

## Staroveký bronz – história a zdroje

PETER ANDRÁŠ<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Geologický ústav SAV, Ďumbierska 1, 974 01 Banská Bystrica; andras@savbb.sk

<sup>2</sup>Katedra environmentálneho manažmentu Fakulty prírodných vied  
Univerzity Mateja Bela, Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica

### Archean bronze: History and sources

The history of the Bronze Age has both its material- and idea- dimension, as well as political, military, artistic, economic, metallurgical but also geological and mineralogical dimensions. No matter on the data access centre of gravity, nobody can unfix, that the history of the Bronze Age is the history of tin and copper. The place and time of the invention of bronze are controversial and it is a question if bronzing was invented independently in multiple places. The earliest known arsenian bronzes are described from 4th millennium B. C. and tin bronzes from about 3000 B. C. Besides the famous Cornwall deposits, several Archean copper and tin deposits were discovered by scholars during the last three decades in Anatolia, Iran, Uzbekistan, etc., but it is still a great call for archeologists and geologists to help discover the Ancient sources of these metals.

**Key words:** copper, stannite, tin, bronze, Bronze Age, metallurgy, sources

### Úvod

Bronz bol vyše 1500 rokov základom civilizácie a najdôležitejším kovom v službách človeka, až kým ho z tejto pozície nevytlačilo železo. Prírodný bronz ( $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$ ) sa okrem raritných výskytov drobných akumulácií – opísaných z ložiska Panasqueira (Portugalsko), Kubaka (Čukotka), Elkiaidai (Uzbekistan) a Eletozerskij masív (severná Karélia) – nevyskytuje. Objavenie technológie jeho výroby patrí medzi najvýznamnejšie výdobytky, ktoré posunuli vývoj na prah ďalekosiahlych spoločenských premien.

Človek bronzovej doby ako zdroj medi využíval predovšetkým rýdzu meď a jej uhličitan. Na zemskom povrchu ju nachádzal vo viacerých geologických prostrediach – 1. vo výlevných a hlbinných horninách tvorených prevažne mafickými minerálmi, 2. v hydrotermálnych ložiskách, 3. v oxidačných zónach medených sulfidických ložísk a 4. v rozsypoch (ryžoviskách) asociovaných s mafickými vyvretými horninami a v čelných morénach ľadovcov (*tilloch*). Najčastejšie sa vyskytuje vo forme dvoch bezvodých hydroxiuhličitanov – modrého azuritu  $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ , zeleného malachitu  $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$  a červenej metalickej medi (obr. 1). Metalická meď sa vyskytovala často v prekvapujúco veľkom množstve napr. v okolí Veľkých jazier v Severnej Amerike (v Michigane, Wisconsin a Minnesote), kde tvorila aj balvany s hmotnosťou vyše 100 kg. Najväčšie balvany a nugety medi sa našli pod hladinou Horného jazera. Ich povrchovú kôru zvyčajne tvorí zmes oxidu medi kupritu ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) a malachitu (Irving, 1882). Najväčší balvan objavený v rieke mal hmotnosť 635 kg. Našli ho na J od Veľkého jazera v rieke Sioux vo Wisconsin (Salisbury, 1885). Na dne Veľkých jazier možno objaviť aj omnoho gigantickéjšie

kusy medi. Tak napr. v Michiganskom mineralogickom múzeu je vystavený sedemnásťtonový balvan rýdzej medi vylovený z dna Veľkého jazera. Z obdobia 3000 rokov pred Kr. sa tu objavilo vyše desiat tisíc ťažobných lokalít (Cowen a Thomas, 2003). Meď pochádza zo sedimentov tvoriacich preplásky v bazaltových lávových prúdoch, ktoré sa zachovali na polostrove Keweenaw a na ostrove Royale. Zvetrávaním a eróziou sedimentov sa uvoľnila a potom riekou transportovala meď – tzv. plávajúca (*float copper*). V ľadových dobách putovala v čelných morénach zo S sa plaziacich ľadovcov (Irving, 1882; Salisbury, 1885).

Vhodnú medenú rudu poskytovali aj uhličitanu medi bez nežiaducich zložiek, a to napriek tomu, že často obsahovali pomerne bohatú značnú prímes ďalších minerálov medi – chalkopyritu, kupritu, chalkocitu, bornitu, covellitu a či rýdzej medi, ale aj sfaleritu, galenitu, antimonitu, tetradritu a i. Najvýznamnejšiu rudu medi – chalkopyrit – starovekí metalurgovia nevedeli spracúvať.

