

A LEMEZTEKTONIKA ÉS AZ ÉRCKÉPZŐDÉS ELMÉLETI VONATKOZÁSAI

Plate tectonics and ore genesis: theoretical aspects

RAVASZNÉ BARANYAI LIVIA

A lemeztektonika evolúciós elmélete egyetemes és dinamikus szemléletével új megvilágításba helyezte az ásványi nyersanyagok lelőhelyeit és származását és ezzel felkutatásukhoz is egységes szemléletű irányt szabott.

Számos nyersanyag magmás működés folyamán halmozódott fel, de magmás működéshez csak közvetve kapcsolódó nyersanyagok, pl.: bauxit, mangán, torlat ásványok, továbbá a kifejezetten üledékhez kötődő nyersanyaglelőhelyek, mint a kőolaj és evaporitok, sem függetlenek a földkéreg lemezeinek dinamikájától.

E helyen a globális tektonika modelljének alkalmazásával, az alapvető és egyszerűbb magmatektonika vonzatában, néhány jól ismert érces öv genetikai összefüggéseit ismertetjük, míg a másodlagos nyersanyagfelhalmozódásokra csak rövid utalással térünk ki.

I. Az óceáni kéreg képződését kísérő érces zónák jellemzői.

Ismeretes, hogy a legkevésbé differenciált, kémiai összetételét tekintve csak szűk határokon belül változó tholeites bazalt összetételű magmák egyrészt a széttartó, egymástól távolodó lithoszféra lemezek szegélyzónájában, másrészt a kontinensek szegélye mentén kialakuló medencék térségében képződnek. Mindkét szerkezeti helyzetben az óceáni kéreg folyamatos megújulását és pótlását, vagy új óceáni kéreg kialakulá-

MÁFI, 1143. Budapest, Népstadion út 14.

A MFT Általános Földtani Szakosztályának "Lemeztektonika és ércképződés kapcsolata a mediterrán térségben" c. ülésén elhangzott előadás.

A kézirat beérkezett 1986.március 21-én.

sát eredményezik. A két magmatípus között szignifikáns különbség nem figyelhető meg. Ide kívánczik az a megjegyzés, hogy kontinentális riftesedés övezeteiben, egyidejűleg, a kontinensről történő elkülönülést megelőző időszakban, a gyakori evaporit képződés rift-zónákhoz kötött, továbbá, hogy a szétnyíló lemezek távolodásának tengelyében a tenger-víz megfigyeltén nagyobb fémtartalma fémes ásványok feldúsulásához is vezethet: Vörös-tenger. A diabáz és gabbró intrúziók, tholeites pillow lávák, metabazaltok, spilitek, hialoklasztitok eugeoszinklinális jellegű vulkáni képződményeit és az ezekhez kapcsolódó vékony pelágikus üledékek, kovaüledékek, tengeri agyagok és mészkő turbiditok sorozatát ofiolit néven foglalták össze. Ehhez a jellegzetes sorozathoz kapcsolódik a Ciprus-típusú szingenetikus ércfeldúsulás, az itt jól ismert klasszikus előfordulás után elnevezve, tömeges pirit, kalkopirit, szfalerit, markazit továbbá kevés galenit, pirrotin, arany és ezüst mineralizációval. Ilyen típusú ismertebb ércelőfordulás kontinenseken belül, vagy kontinens-szegélyeken, pl. Törökország, Kalifornia, Új-Foundland térségében is nyomozható és az egykori óceáni kéreg tektonikus kiemelkedését jelzi egy korábbi szigetív-blokk köztes állomásán keresztül, mely később a kontinenshez kapcsolódott. Hasonló típusú ércces indikációt vas, réz és nikkel szulfidok megjelenésével óceáni szubmarin hasadékvulkánok tholeites pajzs-bazaltjainál is megfigyeltek, pl. a Hawaii szigeteken, ahol az ércásványok a tholeites lávákban phenokristályjaiban találhatóak.

