

Uygulamalı Jeokimya ve İnsan

NAMİK ÇAĞATAY Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Ankara

GİRİŞ

Son bir yüzyıl içerisinde bir taraftan yeryüzü nüfusunun artışı, öte taraftan endüstrileşmenin büyük bir hızla gelişmesi ve ulusların daha yüksek hayat düzeyi istemleri insanoğlunu yeni yeraltı mineral yatakları arayıp bulmaya zorlamıştır. Özellikle son 50 yılda gelişen jeokimya yöntemleri toplumların yüksek hayat düzeylerinin gerçekleştirilmesinde endüstrinin bir çok temel hammadde gereksinmesi olan yeraltı mineral yataklarını arayıp bulmak için devreye girmiştir. Mineral yatakları aramaları için geliştirilen jeokimya yöntemleri bugün aynı zamanda kentleşme, endüstrileşme, öncelikle de maden işletme ve izabeciliği sonucu ortaya çıkan çevre kirliliği sorunlarını saptama ve denetlemede kullanılmaktadır. Bunların sonucu olarak uygulamalı jeokimya bugün uygulama alanları bakımından iki büyük dala ayrılır. Bunlardan biri mineral yatakları aramalarında kullanılan "mineral yatakları arama jeokimyası" (exploration geochemistry), diğeri çevre kirliliği sorunlarına uygulanan "çevresel jeokimya" dır (environmental geochemistry). Böylece son bir yüzyıl içerisinde çeşitli evrim süreçleri geçiren jeokimya bilimi zamanla insanlığın hizmetinde çok geniş uygulama alanları bulmuştur. Burada asıl örneği oluşturan "uygulamalı jeokimyanın" uğraşlarına geçmeden önce jeokimya biliminin gelişim süreci üzerinde durulacak ve önemli bazı tanımlar verilecektir.

JEOKİMYANIN TANIMI VE GELİŞİM SÜRECİ

Jeokimya yeryuvarı ve çevresini oluşturan beş ayrı küredeki tüm kimyasal olayları inceleyen bir bilimdir. Bilindiği gibi bu küreler sırası ile taşyuvarı (lithosphère), toprakyuvar (pédosphère), suyuvar (hydrosphère), canhyuvar (biosphere) ve havayuvar (atmosphere) olup, bunları oluşturan maddelerin kimyasal içeriği elementlerin miktarları, doğal koşullarda dağılım ve hareketleri, ve bütün bunları denetleyen yasalar jeokimya biliminin konusunu oluştururlar.

Jeokimya biliminin ayrıntılı gelişimi Rankama ve Saha (1950), Goldschmidt (1954), Mason (1966) ve Correns (1969) in yapıtlarında verilmiştir. Çağdaş anlamda jeokimyanın tarihçesi yaklaşık bir asır önceye uzanırsa da, bu bili-

min jeoloji ve kimya ile doğrudan ilgili olması geçmişini çok daha eskilere götürür. Örneğin Agricola 1546 da yazdığı "De re Metallica" adlı eserinde yeryüzünde gördüğü bir çok kimyasal olayı anlatır. Leibniz, 1749'da yayınlanan "Proto-gea" adlı yapıtında kimyasal deneylerin yer bilimine uygulanmasının gerekliliği üzerinde durur. Correns'e (1969) göre çağdaş anlamda jeokimya ancak oksijen, potasyum, sodyum, kalsiyum, silisyum ve alüminyum gibi en çok var olan elementlerin ilk defa bulunmalarıyla başlamıştır. Bu elementlerden ilk olarak oksijen 1774, son olarak alüminyum 1827 yıllarında bulunmalarına karşın, jeokimya (geochemie) adı daha sonra ilk defa 1838 yılında İsveçli kimyager Christian F. Schönbein tarafından ortaya atılmıştır. Gustav Bischoff 1854'de "Kimyasal ve Fiziksel Jeolojinin Elemanları" adlı üç ciltlik eserini yayınlamıştır. Daha sonra Elie de Beaumont yerkabuğu ve meteoritlerin bileşimine giren elementlerin listesini hazırlamıştır. Fridolin von Sandberger (1826-1898) cevher minerallerinde ve tortul kayalarda iz element çalışmaları yapmıştır. Diğer taraftan Kirchoff ve Bunsen'in 1859 yılında spektroskopiyi bulmaları, spektral analiz ile yıldızların içeriği elementleri saptama olasılığını sağlamıştır. Gerek bu çalışmalar, gerekse meteoritler üzerinde yapılan incelemeler "evren jeokimyası" (cosmogeochemistry) dalının kurulmasına yol açmıştır.

A.B.D.'nde Frank W. Clarke 1884'de başlattığı çalışmaları ile mineral ,kayaç ve cevher örneklerinde element analizleri üzer'ne geniş veriler toplayarak, bunları 1889'da "Kimyasal Elementlerin Bağlantılı Bollukları" (The Relative Abundance of Chemical Elements) adlı yapıtında yayınladı. Aynı yerbilimci daha sonra 1908 yılında yazdığı "Jeokimyanın Verileri" (Data of Geochemistry) adlı eserinde, bu verileri sayıca çoğalttı. Clarke, bu eserin 1924 tarihli baskısında her bir kayacı ayrı bir kimyasal dizge olarak görmektedir. Bu dizgelerde çeşitli kimyasal değişikliklerin oluşabileceğini ve bu değişikliklerden herbirinin var olan kimyasal dengeyi bozduğunu, yeni koşullar altında dengeli yeni bir dizgenin oluşacağını belirtmiştir. Clarke, tüm bu değişikliklerin nasıl, ne zaman oluşacağını saptamanın, bunları gözleme ve sonuçlarını kaydetme işleminin jeokimyanın görevi olduğunu ileri sürmektedir. J. H. von T'Hoff (1852-1911) elementlerin dağılım kuralları üzerinde çalışmalarda bulunmuş ve ayrı-

ca tuz yataklarının oluşumunu incelemiştir. Uranyum elementinin radyoaktif özelliğinin 1896'da H. Baquerel tarafından bulunmasından sonra I.I. Thompson 1903'de izotopların varlığını kanıtlamıştır. Norveçli Vogt ve Brögger ve bunlardan az sonra Goldschmidt'in 1911'de başlattığı araştırmalar yanında Rusya'da Vernadsky ve Fersman'ın 1917'de başlattıkları çalışmalar jeokimyası bir veri topluluğu olmaktan kurtarıp bir bilim haline getirmeye yardımcı olmuşlardır. V. I. Vernadsky 1924'de Fransızca'ya çevirilen eserinde, jeokimyanın yer kabuğu ve tüm yeryuvarındaki kimyasal elementleri kendine konu olarak; elementlerin zamanımız ve geçmişteki tarihçesini, yöresel dağılımlarını incelediğini söylemiştir (Correns, 1969) A. E. Fersman tarafından 1922 yılında yapılan tanımlama ile jeokimyanın yer kabuğunda (evrenin gözlenebilen değişik bölümlerinde) bulunan elementleri inceleme amacı güttüğünü belirtmiştir. Aynı yazar jeokimyanın konularını, a) kimyasal elementlerin yer kabuğundaki niceliksel (quantitative) dağılım ve bollukları, b) değişik element topluluklarının yer kabuğunun değişik bölümlerindeki bileşimleri ve çeşitli kimyasal işlemler altında yer ve zaman bakımından dağılımı, c) elementlerin hareketleri ve çeşitli termodinamik ortam koşullarında bu hareketleri kontrol eden doğal yasalar, ve d) yer kabuğunda veya bileşikler içinde ve kristal yapılarında kimyasal elementlerin davranışları olarak sıralamıştır. Öz olarak Fersman'a göre jeokimya bilimi kimyasal elementlerin yer kabuğundaki tarihçesini ve değişik termodinamik fizikokimyasal koşullarda yer kabuğundaki davranışlarını inceler (Rankama ve Sahama, 1950). Çağdaş jeokimyanın kurucularının araştırmalarının olumlu şekilde gerçekleştirilmesi için jeokimya incelemek ve saptamak, öte yandan değişik elementlerin başka bölümlerini kimyasal bileşimlerini niceliksel olarak başında gelen V. M. Goldschmidt'e (1954) göre jeokimya biliminin en önemli amacı bir yandan yeryuvarının ve onun dağılımlarını denetleyen yasaları bulmaktır. Aynı yazar bu yacının yeryuvarını oluşturan kayalar, su, hava gibi ortamlar ile ilgili bilinçli bir analitik kimya veri birikimine, astrofiziksel ve yerin iç yapısıyla ilgili feofiziksel verilere gereksinmesi bulunduğunu belirtir.