Malachit a azurit sa v bronzovej dobe ťažili napr. na Sinajskom polostrove v okolí Feiranu a Timny. Na stráňach a vo vertikálnych šachticiach a štôlnach (obr. 7) sa tu od neskorého neolitu až do stredoveku kamennými nástrojmi z mäkkého pieskovca ťažili noduly malachitu obsahujúce až 55 % medi.

Pomerne dosť malachitu sa vedno s cínovou mineralizáciou ťažilo aj z tadžických, uzbeckých a afganských (*baktrijských*) ložísk Zeravšan, Mušiston a Karnab.

Hlavným minerálom cínu je kasiterit  $\text{SnO}_2$  (obr. 2) a stanit  $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$ . Kasiterit sa viaže hlavne na granit a na kremenné žily. Pri zvetrávaní hornín sa pre svoju vysokú hustotu uvoľňuje a pre rezistentnosť voči zvetrávaniu sa (podobne ako zlato) hojne vyskytuje v rozsypoch. Prvé nálezy kasiteritu možno zaiste predpokladať práve v rozsypových ložiskách. Schopnosť starých prospektorov

odlíšiť opticky bezmála identické čierne zrnká magnetitu od kasiteritu je pozoruhodná, veď mnohé kasiteritové rozsypy sa označovali názvom „čierny piesok,” a to hlavne pre prevládajúci obsah magnetitu (Taylor, 1979).

### Zrodenie bronzu

Využívať meď na výrobu rozličných nástrojov a zbraní sa pokúšali už dávne neolitické kultúry, ale bola mäkká, neudržiavala tvar a ostrie čepelí z nej sa rýchlo otupovalo. Kamenné nástroje boli často užitočnejšie, a tak sa mäkká meď sprvu viac využívala len ako šperkárská surovina. Starovekí kováči však skoro zistili, že spracovaním medi za chladna (alebo po jej opatrnom miernom prehriatí) sa môže jej tvrdosť viac ako zdvojnásobiť a vyrovnáť sa tvrdosti čistého železa. Takýto postup umožňoval získať nástroje nečakane dobrej kvality, ktoré bolo možno v prípade potreby vytvarovať aj na ostrú čepel. Takáto meď bola pevná, zachovávala si ostrie a jej jedinou nevýhodou bola značná krehkosť (Cowen a Thomas, 2003).

Najstaršie medené výrobky sú z Mezopotámie z obdobia okolo roku 8000 pred Kr. Známe sú aj háčiky a šidlá z Çayönü Tepesi vo východnom Turecku. Meď, z ktorej boli vyrobené, pochádzala z 20 km vzdialeného Ergani Madenu, ložiska medených rúd, ktoré sa ťaží dodnes. Artefakty z Çayönü Tepesi patria medzi mimoriadne archaické príklady rýdzej medi spracovanej v ohni pyrotechnológiou. Háčiky a šidlá boli zahriate a vyklepané do požadovaného tvaru, no kováč zrejme neovládal technológiu tvrdenia medi. Artefakty z Çayönü Tepesi sú príkladom remeselnej produkcie prechodného obdobia medzi neolitom a bronzovou dobou (Earl, 1994).

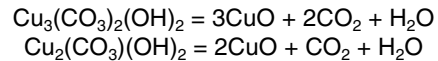
Okolo roku 5000 pred Kr. sa menšie množstvo medi začalo taviť aj v Anatólii (v centrálnom Turecku). Rozsypy medených a cínových rúd bolo možno nájsť aj v riekach Sýrie. Na Balkáne je ťažba v medených baniach doložená už z roku 4800 pred Kr., a to najmä na lokalite Rudno Glava a Aibumar v Bulharsku a Jarmovac v Srbsku.



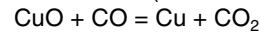
**Obr. 1.** Agregát kryštálov prírodnej rýdzej medi Cliff mine (Keweenaw County, Michigan; foto John A. Jaszczak).

