosferin CO₂ rezervi 2,1. 10¹² (Bil) t. olup yeşil bitkiler fotosentez için senede 60.10⁹ t. kullanır; bu miktar denizlere senede varan kil miktarının 10 mislidir. Teneffüsle aşağı yukarı aynı miktar CO₂ tekrar atmosfere iade edilir. Bir senede teşekkül eden klorofil miktarı 10 milyon t. (10¹² t.) civarındadır. Bu ise bir kaç 0.1 milyar t. Mg'a ihtiyaç gösterir. Bununla beraber, bu miktar Mg denizlerine nisbetle küçüktür. Zira denizdeki Mg miktarı nebatların senelik Mg ihtiyacının 100,000 mislidir.

Her sene nebatlar tarafından CO₂ ihtiyacına tekabül eden O₂ serbest bırakılır. Atmosfer oksijeninin büyük bir kısmının menşinin bu nevi olması pek muhtemeldir. Muhakkak olan, halihazır oksijen muvazenesinin bitki fotosentezi sayesinde muhafaza edildiğidir. Sedimenter Fe ve Mn yataklarının teşekkülünün bu oksijenin mevcudiyetiyle mümkün olduğunu yukarıda görmüştür. Dünya Fe istihsalinin 3/4 ü bu nevi yataklardan elde edildiğinden, Fe rezervlerinin mevcudiyetini ilk plânda bitki faaliyetine borçluyuz.

Bu nevi maden yataklarının teşekkülünde bakterilerin de çok defa önemli bir rol oynadığı, son senelerde kesin olarak isbat edilmiş bulunuyor.

Tektonik olaylar neticesi oksijeni bol bu nevi Fe ve Mn yatakları, şiddetli metamorfizmanın vukubulduğu derinliklere sürüklenirse, bu oksijenleri yüzünden asimilasyon ve diferensiyasyon

Önemli bir tesir icra eder ve böylelikle bitkilerin vermiş olduğu oksijenden bir kısmı magmatik olaylarda rol oynar. Demekki, organizmlerin tevhit ettiği madde değişiklikleri yalnız yer yüzüne inhisar etmeyip bazen derinlerde de vuku bulabilir.

Bu misal sedimenter deveranın jeokimya olayları ile, biosfer arasındaki kenetlenmeyi bariz bir şekilde göstermektedir.

Organizmlerin bir de bazı nadir element yataklarının teşekkülünde önemli rolleri vardır. Meselâ bir çok nadir elementler bitki yapraklarının küllerinde litosfere nisbetle gayet konsantre durumdadır. Ge bitki küllerinde ve binnetice taşkömür küllerinde litosferdekine nisbetle 300 defa daha çoktur (% 1 kadar). Bu nevi olaylar şiddetli metamorfizmaya uğramış ve organik bakiyesi tamamen grafitte inkılâp etmiş taşlarda, men'şe hususunu emin bir şekilde araştırmaya imkân verir.

Deniz hayvanları tarafından muayyen elementlerin terakümüne misal olarak kanında Fe yerine Cu bulunan istridyeyi gösterelim. Deniz suyunda Fe'nin azlığı, hayvanları demir grubundan V, Mn. v. s. gibi başka elementleri cezbetmeğe icbar eder. Bayağı istridyeye, kuru olarak, kilo başına 10 mg. Cu ihtiva ettiği halde, yeşil istridyede bu miktar 20 misli, yani 200 mg'dir. Bu adet nadiren 300 mg'a kadar çıkar. Bu şekilde yalnız Long Island - Sund'ta senede 7 1/2 t. Cu teraküm eder.

Bu şekilde, elementler münferiden veya grup halinde organizmler tarafından konsantre edilebilir. Ancak bu olay, taşlardakinden bambaşka kanunlara tabidir.

Sayısının muttasıl fazlaşması, faaliyetinin de artması yüzünden önemli bir jeokimya faktörü haline gelen in-

şanın vaziyeti de müşahedeye değer. Önemli bir misal verelim : insan, senede 1500.10° t. dan fazla fosil organik madde, yani kömür ve petrol istihsal eder ve bunun büyük kısmını fasılasız yakar, yani atmosfere fosilleşmiş Co₂'yi geri verir. Bu miktar şimdiden volkanik faaliyet neticesi atmosfere nüfus eden Co₂ miktarının bir kaç mislidir.

Bir kaç misalle, jeokimyanın iştigal ettiği meseleler hakkında bir fikir ver-

meğe çalıştık. Bu ilmin en enteresan tarafı şüphesiz problemlerinin geniş portesidir. Bittabi bunların çözülmesi aynı sebepten pek güçtür. Muttasıl yeni suallerle karşıkarşıya kalınır. Bu durumu Paskal'in şu cümlesiyle pek güzel ifade edebiliriz : «İnsan ilmi durmadan büyüyen bir küreye benzer; çevresinin büyüdüğü nisbette meçhulle temas noktalarının sayısı da ziyadeleşir».

B Í B L I O G R A F Y A

- R. A. ALPHER and R. C. HERMAN : (1950), Theory of origin and relative abundance of the elements. Rev. Mod. Phys. 22, 153.
- T. F. W. BARTH, C. W. CORRENS, P. ESKOLA: (1939), Die Entstehung der Gesteine. Berlin.
- F. W. CLARKE : (1924), Data of Geochemistry. Washington.
- A. FERSMANN : (1929), Geochemische Migration der Elemente. Halle.
- V. M. GOLDSCHMIDT : (1933), Grundlage der quantitativen Geochemie. Fortschr. Min. etc. 17, 112.
- The principales of distribution of chemical elements in mineral and rocks, J. Chem. Soc. 1937. 655,
- F. ULRICH und TH. BARTH : (1925), Geochemisch Verteilungsgesetze der Elemente. Oslo.
- B. GUTENBERG : (1951), Internal Constitution of the earth, New York.
- K. KALLE (1943), Der Meeres. Leipzig.
- W. KUHN und A. RITTMANN : (1941), Über den Zustand des Erdinnern und seine Entstehung aus einem homogenen Urzustand. Geol. Rundschau 32, 215.
- B. MASON : (1952), Principales of Geochemistry. New York, London.
- F. J. PETITJOHN : (1949), Sedimentary rocks. New York.
- K. RANKAMA. and TH. G. SAHAMA: (1950), Geochemistry, Chicago*
- W. H. TWENHOFEL : (1950), Principales of sedimentation, sec. edi., New York. -
- W. D. URRY : (1949), Significance of radioactivity in geophysics-thermal history of the earth. Trans, Am, Geophys. Union 30, 171,
- W. J. VERNADSKY : (1930), Geochemie in ausgewählten Kapiteln. Leipzig. (1929), La biosphere. Paris.