Jeokimyanın çağdaş anlamda bir bilim dalı haline gelmesinde aşağıda sıralanan değerli buluş ve gelişmelerin önemi büyüktür:

1) Bunsen ve Kirchhoff'un 1859'da spektroskopiyi bulmalarına bağlı olarak optik emisyon spektrografi aygıtının geliştirilerek kimyasal elementlerin tanımlama ve niceliksel algılanmalarının yapılabilmesi,

2) Laue'nin 1912'de X — ışınlarının kristallerde kırılma özelliğini bulması ve böylece katı kristal maddelerin kafes yapılarının ortaya çıkarılması,

3) Mosley'in 1914'de X — ışınları yelpazesi ile elementlerin atom numaraları arasındaki ilişkiyi bulması ve X — ışınları floresans analiz yönteminin geliştirilmesi,

4) Termodinamik yasalarının ortaya konması bunlarla doğadaki element ve bileşiklerin değişik fiziksel koşullar altında dağılımları ve duraylılık derecelerinin kolaylıkla saptanması, doğadaki fizikokimyasal değişikliklerin mineral ve kayalar oluşum ve duraylılıklarının kolaylıkla hesaplanabilmesi,

5) Goldschmidt'in yoğun çalışmaları sonucu 1926'da atom ve iyonların kapları ve elektrik yükleri ile kristal yapısı arasındaki ilişkileri açıklayan kuralları bulması, böylece anorganik kristal kimyası dalının ortaya çıkması.

Jeokimya bilim dalının jeoloji ve kimya yanında diğer pek çok bilimle de ilişkisi vardır. Özellikle atom fiziği, atom kimyası, fiziko-kimya ve yerbilimlerinden petroloji ve mineraloji dalları ile olan ilişkileri daha yoğundur. Jeokimya zamanla jeoloji ve kimya bilimleri arasında bir bilim dalı olmaktan öteye, çağdaş anorganik kristal kimyası ve analitik fiziğin doğup gelişmesine öncülük yapıp, katkıda bulunmuştur (Goldschmidt, 1954).

Bugün, daha önce değinilen beş ayrı küredeki kimyasal olayları inceleyen "kayalar jeokimyası" (litho geochemistry), "su jeokimyası" (hidro geochemistry), "canlı jeokimyası" (biogeochemistry) ve "hava jeokimyası" (atmo geochemistry) olmak üzere beş ayrı jeokimya dalı vardır. Tüm bu jeokimya dallarını kuramsal açıdan kapsayan bilim dalına Evren Jeokimyası (cosmo geochemistry) adı verilir.

Burada örneğin amacı olan uygulamalı jeokimya, mineral yatakları arama jeokimyası (exploration geochemistry) ve çevresel jeokimya (environmental geochemistry) olarak ayrı iki bölüm halinde incelenecektir. Bu her iki uygulamalı jeokimya dalı yukarıda adı geçen beş ayrı jeokimya dallarının uygulamasını yaparlar.

MİNERAL YATAKLARI ARAMA JEOKİMYASI

Jeokimyasal yöntemlerle mineral arama beş ayrı küredeki doğal maddelerin bazı kimyasal özelliklerinin dizgeli ölçümlerinden faydalanarak maden ve hidrokarbon yataklarını arama işleridir. Jeokimyasal maden arama yöntemlerinin tarihi çok eskilere uzanır. Bunlardan yeraltı su eriyiklerinin oluşturduğu çökellerin ve tavalama (panning) yoluyla elde edilen ağır minerallerin tanınmasından giderek maden yataklarının aranması yöntemleri çok eskiden beri uygulanmaktadır. Eski madenciler aynı zamanda bazı bitki türleri dağılımını da maden aramalarında kullanmışlardır. Tüm bu yöntemlerin uygulanmalarında gözle algılama ile yetinilmiştir. Bugün kullanılan jeokimyasal arama yöntemleri ise kayalar, dere ve sahil kumları, toprak ve bitki gibi aynı ortamlardan alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçlarından faydalanarak sonuca ulaşmaktadır.

Çağdaş jeokimyanın maden aramalarına ilk uygulamaları 1930'larda başlamıştır (Hawkes, 1976). Bu tür çalışmalar Sovyetler Birliği'nde Flerov, Fersman ve Vernadsky gibi yerbilimciler tarafından başlatılmıştır. Aynı yıllarda İskandinavya ülkelerinde Goldschmidt, Vogt, Rankama gibi jeokimyaçılar jeokimyanın maden aramalarına uygulamalarının ilk örneklerini vermişlerdir. İkinci dünya savaşından sonra İngiltere'de Webb, Kanada'da Warren ve A.B.D.'de Oawkes Avrupa, Amerika ve Afrika kıtalarında yaptıkları çalışmalarla uygulamalı jeokimyasal yöntemlerin yeni mineral yatakları arama ve bulmada vazgeçilmez öğeler olduklarını kanıtlamışlardır. Bu yöntemlerin kısa zamanda kullanılıp yaygınlaşmasının önemli nedenleri şunlardır:

a) Maden ve hidrokarbon yatakları ile ilgili birincil ve ikincil elementsel dağılım zonlarının (dispersion halos) tanınması, oluşumlarının kısmen aydınlatılması,

b) Ucuz, seri ve duyarlı kimyasal analiz yöntemlerinin geliştirilmesi ve kullanılması. Öncelikle optik emisyon spektroskopisinin büyük gelişmeler göstermesi. Daha sonra "Dithizone"nin kolorimetrik ağır metal analizlerinde kullanılması. Atomik absorpsiyon spektroskopinin çok sayıda element

için ucuz ve seri analizleri gerçekleştirmesi. Geliştirilen gaz kromatografisinin değişik örnekleme ortamlarının anorganik element ve bileşiklerinin, ayrıca hidrokarbonlarının analizlerinde yaygın şekilde kullanılması,

c) Laboratuvar gereçlerinin geliştirilmesi. Örneğin rezin, teflon ve polietilenden yapılan ucuz ve daha kullanışlı çeşitli laboratuvar gereçleri yanında, otomatik pipet, ependorf gibi aygıtların daha seri analizlerin yapımını sağlamaları,

d) Bilgi sayarların geliştirilmesi ve jeokimyasal verilerin bu cihazlarla yeni istatistiksel ve bilgi işlem yöntemlerini kullanarak değerlendirilmeleri.