**Fig. 1.** Native copper crystal aggregate from Cliff mine (Keweenaw County, Michigan; photo John A. Jaszczak).

Na rozdiel od rýdzej metalickej medi bolo treba meď z malachitu a azuritu najprv metalurgicky získať. Meď sa taví pri 1085 °C. Pri zahrievaní sa začne karbonatická zložka minerálov vydelať v podobe vodnej pary a oxidu uhličitého a ruda sa mení na oxid medi



Pri asi 1100 °C vzniká v ohni z CuO ako výsledok pôsobenia CO metalická meď (Cowen a Thomas, 2003)



Cín – nevyhnutná surovina na výrobu klasického bronzu – sa v prírode vyskytuje najčastejšie vo forme oxidu – kasiteritu (SnO<sub>2</sub>). Tavením pomocou dreveného uhlia sa starovekým metalurgom darilo oxid redukovať a získať metalický cín. Jediný doklad o tomto technologickom postupe sa zachoval v St. Austeli v Cornwalli (Muhly, 1985).

### Arzénový bronz

Okolo roku 3800 pred Kr. kmene usadené na pobreží Stredomoria a Atlantiku už ťažili meď vedome. Prospekcia, ťažba rúd a ich spracúvanie kládli značné nároky na organizáciu spoločnosti. Začali sa z nej vyčleňovať skupiny špecialistov – baníkov, hutníkov, kováčov a remeselníkov, úradníkov i vojakov a roľníci s pastiermi mali pre nich zabezpečovať nevyhnutné potraviny. Po roku 3500 pred Kr. začala v Mezopotámii spotreba zlata, striebra, olova a medi prudko rásť (Gale et al., 1985). Blízky východ bol bohatý na medené rudy a ložiská farebných kovov, ktoré sa v Iráne ťažia aj v súčasnosti. Cesta k výrobe bronzu napriek tomu nebola jednoduchá. Významným faktorom, ktorý brzdil vývoj v tomto smere, bolo, že ložísk cínu je podstatne menej ako ložísk medi a len málokedy sa vyskytujú spolu. Medenú mineralizáciu naopak často sprevádzajú arzénové rudy (ktoré tvorí hlavne arsenopyrit, tennantit, löllingit a prípadne Cu-As minerály – enargit, luzonit). Tieto rudy sú neporovnateľne hojnejšie zastúpené ako rudy cínu a prví metalurgovia čoskoro zistili, že



**Obr. 2.** Kryštály kasiteritu z Cornwallu (foto John Betts).

**Fig. 2.** Kasiterite crystals from Cornwall (photo John Betts).

prímes arzénu zlepšuje úžitkové vlastnosti medi, najmä tým, že výrazne zvyšuje tvrdosť kovu, a preto začali do medi pridávať arzén a to okolo roku 3500 pred Kr. značilo začiatok výroby „arzénového bronzu“ (Gale et al., 1985). Najstaršie bronzové artefakty sú známe zo začiatku 4. tisícročia pred Kr. z oblasti majkopského kultúrneho okruhu z Kaukazu. Odtiaľ sa technológia výroby bronzu rozšírila do Mezopotámie a neskôr aj do povodia Indu (Muhly, 1985).

Spred roku 3000 pred Kr. nie je nijaký nález klasického cínového bronzu. V celom západnom Stredomorí a na Kréte sa bronz ešte aj po roku 3000 dlho vyrábala pridávaním arzénu a v Anatólii primiešavaním arzenopyritu (azda i ďalších As minerálov) do medenej rudy. Cín tvrdý bronzom, vyskytujúci sa v tomto ranom období v Anatólii, vznikol pravdepodobne len náhodným primiešavaním cínového minerálu stanínu.

### Cínový bronz

Začiatok doby bronzovej nie je jasný. Spravidla sa kladie do obdobia okolo roku 3000 pred Kr. a jej trvanie možno sledovať až do roku 1100 pred Kr., v Británii dokonca oveľa dlhšie (2500–500 pred Kr.).

Bronz ako prví začali v masovom meradle používať Sumeri. Bronzové nálezy z Uru a Susy sú už spred roku 3000 pred Kr. (Cleuziou a Berthoud, 1982; Moorey, 1982). Okrem mnohých iných prvenstiev im treba priznať aj to, že boli prvými mineralógmi. Poznali vyše 150 minerálov, medzi nimi aj kasiterit. Jeho primiešavaním do medenej rudy vznikala tvrdá, „ázijská med“. Tento názov sa objavuje v egyptských textoch okolo roku 2500 pred Kr.