A gabbró, bazalt, kovaüledékek sorozatához kapcsolódva, de csakis egykori szigetívek övében, tektonikusan kiemelt blokkokat alkotva és egyidejűleg alpi típusú deformált szerkezettel-szövettel, a felszínre került dunit, harzburgit-testekben u.n. zsákos-/podiform/-krómit előfordulások ismertek. E krómit testek az óceáni kéreg előbb vázolt képződési helyein, de az egyidejű abisszikus tholeitek alatt, jóval mélyebb helyzetben váltak ki. A korai nagmás eredetű krómit a köpeny szilikátfázisának, pl. a krómdiopszidnak, inkongruens, részleges megolvadásával is származtatható /pl. lherzolitból/. Az ultrabázitokhoz kötődő krómit a jelenlegi szigetíveken is tektonikus helyzetű tehát, így pl. Kuba, Pülöp-szigetek térségében. Felszíni megjelenésük egyúttal a szigetívek fejlődésének egy késői állomását is demonstrálják.

A krómithoz hasonlóan az óceáni kéreg és a köpeny érintkezési zónája, tehát viszonylag magasabb helyzetű az az öv, amely a Ni-szulfidok

képződési helye. Példát a jelenlegi szigetíveken a Fülöp-szigeteken találunk, ahol dunitben pirrhotin, troilit, pentlandit, violarit - /továbbá Pt-szulfid/ fordul elő. Megjegyezzük, hogy az archaikus-proterozóos kontinentális pajzsok hasonló ércegyüttesei, a földtani igen régmúltnak a maitól bizonyára eltérő fiziko-kémiai állapotának figyelembevételével, talán nem teljesen azonos eredetűek.

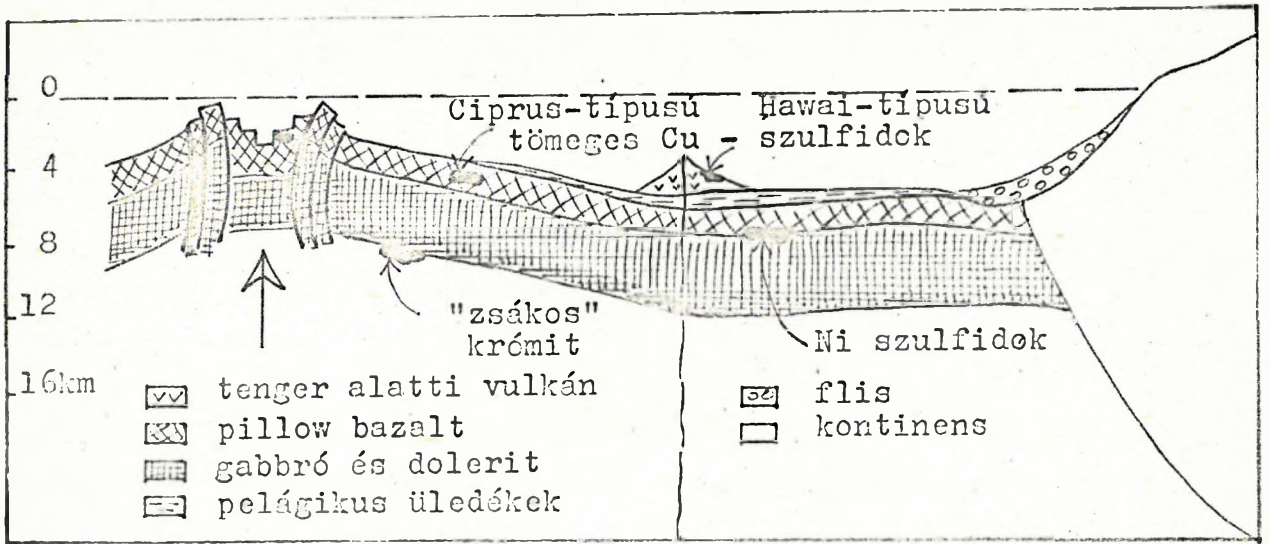
Ezeknek a nagy mélységben képződött ércásványoknak felszínre jutása vitathatatlanul tektonikus övekhez kötött, a mechanizmus azonban nem tisztázott.

Gazdasági jelentőségű ércesedés természetesen csak ott várható, ahol a magmás működés hosszantartó és regionális, és így az ezzel párhuzamos elem-mobilizálódáshoz és fémes elomdúsuláshoz kedvezőek a feltételek /l.ábra/.