Jeokimya yöntemlerinin mineral yatakları aramalarındaki önemi her gün biraz daha artmaktadır. Son yapılan çalışmalarla sayet dünya nüfus artışında bir yavaşlama sağlanamazsa, dünya mineral ihtiyacının yılda % 3,6 — 5,5 bir hızla artarak 18 yıl sonra dünya mineral gereksinmesinin bugünküünün iki katına çıkacağı olası görülmektedir (Govett, 1977). Üçüncü dünya ülkelerinin kişi başına düşen mineral gereksinmesi cinsinden gelişme hızları 30 yıl sonra bugün A.B.D.'ndekine eşit duruma gelecek şekilde hesaplanırsa, 2000 yılında dünya mineral üretiminin bugünküünün 30 katına çıkması gerekmektedir. Tüm bu varsayımlar insanlığın gelecekte hammadde kaynakları açısından dar boğazlarla karşılaşacağını ortaya koymaktadır. Buna yüzeyleme gösteren veya yeryüzüne yakın bulunan mineral yataklarının gün geçtikçe azalması sonucu mineral aramalarının yerin daha derin kesimlerine kayması da eklenirse, gelecekte yeni mineral yataklarının aranıp bulunmasında jeokimya bilim dahna düşen görevlerin önemi de kendiliğinden ortaya çıkmış olur.

Jeokimyasal mineral arama yöntemleri jeokimyasal örneklerin alındığı kürelere göre aşağıda beş ayrı bölümde incelenecektir.

Kayaç Jeokimyası Yöntemleri

Kayaç jeokimyası yöntemleri toplam kayaç veya kayaç içerisindeki belirli minerallerin kimyasal analizleri ile yapılır. Genel kayaç jeokimyası etütleri çoğunlukla bazı elementlerce zengin jeokimyasal kuşakları ve belirli maden yatakları bakımından zengin metalojenik veya hidrokarbon yataklarının zengin olduğu bölgeleri ortaya çıkarmak için geniş aralıklı örnek alımı ile gerçekleştirilir. Bu tür bölgesel etütler ile Sovyetler Birliği ve Kanada gibi ülkelerde olumlu sonuçlara varılmasına karşın bu genel yöntemlerin sonuca ulaşmadaki etkinliği tartışma konusudur. Tartışma nedeni ise seçilen kayaç örneklerinin ancak alındığı nokta veya çok yakın çevresini temsil etmesidir.

Ayrıntılı kayaç jeokimyası yöntemleri maden ve hidrokarbon yatakları ile ilgili birincil elementsel dağılım zonlarının (primary halos) saptanması temeline dayanır. Nisbeten yüksek sıcaklık ve basınç altında, düşük su ve karbondioksitli ortamda oluşan bu elementsel zonların, aranan yatağın özel oluşum koşulları, jeoloji ve tektonik yapısıyla olan ilişkilerinin saptanması gereklidir. Bu tür araştırmalar ayrıntılı kayaç jeokimyası yöntemlerinin gelişme ve kullanımına büyük katkıda bulunacak, özellikle de bu yöntemleri örtülü mineral yataklarının bulunmasında etkili olacaktır. Bu tür yöntemlerin Doğu Karadeniz Bölgesinde örtülü sülfid yatakları aramalarında başarı ile kullanılabileceği kanıtlanmıştır (Çağatay ve Boyle, 1977).

Kayaç jeokimyası yöntemlerine son yıllarda büyük önem kazanan kurşun ve kükürt izotop çalışmaları ile sıvı kapanımları üzerinde yapılan çeşitli jeokimyasal çalışmaların ek-

lenmesi gerekir. Kurşun izotopları üzerinde yapılan araştırmalar kurşun-çinko zuhurlarının değerlendirilmesinde çok faydalı olmaktadır (Doe ve Stacey, 1974). Kükürt izotopları üzerinde yapılan çalışmalar ve sıvı kapanımları ile yapılan sıcaklık ve yoğunluk ölçümleri zuhuru oluşturan eriyiklerin hareket yönlerinin ve cevherleşme olanaklarının ortaya konmasında kullanılmaktadır (Roedder, 1972).

Toprak Jeokimyası Yöntemleri

Toprak ve bozuşma sonucu toprağı oluşturan kayalar arasında doğrudan ve basit jeokimyasal ilişkiler bulunur. Toprak jeokimyası yöntemleri incelenen örnek ortamları olarak yerinde kalmış (residual), taşınmış (transported) toprakları ve buzul çökellerini (till) alır. Bu yöntemler daha çok izleme (follow up) ve ayrıntılı jeokimya etütlerinde cevherleşme bölgesinin sınırlarının saptanmasında, maden ve hidrokarbon yataklarının yerlerinin belirlenmesinde kullanılır. Bu durumda yerinde oluşmuş yani taşınmamış topraklar en güvenilir örnek ortamları olarak bilinirler. Çoğunlukla toprağın B zonu, bazen de A zonu örnek alınmasında kullanılır. En uygun toprak zonu, tane büyüklüğü, örneğin kimyasal analiz için eritme yönteminin saptanması ve element dağılımını daha iyi anlayabilmek üzere derinlik hat örneklerinin alınması asıl etüde başlamadan önce yapılmalıdır. Değerlendirme evresinde hidromorfik element dağılımı ve yamaç kayması gibi öğelerin göz önünde tutulması gereklidir. Buzul çökellerinin yaygın bulunduğu Kanada ve İskandinav ülkelerinde bu çökeller de başarıyla kullanılmaktadır (Ridley ve Shilts, 1974; Brundin ve Bergström, 1977). Buzul çökellerinde sinjenetik ve epijenetik olmak üzere iki tür element dağılımı bulunur. Çökeltilerde yapılan etüt sonuçlarının değerlendirme sorunları büyük kapsamlı olup; bu sorunları çözümlemede herşeyden önce bölgenin buzul tarihçesinin iyi bilinmesi gerekir. Son yıllarda toprakların hidrokarbon analizlerine dayanan petrol arama yöntemleri de ağırlık ve yaygınlık kazanmaktadır.

Su Jeokimyası Yöntemleri

Su jeokimyası yöntemleri doğal suları, bunların çökellerini, dere ve göl tortullarını ve kar örtülerini örnek ortamı olarak alan jeokimyasal maden arama etütlerini kapsar.

Dere tortul örneği alındığı yerin yukarı kesiminde bulunan ana kayaç ve toprağın fiziksel ve kimyasal yoldan aşınmaya uğraması sonucu taşınarak gelen kırıntı ve çökellerden oluşur. Bu durumda bir dere tortul örneğinin çok geniş bir alanı temsil edebileceği düşünülmektedir. Dere tortullarını örnek ortamı olarak seçen genel etütler yaklaşık 1 km²'ye bir veya daha az örnek düşecek şekilde düzenlenir. Böylece bu etütlerde az sayıda örnek ile çok geniş alanlar taranabilir. Dolayısıyla dere tortullarıyla yapılan jeokimya etütleri dünyada en ucuz ve en yaygın olarak kullanılan yöntemlerdir. Bu etütler ile dünyada bir çok metalojenik ve jeokimyasal kuşakların belirlenmesi gerçekleştirilmiştir (Nichol ve diğerleri, 1966). Ayrıntılı dere tortul jeokimyası etütleri ise bir çok türde maden yatağının bulunmasına yararlıdır.

