

PORFİRİ BAKIR YATAKLARININ MAGMATİK-HİDROTERMAL TETİKLEYİCİLERİ VE KONTROLLERİ

Mustafa Erde Bilir^a, İlkey Kuşcu^a

^aJeoloji Mühendisliği Bölümü, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, 48000 Köteklü Muğla
(erdebilir@mu.edu.tr)

ÖZ

Porfiri yataklar, başta bakır olmak üzere, molibden ve altının en önemli kaynaklarıdır. Porfiri sistemler aktif dalma-batma zonlarının üstündeki magmatik yaylarda veya dalma-batma olaylarını takiben çarpışma sonrası ortamlarda oluşur. Bu yataklar çoğunlukla kalk-alkalen (nadiren alkali), dasitik-andezitik, subvolkanik sokulumlar içinde gelişir. Bu kayaçlar, derinlerde kısır sodik-kalsik alterasyondan, yukarıya doğru cevherli potasik ve fillik alterasyon boyunca, ortaç ve ileri arjilik alterasyona doğru zonlanmış geniş bir alterasyona maruz kalmaktadır. Cevherleşmeler kuvars içerikli damar/damarcıklarda, saçım halinde olabildiği gibi magmatik-hidrotermal breşlerde de bulunabilir. Yüksek tonaj, düşük tenör karakterli porfiri Cu cevherleşmelerinin oluşumu; tektonik ortam (aktif dalma-batma durumunda dalma-batma geometrisi ve levhaların yaklaşım hızı), magma kimyası (su ve uçucu içeriği, Sr/Y, izotopik kompozisyon), magmanın hidrotermal akışkanı dışarı attığı andaki sülfid doygunluğu ve oksidasyon hali ve dışarı atılan hidrotermal akışkanın fiziko-kimyasal durumu (sıcaklık, oksidasyon hali, pH, tuzluluk ve metal, kükürt ve klor içeriği) gibi birçok magmatik-hidrotermal parametre tarafından kontrol edilir. Bu bildiri, bu tür parametrelerin porfiri Cu oluşumunu nasıl etkilediğini ve bunun jeokimyasal ve izotopik verilerinin önemini sunmayı amaçlamaktadır.

Dalma-batmanın türettiği porfiri Cu cevherleşmeleri barındıran magmatik kayaçların mekânsal dağılımı ve kimyası, okyanus kabuğunun dalma açısı ve yaklaşım hızlarındaki değişimlerce kontrol edilir. Sığ, oblik ve yavaş dalma-batma; yüksek su (>4% H₂O) ve kükürt içerikli, görece yüksek oksidasyonlu (log fO_2 > FMQ+2, fO_2 : oksijen fugasitesi ve FMQ: fayalit-magnetit-kuvars oksijen tamponu) verimli (doğurgan), yüksek Sr/Y (>40) “adakitik” magmaları üreten levha ergimesine neden olan sıcaklık ve basınç koşullarını sağlar. Manto kamasından veya alt kabuktan (çarpışma sonrası delaminasyon) türeyen magmalar amfibol ve/veya granatın ayrılaşması ve/veya üst kabuğa yükselindeki kabuksal kirlenmeyle benzer jeokimyasal karakterler elde edilebilir. Kükürdü sülfat olarak tutarak, kalıntı kükürt oluşumunu engellemek ve evrilmiş magmalardaki kalkofil elementlerin derişimini arttırmak için ana magmanın su bakımından zengin ve oksidize olması gereklidir. Eğer ana magma, karışmayan (immisibil), metal içerikli sülfid eriyiklerine doygunsa basıncı azaltma, metalce zengin hidrotermal sıvıları oluşturan, önceden var olan altın ve bakırca zengin sülfitleri çözen büyük miktardaki su bakımından zengin uçucuların oluşup ayrılmasına (1. kaynama) katkıda bulunur. Porfiri cevherleşme, oksidasyon halinde yükselmenin ve pH’da düşüşün eşlik ettiği manyetit kristallenmesinin (eğer log fO_2 > FMQ+4 ise hematit kristallenir) tetiklediği sülfat indirgenmesi ile kontrol edilir. H⁺ aktivitesi, cevher oluşturan sıvının sıcaklığı ve yan kayaç kompozisyonu hidrotermal alterasyonun tipini ve şiddetini belirler.

Anahtar Kelimeler: Porfiri yataklar, sığ dalma-batma, adakit, oksidasyon hali, magma verimliliği

MAGMATIC-HYDROTHERMAL CONTROLS AND TRIGGERS FOR PORPHYRY COPPER DEPOSITS

Mustafa Erde Bilir^a, İlkey Kuşcu^a

^a Department of Geological Engineering, Muğla Sıtkı Koçman University, 48000 Köteklü
Muğla

(erdebilir@mu.edu.tr)

ABSTRACT

Porphyry deposits supply much of the copper, molybdenum and gold. Porphyry systems are formed in magmatic arcs above active subduction zones or postcollisional settings after subduction ceases. The systems are mostly hosted by calc-alkalic (rarely alkalic) andesitic to dacitic subvolcanic intrusions which undergone large volumes of hydrothermal alteration zoned upward from barren early sodic-calcic through potentially ore bearing potassic and phyllic to intermediate and advanced argillic alterations. Porphyry mineralization occurs in quartz bearing veins/veinlets, in disseminated form and/or in magmatic-hydrothermal breccias. Characteristic high tonnage, low hypogene grade porphyry mineralization is controlled by various magmatic-hydrothermal parameters such as tectonic setting (subduction geometry and convergence rate in case of active subduction), chemistry of magma (water and volatile content, Sr/Y, isotopic composition), sulfide saturation and oxidation state of the magma at the time of hydrothermal fluid exsolution and physico-chemical condition of the exsolved hydrothermal fluid (temperature, oxidation state, pH, salinity and content of metal, sulfur and chlorine...). This work aims at presenting the importance and use of geochemical and isotopic mimicking these parameters.

Spatial distribution and chemistry of subduction-derived magmatic rocks hosting porphyry mineralization vary with change in dip of subducting oceanic crust and convergence rate. Shallow, oblique and slow subduction provides a pressure-temperature condition resulting in slab melting which generates fertile, high Sr/Y (>40) "adakitic" magmas with high water (>4% H₂O) and sulfur contents and relatively high oxidation states (log fO₂ >FMQ+2, where fO₂ is oxygen fugacity and FMQ is fayalite-magnetite-quartz oxygen buffer). Similar geochemical characteristics can be developed in mantle-wedge derived or lower crust-derived (postcollisional delamination) magmas by fractionation of amphibole and/or garnet, and/or by crustal contamination during ascent through upper crust. It is essential that the parental magma is water rich and oxidized for keeping sulfur as sulfate to increase chalcophile element concentration in evolved magmas by preventing residual sulfides. If the parental magma saturates with an immiscible sulfide melt with metals, decompression contributes to form large amounts of water-rich volatiles to separate out (1st boiling), which dissolves the pre-existing Au and Cu-rich sulfides, forming metal-rich hydrothermal solutions. The porphyry mineralization is controlled by sulfate reduction, triggered by magnetite crystallization (hematite crystallizes in case fO₂ >FMQ+4) accompanied by increase in oxidation state and decrease in pH. Activity of H⁺, temperature of the ore forming fluid and the wall rock composition control the intensity and the type of hydrothermal alteration.

Keywords: Porphyry deposits, shallow subduction, adakite, oxidation state, magma fertility