II. Ha az óceáni lithoszféra lemezek nagyobb fajsúlyuk következtében, átlagosan 45° -os dőlésszöggel, a köpeny anyagába hatolnak, a tholeites összetételű, száraz óceáni kéreg 150-200 km-es mélységben részlegesen megolvad. Az olvadási hő természetesen nagy mértékben befolyásolja az adott víztartalom is. A részleges megolvadás nyomán mészkalkáli, uralkodóan andezites vulkáni tevékenység veszi kezdetét néhány száz km-re a szubdukció helyét jelölő mélytengeri ároktól. Az így kialakuló vulkáni ívek alkothatnak a tenger szintje fölé emelkedő sziget-íveket, elhelyezkedhetnek sialikus alapzatú szigeteken vagy mikrokontinenseken és kísérhetnek kontinensszegélyeket is. Elhelyezkedésüktől azonban függetlenek a minden más ércesedési típustól elkülöníthető, jellegzetes ásványi nyersanyagfeldúsulások. Az itt képződő magmaanyag az óceáni tholeites bazaltokkal szemben kémiai összetételében savanyúbb és változatosabb, de általános érvénnyel mészkalkáli jellegű. A magma összetételét sok tényező befolyásolja, pl. az alábukó lemez lejtési szöge is. A vulkáni kőzetek a bazaltos andezittől a riolitig terjedően változatosak, gyakoriak a pillow lávák, vulkáni breccsiák és tu-fák, palagonitok és peperitek is. A vulkáni kőzeteket finomszemű agyagos-márgás, mélyebbtengeri üledékektől a sekélytengeri üledékekig változó fáciesű kőzetek kísérik. Igen gyakoriak a klasztikus üledékek.

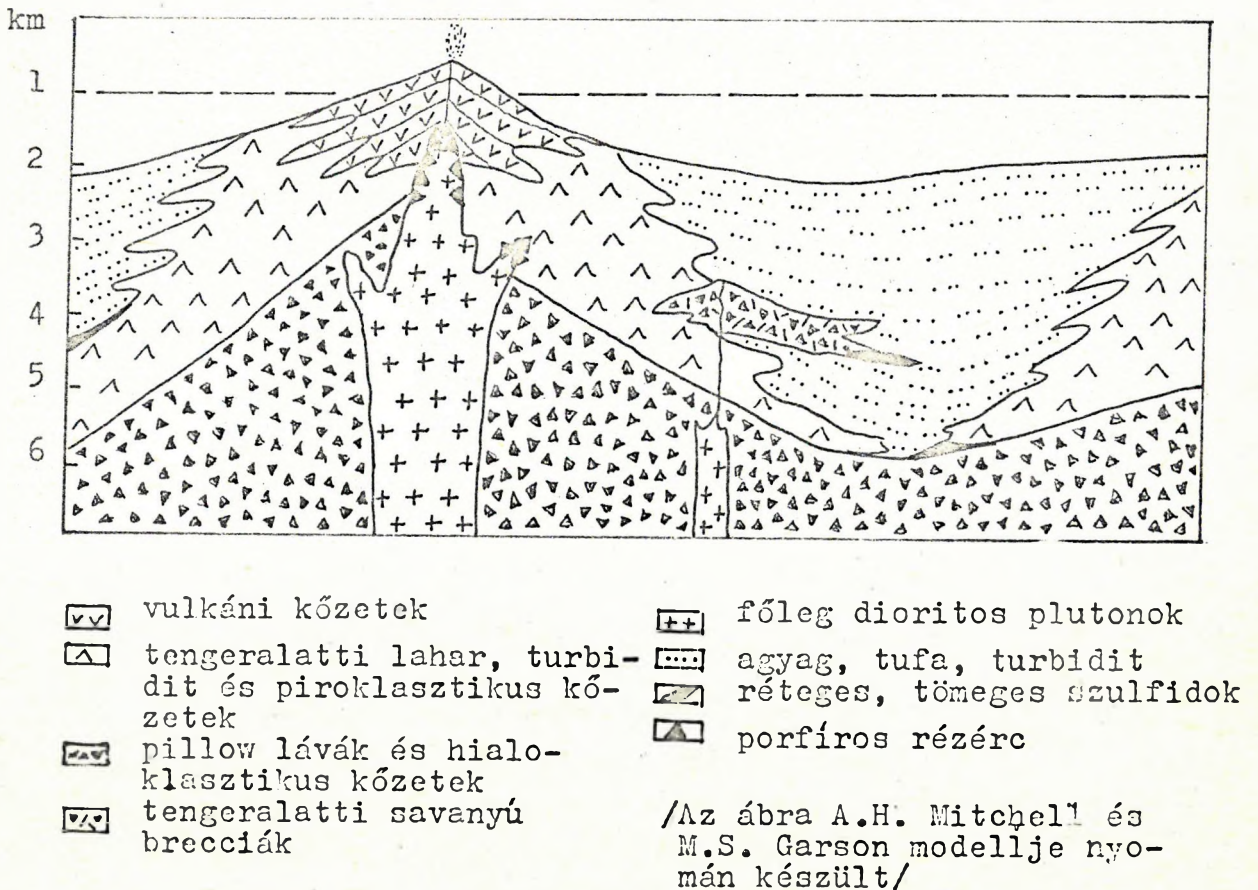
A vulkáni üledékek típusos fémes nyersanyaga a réz, cink és molibdén, ritkábban arany, ezüst és ólom. Az ércesedésnek ebben az övben két elkülöníthető típusú nyersanyaglelőhely ismert: 1. a rétegekben megjelenő tömeges szulfid ércek típusa és a 2. porfíros rézérc tí-