Son çeyrek yüzyılda "Dithizone" ile yapılan su analiz yöntemleri yardımı ile su jeokimyasal maden aramalarına uygulanması büyük hız kazanmıştır. Ancak su bir jeokimyasal örnek ortamı olarak toprak ve dere tortullarından daha az kullanılmaktadır. Bunun başlıca nedenleri su analiz yöntemlerinin düşük algılama sınırı gereksinmesi ve su jeokimyasının sıcaklık ve yağışa bağlı olarak güncel ve mevsimsel değişimler göstermesidir. Sularda Eh — pH ölçümleri yanında son yıllarda SO₄²⁻, F⁻, Cl⁻ gibi anyonların miktar ve oran-

ları maden yataklarının aranmasında olumlu sonuçlar vermiştir. Özellikle son yıllarda Kanada gibi ülkelerde dere, kuyu ve göl suları uranyum ve temel (base) metal aramalarında örnek ortamı olarak kullanılmaktadır (Doyle ve diğerleri, 1966; Dyck, 1976). Büyük bir kesiminin göllerle kaplı olduğu Kanada Kalkanı'nda göl çamurları ile yapılan jeokimyasal etütler uranyum ve sulfid aramalarında başarılı sonuçlar vermiştir (Allen ve diğerleri, 1973; Cameron, 1977).

Deniz ve okyanuslarda günümüzde oluşan deniz çökelleri ve deniz suyu ile yapılan jeokimyasal çalışmalar bu ortamlarda bulunan mineral oluşumlarını aramaya yarayan etkin jeokimyasal yöntemlerin gelişmesini sağlamıştır. Bu yöntemler deniz ve okyanuslardaki manganez oluşumları ve Kızıl Deniz tabanında rastlanan çeşitli metallere zengin tortullara benzer oluşumların aranmasında kullanılmaktadır (Tooms, 1969; Cronan ve Tooms, 1969; Bignell ve diğerleri, 1974; Cronan ve diğerleri, 1976). Kara Deniz'in su ve taban tortulları üzerinde yapılan çalışmalarla Kara Deniz çamurlarının uranyum bakımından zengin olduğunun saptanması da bu yöntemlerin uygulanmasına örnek oluşturur (Degens ve diğerleri, 1977).

Petrol havzalarındaki sular üzerinde yapılan jeokimyasal çalışmalar su jeokimyası etütlerinin petrol aramalarında da başarı ile kullanılabilmesini göstermiştir (Collins, 1974 ve 1975). Denizlerde doğal petrol sızıntılarının karbon ve kükürt izotop yapıları, hidrokarbon bileşim ve iz elementlerinin analiz sonuçları bu sızıntıların kaynaklarının saptanmasında olumlu yönde kullanılmaktadır (Reed ve Kaplan, 1977).

Geniş alanların yığın büyük kısmında karlarla kaplı olduğu ülkelerde kar örneklerinin jeokimyasal etütlerde kullanılması araştırılmış; ancak bu etütlerin cevherleşme özelliği çok iyi bilinen küçük sahalarda, ayrıntılı arama çalışmalarında uygulanabileceği kanısına varılmıştır (Jonasson ve Allen, 1973).

Biyojeokimyasal ve Jeobotaniksel Yöntemler

Bitkilerin kimyasal analizlerinden faydalanarak maden aramalarının yapılabileceğini ilk defa Goldschmidt ileri sürmüştür. Goldschmidt 1930'larda ormanlık bölgelerin humusça zengin topraklarının iz elementlerce de zengin olduğunu gördükten sonra bu sonuca varmıştır. Bu yöntemler daha sonraki yıllarda gelişip yaygınlaşarak biyojeokimyasal yöntemler adı altında yer bilimlerine girmiştir.

Jeobotaniksel yöntemler mineral yataklarının aranmasını bitki türlerinin dağılım ve morfolojilerini inceleyerek yapar. Yalnız gözle algılanmaya dayanmasından ötürü biyojeokimyasal yöntemlerden ayrıcalık gösterir. Ancak her iki yöntem grubunun dayanağı olan bilimsel kurallar aynıdır. Her iki yöntem grubu da bitki köklerini, içinde buldukları toprak ve kayalardan anorganik tuzlar alan araçlar gibi görerek; ana kayaç ve toprak jeokimyasını yansıtan bu tuzların bitki dağılımını ve morfolojisini olumlu veya olumsuz yönde etkilediğini kabul eder. Ancak bu tür yöntemlerin başarılı olmasında elementlerin bitki kökleri tarafından kolayca alınabilir bileşikler halinde bulunup bulunmaması, ayrıca inceleme konusu bitkilerin büyüme ve beslenmesi konularının iyi ve ayrıntılı şekilde bilinmesi gereklidir.

Yüksek düzeylerde kükürt, selenyum, bakır, çinko, kurşun ve nikel gibi elementleri yapısında biriktiren bitki türleri çok eskiden beri botanikçi ve prospektörler tarafından bilinmektedir. Bu belirteç bitki türlerinin dağılım ve morfolojilerinden elde edilen veriler yukarıda kısaca değinilen metalleri

içeren maden yataklarının aranmasında kullanılmaktadır (Brooks, 1972). Bazen de bitki türlerinin yaşadığı ortamda yüksek düzeyde belirli elementler bulunursa, bitkiler bu elementlerden yapılarına fazlaca almak zorunda kalırlar. Bu durumda yüksek düzeyde alınan elementlere bitkileri zehirleyerek ölümlerine veya ayrı bir morfoloji oluşturmalarına neden olur. Bu gibi bölge ve yörelerin hava fotoğrafları, kırmızı ötesi (infrared) spektrokopisi gibi uzaktan algılama yöntemleri ile sınırları belirtilerek; buralarda maden arama çalışmaları yapılır.

Bazı bitkilerin içeriği iz elementler üzerinde 1930 lardan beri çalışılmaktadır. Bilindiği gibi mineralize bölgelerde karşılaşılan bitkiler çoğunlukla cevherleşmenin içeriği metalleri normal koşullarda büyüyen aynı tür bitkilerden daha yüksek düzeyde biriktirirler. Değişik bitki türlerinde çeşitli elementlerin zemin (background) değerlerinin saptanması sonucu elde edilen verilerin, etüt sahası verileri ile karşılaştırılarak anomali oluşturan mineralize alanlar kolaylıkla belirlenmiş olur.

Biyojeokimyasal ve jeobotaniksel yöntemler daha çok toprak ve bitki örtüsünün yaygın olduğu bölgelerde kullanılırlar. Ancak toprak ve dere tortullarını örnek ortamı alan jeokimyasal yöntemlerin daha ucuz, seri ve sağlam sonuçlar vermesi, biyojeokimyasal yöntemlerin gelişmesini kısmen de olsa engellemiştir.

Ayrıca burada çok kısada olsa "Mikrobiyolojik mineral arama yöntemlerine" değinmek gerekir. Su, toprak ve kayalarda çeşitli bakterilerin değişik koşullarda gelişip ürdükleri bilinmektedir (Kuznetsov, 1962). Sülfid ve sülfatlı ortamlarda yaşayan bakteriler bunların en iyi bilinen örneklerini oluştururlar. Bunların türlerinin belirlenmesi mineral aramalarında uygulama alanı bulmuştur (Boyle ve Garrett, 1970). Ancak bu yöntemler çok yeni olup; mineral aramalarına başarı ile uygulanabilmeleri için bu konuda çok araştırma gerekmektedir.