Prímes cínu a jeho pomer voči arzénu v archaických bronzových výrobkoch čo do kvantity kolíše. Ako ukázal Tallon a Malfroy (1987) a Ryck et al. (2005) na príklade bronzu z oblasti Susy, obsah As voči obsahu Sn v 3. tisícročí postupne klesal. Takýto bronz okrem cínu obsahuje aj iné kovy (napr. zinok a antimón). Z kultúrneho okruhu Uru a Susy je z tohto obdobia známy aj bronz, ktorý okrem arzénu má aj vysoký obsah olova (až 14 %) a prímesi striebra a niklu (Tallon a Malfroy, 1987; Müller-Karpe, 1991). Zinok, antimón a olovo boli pravdepodobne prírodnou súčasťou použitej

medenej rudy, ktorá v istom množstve obsahovala aj galenit (PbS), sfalerit (ZnS), antimonit (Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>) či tetraedrit. Neskôr sa pri výrobe bronzu ustálil pomer 90–95 % medi a 5–10 % cínu. Arzénový bronz sa cínovým nahrádzal až okolo roku 1500 pred Kr. (Lechtman a Klein, 1999; Schiegl, 1994).

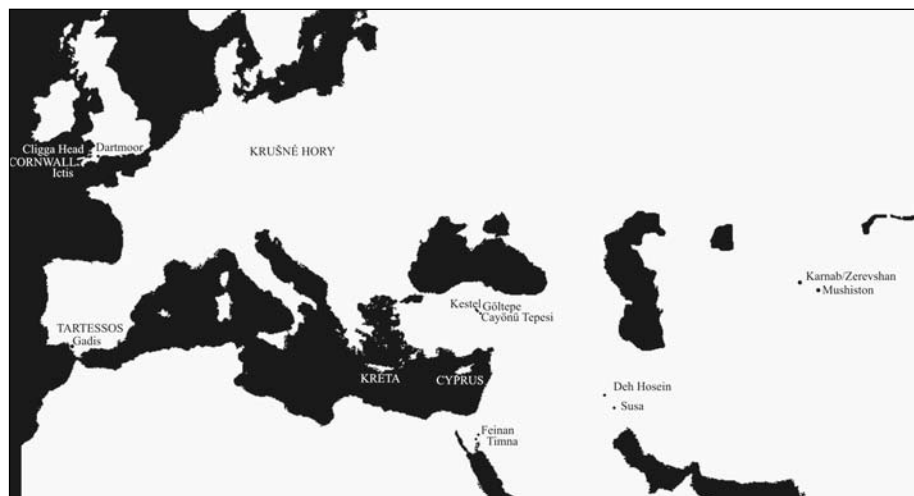
Bronz umožňoval rozvoj obchodu a expanziu civilizácií a získavanie medených a cínových rúd viedlo k rozvoju baníctva. Na ochranu nálezísk kovov bolo treba postaviť armádu, na rozvoj obchodu vybudovať lodstvo, a tak produkciu bronzových artefaktov mohli zabezpečiť len rozvinuté remeselné centrá.

### Rudné zdroje bronzu

Najstaršie nálezy bronzu v západnej Ázii sú známe z Mezopotámie z lokality Tepe Gawara, Ur a Tell Judeidah, z jz. Iránu (Susa) a zo západnej časti centrálneho Iránu (Kaleh Nissar) z konca 4. a začiatku 3. tisícročia pred Kr. (Cleuziou a Berthoud, 1982; Moorey, 1982; Stech a Pigott, 1986). V polovici 3. tisícročia sa už bronz značne rozšíril od Perského zálivu po egejskú oblasť (Pernicka et al., 1984; Stech a Pigot, 1986; Weeks, 1999; Fleming et al., 2005). Žiadna z týchto oblastí nemá potrebné rudné zdroje, a preto ho starovekí producenti bronzu museli dovážať z okolitých regiónov.

Medzi dôležité otázky bronzovej doby patrí pôvod cínu. Staré mezopotámske texty veľa ráz opakujú, že sa surovina dovážala z V aj z J, ale na Iránskej planine nijaké ložiská cínu neboli známe, a tak historici uvažovali o jeho možnom dovoze zo vzdialených Britských ostrovov. Až nedávno geológovia v spolupráci s archeológmi objavili v centrálnej časti pohoria Taurus blízko mesta Kestel staroveké cínové bane (obr. 3) s vyše štyridsiatimi šachtami (obr. 4a), v ktorých sa v rokoch 3290–1840 pred Kr. ťažil kasiterit (Yener in Wilford, 1994). Objem podzemných priestorov týchto banských diel je približne 4600 m<sup>3</sup>.