1. ábra



/Az ábra A.H. Mitchell és J.D. Bell modellje alapján készült/

2. ábra

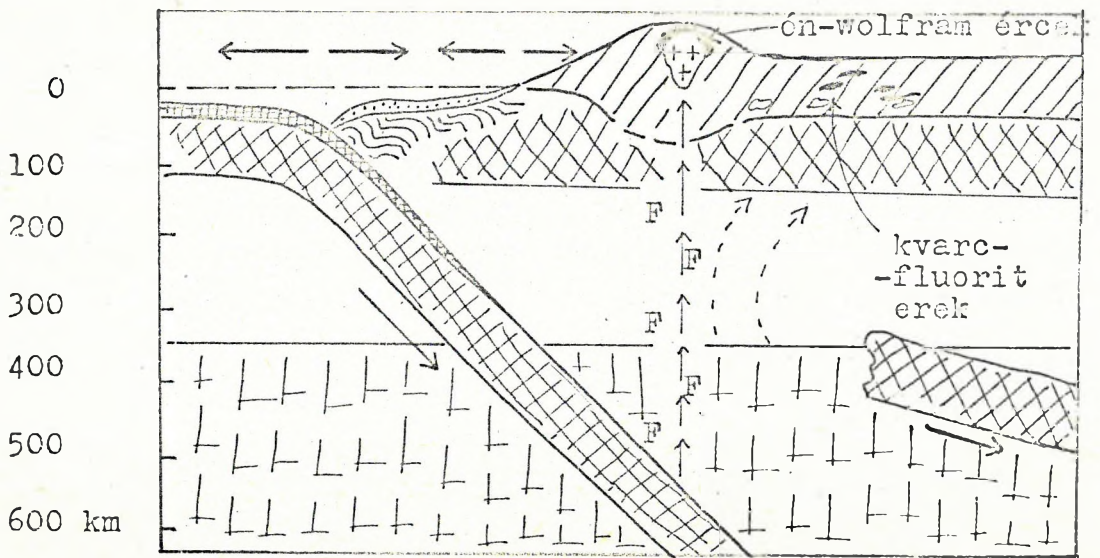
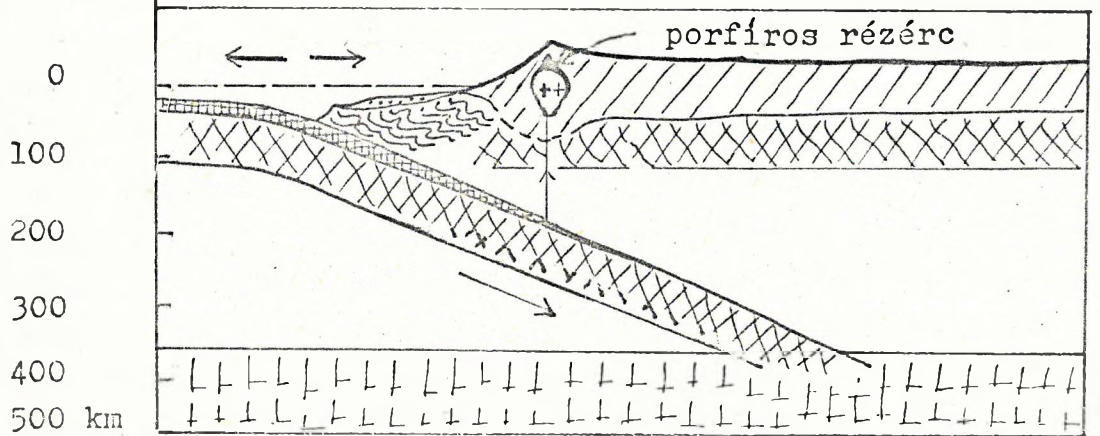
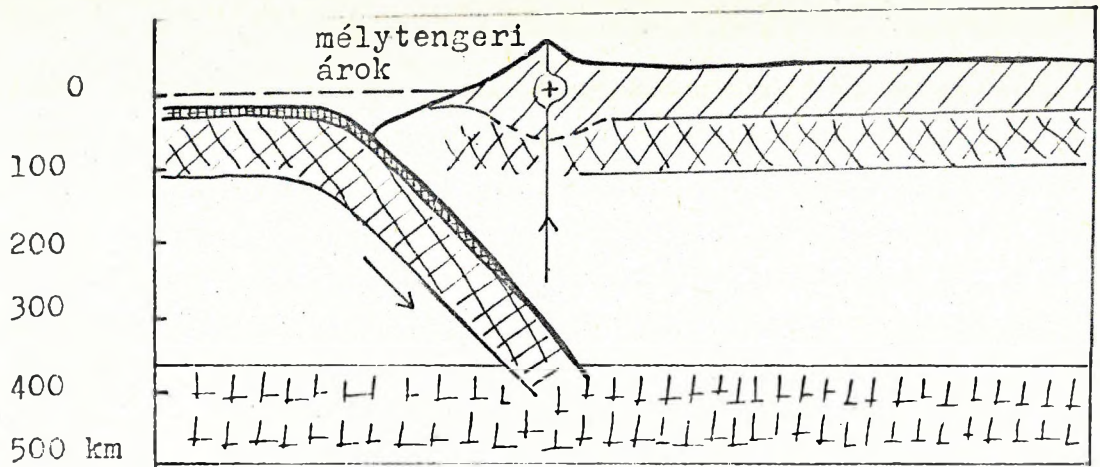