Hava Jeokimyası Yöntemleri

Hava jeokimyası yöntemleri havayı jeokimyasal örnek ortamı olarak alırlar. Havayuvarda bulunan cıva, halojenler, radon helyum, kükürt ve bileşikleri, hidrokarbon bileşikleri gibi gazların analizlerinden gidilerek maden ve petrol yatakları aranır. Kükürtdiyoksit, hidrojen sülfid, cıva, fluor ve iyod gibi gazlar çeşitli cevherlerin oksidasyonu sırasında açığa çıkarlar. Bu gazların bir bölümü kil ve organik madde tarafından soğurulur (absorbe edilir), bir kısım da havaya dağılır. Uranyum yatakları civarında radon ve helyum gibi gazlar açığa çıkar. Tüm bu gazların yeryüzüne yakın hava ve toprak içi havasında miktarlarını ölçmek için çok kullanışlı arazi ölçüm yöntemleri bulunmuş ve bu konuda kullanışlı aygıtlar geliştirilmiştir. Gaz kromatografisi yöntemleri ile hidrokarbon ve diğer uçucu element ve bileşiklerin miktarları kolayca ölçülebilir. Daha çok doğu bloku ülkelerinde toprak içi gazlarının analizlerine dayanan yöntemler petrol yatakları aramalarında kullanılmaktadır (Boyle ve Garrett, 1970).

Havayuvanın tabanına yakın kesimlerinde havadaki organik ve anorganik parçacıkların analizlerine dayanan yöntemler "hava katı parçacıkları jeokimyası" olarak adlandırılır. Havadaki katı parçaları toplamak ve analiz etmek için Kanada'da Barringer Research Ltd. tarafından uçakla uçurulan ve "Airtrace" adı verilen bir aygıt geliştirilmiştir. Ayrıca hava jeokimyasal algılama yöntemleri içine gamma ışın-

ları spektrometrik ve havadan algılamak nötron aktivasyon yöntemlerinin de katılması gerekir.

Özellikle Sovyetler Birliği'nde yapılan gözlem ve araştırmalar hava jeokimyası yöntemlerinin yer altı kaynakları aramaları yanında depremleri önceden haber almada kullanılabilirliğini göstermiştir. Yerin düzenli gaz veriş işlemine (degassing) bağlı olarak oluşan karbondioksit, hidrojen, helyum, metan, nitrojen, civa ve radon gibi gazlar çok derin kökenli olup; derin fay dizgeleri boyunca hareket ederek yeryüzüne ulaşır ve böylece bu önemli fay zonlarını belirlemiş olurlar. Bu doğal gazların bileşim ve akım derecesi o yöredeki yer sıcaklığının eğimine (geothermal gradient), yani tektonik, volkanik ve magmatik eylemlere bağlıdır. Belli yörelerde doğal gazlar üzerinde yapılan uzun süreli gözlemler yer hareketlerinin sakin olduğu devrelerde gazların kimyasal bileşimi, izotop bileşimi ve nicelikleri bakımından çok az değiştiğini, ancak tektonik etkinliğin arttığı zamanlarda bu değişkenlerde çok şiddetli değişimler olduğunu saptamıştır (Fursov ve diğerleri, 1968; Ereneeve ve diğerleri, 1973). Örneğin, Sovyetler Birliği'nde 1966'da Anapa depremi sırasında bir civa yatağı üzerindeki karbondioksit oranı üç kat artmış, ve ayrıca karbon 13 izotopunun oranı % 2,92'den % 2,37'ye düşmüştür (Ovchinnikov ve diğerleri, 1973). Yine 1966'da Taşkent depremi sırasında gözlem sondajı suyunda helyum gazının niceliğinin 12 kat arttığı saptanmıştır (Gorbushina ve diğerleri, 1971). Böylece gaz akımının kayalar üzerindeki hareketli (dynamic) basıncın yükselmesi ile beraber artarak deprem sırasında en yüksek düzeye ulaştığı kanıtlanmıştır. Bu gözlem ve araştırmalar sismikçe etkin bölgelerde gaz akım ve bileşenlerinin sürekli ve düzenli ölçümlerinin depremlerin zaman ve yerlerinin saptanmasında kullanılmasını ve çoğunlukla örtülü bölgelerde yapısal jeoloji haritaları yapımında uygulanmasını sağlamıştır. Bugün "gaz jeokimyası" veya "hava jeokimyası" (vapour geochemistry veya atmogeochemistry) bu gibi çalışmalarda yaygın olarak uygulanmaktadır.

ÇEVRESEL JEOKİMYA

Doğanın canlılarını oluşturan insan, hayvan ve bitkiler birbirleri ve çevreleriyle denge içinde bulunurlar. Günümüzde bir taraftan nüfusun, öte taraftan endüstrileşmenin artması ile koçut olarak çevre sorunları da artmıştır. Böylece çevresel denge bozulmaya yüz tutmuş, bunun sonucu olarak çevre bilim (ecology) önem kazanmaya başlamıştır. Çevre kirlenmesinin bir bölümü maden işletmeciliği ve izabesi, değişik sanayi dallarında işletmeye açılan fabrikalar gibi insan uğraşlarından kaynaklanarak ortaya çıkar. Diğer bölümü doğal yollardan oluşup, jeokimyasal ve metalojenik bölgelerde metal ve minerallerin yoğun olarak bulunmasına bağlıdır.

Çevre kirlenmesinin neden olduğu sorunların saptanması ve denetlenmesinde jeokimya bilim dalına önemli görevler düşer. Elementlerin yerel dağılımları insan, hayvan ve bitkiler üzerinde görülen çeşitli hastalıkların dağılımları arasında yakın ilişkiler vardır (Webb, 1971). İz elementlerin sağlık ve beslenme üzerindeki etkileri eskiden beri bilinmektedir (Underwood, 1971). İnsan, hayvan ve bitkiler üzerinde görülen bu dengesizlikler her üç canlı türünü de doğadaki yiyecek zincirinden ötürü birbiriyle ilişkili olarak doğrudan veya dolaylı olarak etkiler. Örneğin, bünyesinde civa biriktirebilen bir su yosunu türünü yiyen balıklar bağışıklık kazanarak bu elementi yüksek miktarlarda yapılarına alabilirler. Bu balıkların insan tarafından yenmesi zehirlenmelere neden olabilir. İnsanın jeokimyasal çevresiyle, yani yoresindeki su, yiyecek,

toprak, toz, kayaç ve havadaki iz element dağılımları ile olan ilişkilerinin önemi son yıllarda yapılan araştırmalarla ortaya konmuştur. (Webb, 1964 ve 1971; Thornton, 1974 ve 1975). Jeokimyasal çevreyi daha iyi anlayabilmek ve denetimini sağlamak üzere mineral arama için geliştirilen yöntemler bugün doğal ve yapay yoldan oluşan element dengesizliklerinin bulunduğu bölgeleri saptamak; bu elementler ve hastalıklar arasındaki coğrafik ilişkileri bulmak için kullanılmaktadır. Bu sorunların çözümünde ana kayaç, toprak, hava, yiyecek ve içecek maddelerinde temel iz element düzeylerinin saptanması için geniş veri birikimi gereklidir. Ancak bu doğal iz element düzeyleri belirlendikten sonra, kentleşme ve endüstrileşmenin neden olduğu kirliliğin kapsam ve oranı hesaplanabilir. Canlı sağlığı ile iz element dağılımları arasındaki ilişkiler konusunda yapılan çalışmalar ancak çevre bilimci, botanikçi, sağlık uzmanları ve jeokimyacıların birlikte uğraşmaları ile başarıya ulaşabilir. Pek çok ülkede bu konuda gerekli girişimler yapılmış olup, çalışmalar başarı ile yürütülmektedir. İngiltere'de Imperial College bünyesinde Uygulamalı Jeokimya Araştırma Gurubu (Applied Geochemistry Research Group) tarafından tüm İngiltere, Galler ve Kuzey İrlanda'nın yaklaşık her mil kareye bir dere tortul örneği düşecek şekilde genel jeokimyasal atlasları yapılmıştır. Bu çalışmanın sonuçlarına göre çevre kirlenmesi yönünden ivedilikle üzerine eğililmesi gereken bölge ve yöreler saptanmış ve daha ayrıntılı etütlerine başlanmıştır (Webb ve diğerleri, 1973; Webb, 1975). Maliyetleri açısından ucuz olan bu atlaslar, jeokimyasal ve metalojenik bölgeleri belirlemesi yanında yapay yoldan oluşturulan kirliliğin görüldüğü bölge sınırlarını saptamada çok amaçlı olarak kullanılabilir.