pusa.

1. A tömeges szulfid ércek feldúsulása réteges vulkáni kőzetekhez vagy ezek klasztikus anyagához, tengeri meszes agyagrétegekhez, klasztikus mészkőhöz, homokkőhöz kapcsolódik, vagy ezeknek a későbbiek folyamán metamorfizált származékaiban található. Vulkáni ívek övében ugyanis a nagy mennyiségű vulkáni anyag felhalmozódását követő rétegterhelés és egyidejű nagyhőmérsékletű környezet következményeképpen a regionális metamorfózis gyakori. E típus ásványait tömeges pirit, kalkopirit, szfalerit, némelykor polimetallikus ólom, cink, arany és ezüst ásványok képviselik. A fémek mindegyike az andezites magmából származtatható, az ércesedés szingenetikus, és a vulkánosságot kísérő folyamatos kénhidrogén áramlása és a környező rétegek féngazdag oldatainak reakciója egyszerű magyarázatot szolgáltat a réteges masszív rézércek képződéséhez. /Andezit magmák átlagos Cu tartalma 150 ppm, így egy 100 km^3 -es kiterjedésű andezit test 1 000 000 t Cu-t tartalmazhat/. Az e típushoz tartozó érces rétegek a vulkáni tömegek mélyebb szintjeihez, többnyire tengeri vulkanoklasztikus vagy üledékes rétegekhez kötöttek, a hullámbázis szintje alatti régiókban és a vulkáni anyag gyors felhalmozódása mellett. Ilyen típusú nyersanyaglelőhely a jelenlegi szigetíveken Japán területén, ősi szigetíveket jelezve pedig az Ibériai-félszigeten és Svédországban ismert.

2. Az effuzív-explozív vulkáni működés gyorsult szakaszát követően a vulkáni építménybe intrúziós tömegek nyomulnak. E dioritos, diorit porfíros testek felső zónájában válnak ki a porfíros rézérc, vagy réz-molibdén ércek, jellegzetesen héjas szerkezet mentén. A szulfidok szórt szemcsék vagy erecskék formájában az ércesedett mag központi része felé dúsulnak. Az érces öv erősen töredezett jellegű. A négy főbb koncentrikus öv: a legbelső a K-os öv, melyet a csillámos öv, az agyagásványos öv, végül a propilites öv vesz körül. Vulkáni ívek zavartalan fejlődése és komplex vulkáni felépítmény esetén a porfíros rézérc a magmás és felszíni eredetű oldatok találkozási zónájában, a víz forráspontja felett válik ki. Talán nem lényegtelen külön kiemelni, hogy réteges kifejlődésű, tömeges rézérc felszíni előfordulása esetén porfíros rézérc sohasem található, mivel ez magasabb helyzetű minden esetben, és ha a mélyebb helyzetű rézérc felszínre került, egyértelmű, hogy a felette elhelyezkedő porfíros rézérc korábban lepusztult. Porfíros rézércek szintje alatt azonban a masszív rézérc megjelenhet.

3. ábra



- | | |
|--------------------------------|------------------------------|
| óceáni kéreg | kontinentális kéreg |
| litoszféra | deformált flis |
| kis viszkozitású asztenoszféra | flis |
| merev köpeny | savanyú-intermedier plutonok |

/Az ábra A.H. Mitchell és M.S. Garson modelljeinek felhasználásával készült/

/A magyarországi porfíros rézérc példája azt igazolja, hogy a Mátra miocén vulkáni összlete egy felújuló vulkáni működéshez kapcsolódik, míg az eocén porfíros rézérc -és a másutt előforduló eocén andezitek is--egy korábbi Benioff-zónához kötődnek, melynek vulkáni felépítménye lepusztult./

Tehát a réz-molibdén ércesedés Benioff-zónákhoz és vulkáni ívekhez kötődik és így előfordulása, kontinenseken belüli helyzetben, paleo-Benioff zónák egykori helyét jelöli. Ilyen lelőhelyek a praekambriumtól ismertek. Ezek közül legmeglepőbb talán az Orosz és Szibériai Táblák perm-triász kori összekapcsolódását megelőző szubdukciós övek jelenlétére utaló üzbegisztáni-kazahsztáni területek szórt jellegű rézérc lelőhelyei, melyet hasonló eredetűnek gondolnak.

A Hindukus és Karakorum, továbbá Magyarország és Irán területén előforduló porfíros rézérc lelőhelyek az Afrikai illetve Indiai és az Eurázsiai Kontinens összekapcsolódásának övét jelölik /2.-4. ábra/.

Andezites vulkáni kőzetekben, vagy granodioritos intrúziók kvarc-ereiben, ugyanebben a vulkáni övben, arany is kiválik. Az arany kiválása azonban inkább az Andes-típusú vulkáni övekhez kötött, pl. Alas-ka, Új-Guinea, Kárpát Medence, ahol az arany a porfíros rézérc szintjénél mélyebben található.

A Ny-Pacifikus Övet jellemző típust képviselő vulkáni ívek esetében, amikor a szubdukciós zóna a kontinens közelségében helyezkedik el, az uralkodóan mésszalkáli vulkáni felépítmények közé granitoid intrúziók nyomulnak. Az óceáni lithoszféra lemez haladása a főleg kontinens-eredetű üledékek tektonikus helyzetváltozását eredményezi az óceáni árok kontinens felé eső oldalán, kiterjedt mélange és glaukofán pala-övek kialakulásának kíséretében. Ez az óceáni ároknak a kontinens-től távolodó elmozdulásához vezet és egyúttal, csökken a szubdukciós lemez hajlásszöge is. Ez azt eredményezi, hogy a vulkáni öv közelítőleg a helyén marad. A szubdukciós lemez lejtésének csökkenése azonban a felette elhelyezkedő lithoszféra lemezzel növekvő súrlódást, feszültséget okoz, míg végül a Benioff-zóna mozgása megáll. A lithoszféra lemez megállását, majd széttörését követően a magmás működés szünetel. Ezt követően új, meredekebb Benioff zóna fejlődik ki. Ez a modell szolgálhat magyarázatul a kontinens szegélyek térségében fellelhető ón, wolfram és fluorit, valamint kísérő ásványaik keletkezéséhez, a következőképpen.

ezek az övek a földfelszín igen változatos magmás és üledékes blokkjait tárják fel gyakran kaotikus blokkok együtteseként és éppen ezért ezek az övek rendkívül gazdagok különféle nyersanyagokban. Szigetívek fejlődésének késői stádiumában meglepő nagyságrendű tektonikai elmozdulások bonyolult övezetében, a felszínre emelkedett klasztikus zátonymézők a környezetükben tektonikus blokkokat alkotó tholeites bazaltokkal, némelykor ultrabázisos kőzetekkel, alkalmas területei a szárazföldi üledékes nyersanyagok felhalmozódásának is, így a laterit, - és karsztbauxitoknak. Mint érdekesség említhető a Ni-tartalmú, ultrabázit lateritesedésével kapcsolatos bauxit, a Dominikai Köztársaság és Burma területén.