JEOKİMYA ve TARIM

Bitki ve hayvanlarda beslenme, hastalık, verimsizlik ve kısırılık gibi olayların iz elementlerle yakından ilişkili olabileceği eskiden beri bilinmektedir. Bu olayların bir ülkenin ekonomisine olan olumsuz etkileri oldukça büyüktür. İngiltere ve Kuzey İrlanda'da dere tortulları üzerinde yapılan jeokimyasal etüdler sonucu elde edilen iz element dağılımları ile hayvan ve bitki hastalıkları arasında yakın ilişkiler bulunduğu görülmüştür. Bu ülkelerin bazı yörelerinde hayvanların selenyum, arsenik ve kurşun gibi elementlerle zehirlenmeleri yanında düşük bakırın sebep olduğu hastalıklar ve toprakta manganez azlığının neden olduğu tahıl hastalıkları saptanmıştır (Webb ve diğerleri, 1964; Thornton, 1968).

Beslenmede önemi belirlenmiş elementlerden biri selenyumdur. Selenyum ile E vitamini arasındaki yakın ilişki bulunduğundan sonra, hayvanlarda beyaz kas hastalığı nedeninin selenyum eksikliği olduğu görülmüştür. (Muth, 1967). Bunun üzerine Yeni Zelanda'da küçük baş hayvan yiyeceklerine selenyum bileşikleri katılmaya başlanmıştır. Frost, 1967). Bu hastalığın sadece kuzey batı A.B.D.'inde neden olduğu zararın 1967 değeriyle on milyon dolar civarında olduğu söylenmektedir. Diğer taraftan aynı hastalığın 1967 yılında 30 ayrı ülkede görüldüğü ve büyük zararlara yol açtığı bilinmektedir. Aynı elementin normal değerlerin üzerinde alınması da siroz (liver cirrhosis) gibi bazı hastalıkların nedenidir. Hayvanlar iz elementleri yedikleri bitkilerden ve içtikleri sudan aldıkları gibi, önemli bir kısmını da bitkilerle birlikte yuttukları topraktan alırlar. Thornton (1974), otlayan bir hayvanın yediği katı maddenin yüzde 1 ila 10 arasında değişen oranlarının toprak olduğu ve bunun günde 140 ila 1400 gram toprağa eşit bulunduğunu söyler. İngiltere balık üretme çiftliklerinde yapı-

lan araştırmalar yüksek düzeyde metal içeren su ve tortul ortamlarda yaşayan balık ve istiridyelerin insanlar için zehirli sayılacak miktarlarda civa, bakır, kurşun, çinko ve kadmiyum gibi ağır metalleri bünyelerinde biriktirdikleri görülmüştür (Boyden, 1973). İstiridye ve balık yavrularının büyüklük ve yaşama sürelerinin bünyelerinde içerdikleri ağır metal miktarları ile yakından ilişkili olduğu yapılan araştırmalarla ortaya konmuştur (Brereton ve diğerleri, 1973). Karasularında ve deniz kıyılarında kurulan balık üretme çiftliklerinde uygulanan jeokimya etütleri ile balık-bitki-su ve tortul yiyecek zinciri ilişkileri saptanır. Böylece elde edilen bulgular hem verimi artırmada hem de insan sağlığını denetim altına almada kullanılır.

JEOKİMYA ve İNSAN SAĞLIĞI

Bilindiği gibi insan su, besin maddeleri ve hava ile birlikte sindirim ve solunum yoluyla bazı iz elementler de alır. Bu elementlerin fazla veya eksik miktarlarda alınması insan beslenmesi ve sağlığı açısından çok önemlidir. Jeokimyasal çevre ile insan hastalıklarının coğrafik dağılımı arasında belirgin uyumluluklar görülür. İnsan içtiği suyun içeriği bazı iz elementler insan yapısını türlü şekillerde etkileyebilir. Bazı yre sularında fazla flor bulunması "fluorosis" hastalığı, bu elementin azlığı da dişlerde çürümeler şeklinde kendini gösterir. İyodun azlığı ile guatr (goitre) hastalığı görülmeye başlar. Tüm bu bulgular su jeokimyasını insan sağlığı ile olan ve doğrudan ilişkilerini kanıtlayan en iyi örneklerdir.

Kurşun, inko, kadmiyum ve kobalt gibi ağır metal derişimleri bir yandan endüstriyel yörelerde, öte yandan doğal olarak bazı jeokimyasal ve metalojenik kuşaklarda oluşurlar. Kesin olmamakla birlikte bu elementlerin de çeşitli insan hastalıkları ile olan ilişkileri bilinmektedir. Bunlardan kurşunun doku sertliği (multiple sclerosis), kadmiyumun yüksek tansiyon (hypertention) ve damar tıkanıklığı (atherosclerosis) hastalıklarına neden olduğu söylenmektedir (Webb, 1975). Ayrıca su sertliğinin kalp ve damar (cardiovascular) hastalıklarını oluşturduğu ileri sürülmektedir (Crawford ve diğerleri, 1968). Galler'de yapılan bazı çalışmalarla bahçe toprakları bakır/çinko oranı ile aynı yörede rastlanan mide kanseri arasında yakın ilişkiler bulunduğu sanılmaktadır (Stocks ve Davies, 1964).

SONUÇ VE ÖNERİLER

1930'lardan beri mineral aramaları için geliştirilen ve kullanılan uygulamalı jeokimyasal yöntemler bu görevleri yanında son 15 yıldan bu yana çevre sorunlarını da tanıma ve denetlemede başarı ile kullanılmaktadırlar.