Réteges Mn-ércek is kapcsolódnak kiemelt helyzetű klasztikus mészkő blokkokhoz a szigetívek területén, pl. Kuba, Új-Hebridák. Ezek lehetnek szingenetikusak: tengeralatti forró oldatok hatására felhalmozottak és lehetnek epigén eredetűek is; a szomszédos vulkáni kőzeteket átmosó felszíni vizek oldatainak hatására.

Az Andok-típusát képviselő vulkáni ívek övében az intrúziós tevékenység idősebb karbonátos kőzetekkel érintkezve kitűnő anyagőzetre talál szkarnos ércek és drágakövek képződéséhez. Ezek felszínre jutásával gazdag területek is képződhetnek.

IV. Kizárólagosan a nagyvastagságú, merev kontinentális táblák mély törésvonalaihoz, riftesedéséhez kapcsolódik egy értékes és szép nyersanyag, a gyémánt. Gyémánt csakis e nagy vastagságú táblák alatt fennálló extrém: 70-90 kbár közötti nyomásviszonyok mellett képződhet. Számos vizsgálat utal arra is, hogy a merev, kontinentális táblák alatt elhelyezkedő felsőköpeny-anyag sajátos összetételű és eltér az óceánok alatt elhelyezkedő köpeny anyagától. Az e környezetben képződő magmaolvadékok alkáli-peralkáli jellege jól ismert. A hidratált alkáli magnák oldhatatlan karbonátos fázist képezhetnek, melyekben inkompatibilis elemek dúsulhatnak fel. Ez a földalatti környezet a kontinensek sajátos dinamikájának következtében a fentiekén túl a ritka földek némelyikének: az Eu, Yb, La-elemeknek indikációs területe is.

III. Ismeretes, hogy a földkéregben az átlagos ón-wolfram tartalom az ultrabázitoktól a gránitokig terjedően igen kicsi: 3 ppm alatti értékű. Ezek az értékek a kvarc-diorittól az alkáli biotit-gránitokig egyenes arányban emelkednek, maximális értéket pedig a greizenos muszkovit-gránitban érnek el. A Li, Rb, Be és F mennyisége hasonlóképpen egyenes arányban emelkedik, azaz, a könnyenillók az ércászványok fontos szállítói. A fluorapatit és klórapatit 1650 és 1530 °C-on olvad, tehát a száraz peridotitok olvadási pontjához közel. Ennek megfelelően ezek az ásványok felszaporodhatnak a gabbró testek felső szintjeiben, közelítőleg 350 km-es mélységben, lefelé süllyedő kéregben vagy ultramafikus köpenyközetekben. Az apatit reakcióba léphet a részben már megolvadt szilikát közetekkel, F és Cl felszabadulása mellett. A képződő hő lehetővé teszi a könnyenillók felfelé áramlását, talán az egyidejű magmákét is. E könnyenillók felszínközeli kiválása eredményezi a kvarc-fluorit testek képződését a vulkáni öv kontinentális oldalán. A vulkáni ív és a szubdukciós öv egymástól való távolodásával a 350 km-es mélységből származó könnyenillók felfelé áramlásának vonala egy adott időpontban, a még mindig felfűtött hőmérsékletű, savanyú,- intermedier magmás intrúziókat magába záró, vulkáni ív alatt helyezkedik el. A batholitokon belül, a késői kiválású alkáli-gazdag fázisok újraolvadása és így az alkáli, szilíciumos valamint ón, wolfram fluoridos elemvándorlás és az ezeket kísérő Li, Be, Rb és B : ón,-wolfram ásványok, lepidolit, zinnwaldit, topáz, turmalin és apatit mineralizációt eredményez, a csökkenő nyomás, a kedvező hőmérséklet és pH övében. A ritka elemek közül Nb és Ta kíséri pl. a kassziteritet /3.-4. ábra/.

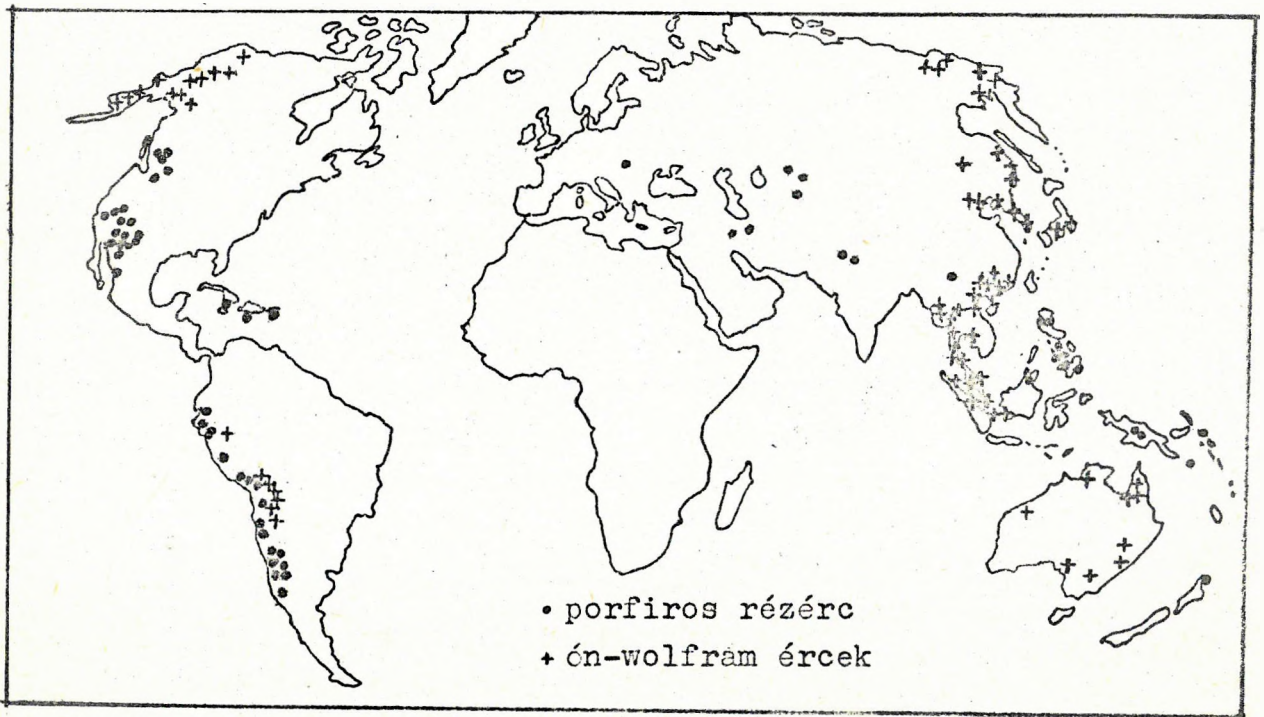
Az óceán felé mozgó szigetívek haladásával kontinenseket kísérő peremi medencék alakulnak ki. Ilyen peremi medencék ma a Kainozoikum folyamán megnyílt Ohotszki, Japán és Andamán-tengerek, melyek mögött a kontinensek szegélyénél végig megtalálhatóak az ón-wolfram ércesedés párhuzamos övei, melyek ÉK-Szibériában, nyomokban Mongóliában is, Kínában, Vietnámban, Thaiföldön és Indonéziában, Ausztráliában, Alaszkán és D-Amerika Ny-i szegélyénél egyaránt felszínre bukkannak mint egykori vulkáni ívek kiemelt magjai /4. ábra/.

Néhány felvázolt példa alapján könnyen megítélhető, hogy az alapvető fémek jelentős része vulkáni ívekhez kapcsolódó magmás tevékenységhez kötődik. A vulkáni ívek dinamikus fejlődéséből következik, hogy

Felhasznált irodalom:

1. Mitchell,A.H.G.-Reading,H.G. 1971: Evolution of island arcs. The Journal of Geology. vol.79. No.3. pp.253-284.
2. Mitchell,A.H.G.-Garson,M.S.: 1972. Relationship of porphyry copper and circum-Pacific tin deposits to paleo-Benioff zones. Applied earth science. vol.81. p.p. B.10-B.25.
3. Mitchell,A.H.G.-Bell J.D. 1973.: Island arc evolution and related mineral deposits. The Journal of Geology vol. 81. No.4. pp.381-405.
4. Walther,H.W.-Förster,H.-Harre,W.-Kreuzer,H.-Lenz,H.-Müller,P.-Raschka,H. 1981. Early Cretaceous porphyry copper mineralization on Cebu Island, Philippines, dated with K-Ar and Rb-Sr methods. Geol. Jb.D. 48. pp.21-35.

4. ábra



Porfiros rézércek és ón-wolfram ércek öves elrendeződése