Türkiye'de M.T.A. Enstitüsü bünyesinde jeokimya maden arama yöntemleri 1960'ların başlarından beri uygulanmaktadır. Yapılan etütlerin çoğu km²'ye yaklaşık bir veya iki dere tortul rneği düşecek şekilde yapılan genel çalışmalar dır. Ancak son bir kaç yıl içinde toprak ve kayaç örnekle-riyle daha ayrıntılı jeokimya etütleri başlatılmıştır. Buna karşın hava (gaz) jeokimya etüdü ülkemizde hemen hiç uygulanmamıştır. Su jeokimyası ancak M.T.A. Enstitüsünün Birleşmiş Milletler'le birlikte yürüttüğü iki projede uygulanmıştır. Bugüne dek Türkiye'de uygulanmamış "toprak gazı" jeokimya yöntemlerinin bundan böyle uygulanması özellikle örtülü metalik maden yatakları, uranyum ve petrol yataklarının aranmasında çok faydalı olacaktır. Hava veya gaz jeokimyasının sismik bakımdan çok etk'in olan Türkiye'de dep-remlerin yer ve zamanının önceden algılanması ve yapısal jeoloji etütleri alanlarında da çok geniş uygulama alanları ol-ması gerekir

kimyasının sismik bakımdan çok etk'in olan Türkiye'de dep-remlerin yer ve zamanının önceden algılanması ve yapısal jeoloji etütleri alanlarında da çok geniş uygulama alanları ol-ması gerekir

Jeokimyanın çevre sorunları alanında Türkiye'deki uygulamaları sınırlı kalmıştır. Yapay yoldan günümüzde oluşan çevre kirlenmesi sorunlarıyla ilgili Sümerbank'ın çalışmaları olmuştur. Bu kuruluş 1974'de hava kirliliği üzerine bir çevirisi yanında 1975'de Bursa'da düzenlediği "endüstri artıkları" konulu seminer notlarını yayımlamıştır. Ayrıca niversitelerde bitki, besin ve endüstriyel maddelerin toksikolojisi ile ilgili araştırmaların bazıları yayımlanmıştır (Güley, 1953 ve 1960; Güray, 1966; Vural, 1973). Büyük kentlerin, özellikle Ankara'nın hava kirliliği konusunda yapılan yayımlarla genel anlamda çevre kirlenmesine karşı yüzeyde bir kamuoyu oluşturulmuştur. Kömür, linyit ve yakıt yağının yakıt olarak kullanıldığı yörelerde kktrt yanında yüksek düzeyde çinko, kadmiyum, kurşun, selenyum ve arsenik gibi zehirli elementler de havaya karışmakta ve tüm çevre (hava, toprak, su ve yiyecekler) bu gibi zararlı elementlerle kirlenmektedir. Öte yandan bu kirliliği otomobil ekzoslarından ve fabrika bacalarından çıkan gazlar artırmaktadır. Büyük kentleşmelerin oluştuğu yerlerde hava ve toprakta kktrt yanında diğer ağır ve uçucu metaller için analiz yapılması gerekmektedir.

Türkiye'de jeokimyanın çevre sorunlarına diğer uygulama alanları şunlar olmalıdır:

1) Maden İşletme ve izabeciliğinin yapıldığı yöreler (rneğin, Murgul ve Ergani bakır yatakları civarı, Kırka ve Emet borat yatakları civarları gibi),

2) Endüstrinin yaygın ve yoğun olarak bulunduğu yöreler, kıyı ve körfezler (rneğin, İzmit civarı, İzmit ve İskenderun körfezleri, Marmara Denizi'nde borik asit fabrikasının bulunduğu Bandırma yöresi gibi),

3) Doğal element birikimlerinin görüldüğü yöreler (rneğin, Doğu Karadeniz Bölgesi gibi),

4) Bazı hastalıkların yoğun olarak görüldüğü yöreler. Örneğin, Gülşehir'in Tuzky'nde yaygın olarak görülen akciğer kanserine bazı ince, çubuk b'imli eriyonit ve şabazit gibi zeolit minerallerinin neden olduğu sanılmaktadır (O. Arda, 1978, sözlü görüşme). Bu tür yörelerde jeokimyasal etütlerin yapılması konuya ışık tutacaktır.

Yukarıda değinilen yöreler ve bölgelerde jeokimyasal ortamdaki iz elementler ile insan, hayvan ve bitki hastalıklarının coğrafik dağımları arasındaki ilişkilerin bulunup ortaya çıkarılmasını ulusal ekonomiye olan katkıları büyük olacaktır. Çevre kirlenmesini tümüyle durdurmak olasılığı çok azdır. Ancak onun etkilerini azaltmak ve denetim'ni sağlamak için M.T.A. Enstitüsü, Etibank, Sümerbank, Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Sağlık Bakanlığı ve diğer ilgili kuruluşların birlikte çalışmaları çok daha verimli olacaktır.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Allen, R.J., Cameron, E.M., ve Durham, C.C., 1973, Reconnaissance geochemistry using lake sediments of a 36.000 square mile area of the northwets Canadian Shield (Operation Bear - Slave, 1972): Geol. Surv. Canada Paper 72-50, 70 s.
- Bignel, R.D., Tooms, I.S., Cronan, D.S. ve Horowitz, A., 1974, An additional location of metalliferous sediments in the Red Sea: Nature, vol. 248, No. 5444, s. 127-128.

- Boyden, C., 1973, Accumulation of heavy metals by shellfish: In Proceedings of the shellfish Association of Great Britain, 4th shellfish Conference, s. 38-44.
- Boyle, R.W. ve Garrett, R.G., 1970, Geochemical prospecting - A review of its status and feature: Earth-Science Reviews, vol. 6, s. 51-75.
- Boyle, R.W., Tupper, W.M., Lynch, J.J., Friedrich, G., Ziauddin, M., Shafiqullah, M., Carter, M. ve Bygrave, K., 1966, Geochemistry of Pb, Zn, Cu, As, Sb, Mo, Sn, W, Ag, Ni, Co, Cr, Ba and Mn Brunswick: Geol. Surv. Canada, Paper 65-42, 50 s.
- Brundin, N.H. ve Bergström, J., 1977, Regional prospecting for ores based on heavy minerals in glacial till: J. Geochem. Explor., vol. 7, s. 1-19.
- Brereton, A., Lord, H., Thornton, I ve Webb, J.S., 1973, Effect of zinc on growth and development of larvae of the Pacific oyster *Crassostrea gigas*: Marine Biology, vol. 19, s. 96-101.
- Brooks, R.R., 1972, Geobotany and biogeochemistry in mineral exploration: Harper ve Row, New York.
- Cameron, E.M., 1977, Geochemical dispersion in lake waters and sediments from massive sulphide mineralization. Agricola Lake area, Northwest Territories: Journ. Geochem. Explor., vol. 7, s. 327-348.
- Collins, A.G., 1974, Geochemistry of oil field waters applied to exploration: Oil Gas Journal, vol. 72, No. 21, s. 90-94.
- Collins, A.G., 1975, Geochemistry of oil field waters: Elsevier, Amsterdam, 506 s.
- Correns, 1969, The discovery of chemical elements. The history of geochemistry. Definitions of geochemistry: In: Handbook of Geochemistry (ed. K.H. Wedepohl). Vol. 1, s. 1-11.
- Grawford, M.D., Gardner, M.J., ve Morris, I.N., 1968, Mortality and hardness of water supplies: Lancet, vol. 1, s. 827-831.
- Cronan, D.S., Smith, P.A., Bignell, R.D., 1976, Modern submarine hydrothermal mineralization, examples from Santorini and Red Sea: Paper presented at the "Volcanic Processes of Ore Genesis", a joint meeting of the Instn. of the Instn. of Min. Metall and Volcanic Studies Group of the Geol. Soc. of London, 21-22 January 1976.
- Cronan, D.S., ve Tooms, J.S., 1969, The geochemistry of manganese nodules and associated pelagic deposits from the Pacific and Indian Oceans: Deepsea Res., vol. 16, s. 335-356.
- Çağatay, M.N. ve Boyle, D.R., 1977, Geochemical prospecting for volcanogenic sulphide deposits in the Eastern Black Sea ore province, Turkey: J. Geochem. Explor., vol. 8, s. 49-71.
- Degens, E.T., Khoo, F. ve Michaelis, W., 1977, Uranium anomaly in Black Sea Sediments: Nature, vol. 269, October, s. 566-569.
- Doe, B.R. ve Stacey, I.S., 1974, The application of lead isotopes to the problems of ore genesis and ore prospect evaluation: A review. Econ. Geol., vol. 69, s. 757-776.
- Dyck, W., 1976, The use of helium mineral exploration: Journ. Geochem. Explor., vol. 5, s. 3-20.
- Eremeev, A.N., Sokolov, V.A., Sololov, A.P. ve Yanitski, I.N., 1973, Application of helium surveying to structural mapping and ore deposit forecasting. In: Geochemical Exploration 1972, edited by M.J. Jones, Instn. Min. Metall., s. 183-192.
- Frost, D.V., 1967, Significance of the symposium: In: Selenium in Biomedicine, symposium volume, Oregon Univ., 1966, edited by O.H. Muth, s. 7-26. The Avi Publishing Company, Inc.
- Fursov, V.Z., Vol'fon, N.B. ve Kvalovskiy, A.G., 1968, The results of the study of mercury vapours in the zone of the Tashkent earthquake: Dokl. Akad. Nauk S.S.S.R., 179, s. 1213-1215. U.S.R.S.R., Earth Sci. Sect., 179, s. 208-210.
- Goldschmidt, V.M., 1954, Geochemistry: Oxford Clarendon Press. 730 s.
- Gorbushina, L.V. ve diğerleri, 1971, On the effect of geological - tectonic factors on the content of gases in ground waters of Tashkent artesian basin: In Tashkent Earthquake, 26 April 1966 (Tashkent: FAN, 1971), 198-200, 26 Referat. Zh., Geol., No. 8, 8-92.
- Govett, G.J.S., 1977, World mineral supplies - The role of exploration geochemistry. J. Geochem. Explor., vol. 8, s. 3-16.
- Güley, M., 1953, Samsun ve Trabzon bölgesi tıbbi ve zehirli bitkilerinden başlıcalarının farmakodinamik etkileri ve tedavideki önemleri: (doktora tezi). A.Ü. Vet. F. Yayınları, 49, No. 26.
- Güley, M., 1960, Türkiye'nin, siyanogenetik bitkileri ve bunların tanınmasını mümkün kılan kimyasal metot: A.Ü. Vet. Fak. Dergisi, vol. 7, No. 1-2, s. 396.
- Güray, Ö., 196, Ankara'da profesyonel kursun zehirlenmeleri: A.Ü. Tıp Fak. Mec., vol. 19, No. 1, s. 1-18.
- HaWkes, H.E., 1976, The early days of exploration geochemistry: I. Geochem. Explor., vol. 6, s. 6-11.
- Hawkes, H.E. ve Webb, J.S., 1962, Geochemistry in mineral exploration. Harper and Row, New York, N.Y., 415 s.
- Jonasson, I.R. ve Allen, R.J., 1973, Snow: a sampling medium in hydrogeochemical prospecting in temperate and permafrost areas: In Geochemical Exploration 1972, edited by M.J. Jones, Instn. Min. Metall., s. 161-176.
- Kuznetsov, V.I. (editor), 1962, Geologic activity of microorganisms: Trans. Inst. Microbiol., vol. 9, 112 s.
- Mason, B., 1966, Principles of geochemistry: John Wiley and Sons Inc., 329 s.
- Muth, O.H., 1967, Theme of the symposium: The biomedical aspects of selenium. In: Selenium in Biomedicine, Symposium volume, Oregon Univ., 1966, edited by D.H. Muth, s. 3-6. The Avi Publishing Co. Inc.
- Nichol, I., James, L.D. ve Viewing, K.A., 1966, Regional geochemical reconnaissance in Sierra Leone: Trans. Instn. Min. Metall., Section B., vol. 75, s. 147-161.
- Ovchinnikov, L.N. Sokolov, V.A., Fridman A.I. ve Yanitski, I.N., 1973, Gaseous geochemical methods in structural mapping and prospecting for ore deposits: In Geochemical Exploration 1972, edited by M.J. Jones, Instn. Min. Metall., s. 177-182.
- Rankama, K. ve Sahama, Th. G., 1950, Geochemistry: Univ. Chicago Press, 912 s.
- Reed, W.E. ve Kaplan, I.R., 1977, The chemistry of marine petroleum seeps: J. Geochem. Explor., vol. 7, s. 255-293.
- Ridler, R.H. ve Shilts, W.W., 1974, Exploration for Archaean poly-metallic sulphide deposits in permafrost terranes: an integrated geological/geochemical technique; District of Keewatin, Kaminak Lake Area: Geol. Surv. Canada Paper 73-34, 33 s.
- Rodder, E., 1972, Composition of fluid inclusions. Data of geochemistry: Geological Survey Prof. Paper 440 JJ, 164 s.
- Stocks, P. ve Davies, R.I., 1964, Zinc and copper contents of soils associated with the incidence of cancer of the stomach and other organs: British Journal of Cancer, vol. 18, s. 14-24.
- Sümerbank Genel Müdürlük Araştırma ve Planlama Müdürlüğü, 1974, Hava kirlenmesi inceleme programı: Eduquip Air Pollution Study Program Manual'den tercüme edilmiştir.
- Sümerbank Tekstil Eğitim ve Araştırma Merkezi, 1975, Endüstride atık suların taşıyıcı metodları ve projelendirilmesi semineri notları: Bursa, Şubat 1975.
- Thornton, I., 1968, The application of regional geochemical reconnaissance to agricultural problems: London Univ., Doktora tezi, 363 s.
- Thornton, I., 1974, Applied geochemistry in relation to mining and the environment: An international symposium, organized by the Instn. Min. Metall. with the Institute of Quarrying and the Instn. Mining Engineers. London, June, 1974.
- Thornton, I., 1975, Some aspects of environmental geochemistry in Britain, International Conference on Heavy Metals in the Environment. Toronto, Ontario, Canada, Oct. 27-31, 1976 s. 17-38.
- Tomms, J.S., 1969, Some aspects of exploration for marine mineral deposits: 9th Commonwealth Min. Metall. Congr. Min. Petrol. Geol. Sect. Paper 3.
- Underwood, E.J., 1971, Trace elements in human and animal nutrition: Academic Press, London, 3rd edition.
- Vural, N., 1973, Çevremizdeki önemli kanserojen maddeler: Kanser, vol. 3, sayı 2, s. 19-42.
- Webb, J.S., 1964, Geochemistry and life: New Scientist, vol. 23, s. 504-507.
- Webb, J.S., 1971, Regional geochemical reconnaissance in medical geography: In Environmental geochemistry in Health and Disease. Edited by H.L. Cannon and H.C. Hopps. Geological Society of America Memoir, 123, s. 31-42.
- Webb, J.S., 1975, Environmental problems and the exploration geochemist: Keynote address. In Geochemical Exploration 1974. Edited by I.L. Elliott and W.K. Fletcher.
- Webb, J.S., Fortescue, J.A.C., Nichol, I. ve Tooms, J.S., 1964, Regional geochemical reconnaissance in the Namwala Concessions Area, Zambia: Technical Communication of the Geochemical Prospecting Research Centre, No. 47, 42 s. Imperial College, London.
- Webb, J.S., Lowenstein, P.L., Howarth, R.J., Nichol, I. ve Foster, R., 1973, Provisional geochemical atlas of Northern Ireland: Applied Geochemistry Research Group Technical Communication No. 60. Imperial College, London.