Kasiteritová skarnová mineralizácia vystupuje v mramorizovanom vápenci v nadloží kremitých bridlíc a je geneticky spätá s granitovou intrúziou. Zrudnenie je väčšinou impregnačné, ale lokálne je mineralizovaná aj sieť jemných trhlín a metasedimentárne súvrstvie na niektorých



Obr. 3. Hlavné náleziská medi a cínu v Starom svete.

Fig. 3. The main occurrences of copper and tin in the Old World.



**Obr. 4.** Antická cínová baňa v Kesteli v Anatólii (Aslihan-Yener et al., 1997).

**Fig. 4.** Ancient tin mine in Kestel, Anatolia (Aslihan-Yener et al., 1997).

miestach prerážajú tenké kremenno-kalcitovo-hematitové žily s kasiteritovou mineralizáciou. V zrudnení možno rozlíšiť dve mineralizačné fázy – staršiu, bohatú na kasiterit, a mladšiu, hematitovú, s nízkym obsahom cínu (Willies, 1992). Kasiteritové kryštály sú veľké od 10 do 200  $\mu\text{m}$ , drobné priehľadné a bezfarebné a väčšie zrná oranžovočervené (Laughlin a Todd, 2000). Hematit sa vyskytuje v troch modifikáciách – ako spekularit, sivý hematit a červený zemitý oker. Obsah cínu v rude kolísal od 25 ppm (Hal a Steadman, 1991) do viac ako 2 % (Willies, 1990). Baníci pracovali kamennými nástrojmi (na lokalite sa našlo vyše 50 tisíc kusov pracovných nástrojov a keramiky) a pri lámaní horniny si pomáhali aj ohňom. Na prácu sa hojne využívali aj deti (v banských dielach sa našlo viac detských kostrových ostatkov). Williesov (l. c.) odhad, že sa tam vyťažilo 12 075 t rudy s priemerným obsahom 1 % Sn, považujú iní autori (deJesus, 1980; Aslihan-Yener, 1994a, b, 1997; Gale et al., 1985) za nerealistický a predpokladajú, že za tisícročnej banskej aktivity sa vyťažilo asi 5 tisíc t rudy, z ktorej sa v blízkom Göltepe (obr. 3, 4b) získalo 115–200 t cínu s prímiesou olova a striebra, ako aj menšie množstvo zlata a hematitového pigmentu.

Pokiaľ kasiterit tvoril impregnácie v spekularite, starovekí baníci a metalurgovia ho získavali sofistikovanou technologickou úpravou. Rudu pražili pri teplote 700–850 °C, čím dosiahli zmenu šupinkovitého sivočerveného spekularitu na tvrdší čierny magnetit, ten potom rozdrvili a vo vodnom prostredí z neho šľichovaním získali kasiterit (Laughlin a Todd, 2000).

Okolo roku 2350 pred Kr. dobyl Sargon I. mestské štáty Sumeru, ovládol južnú Mezopotámiu a vytvoril Akkadskú ríšu (2340–2195) a tá expandovala až po Stredomorie a obsadila aj Anatóliu (Bartík, 1994). Zachovali sa údaje

o tom, že jediná oslia karavána dovezla z Anatólie do Assuru 12 t cínu, množstvo dostatočné na výrobu 125 t bronzu, ktorý stačil na vyzbrojenie veľkej armády. Archeológovia odhadujú, že sa ročne v oblasti Göltepe vyťažila v priemere viac ako t cínu, čo umožnilo vyrobiť 10 t bronzu. Ťažiarci predávali cín za striebro a zlato. Göltepe sa zmenil na bohaté mesto, ale politická a vojenská moc bola sústredená inde.

Vláda Sargonovej dynastie sa zrútila v občianskej vojne okolo roku 2150 a mocenské vákuum zaplnila silnejúca Starobabylonská ríša, ktorej zakladateľom bol Chammurapi (1792–1750). Po páde Babylonu sa nad Mezopotámiou rozprestrela vláda prvej skutočnej starovekej veľmoci Blízkeho východu – Asýrie (Hroch, 1977).

Zdá sa, že staroveký Blízky východ nezasobovali len anatólske ložiská. Tie nemohli pokryť celú spotrebu cínu a ložiská v Cornwalli a v Krušných horách (obr. 3) boli pre obyvateľov blízkovýchodného regiónu nedostupné. Niektorí archeológovia veria, že časť cínu v staroveku mohla pochádzať aj z baní na Kaukaze (Levine a Bond, 1994).

Nedávno boli v Iráne objavené staré cínové bane v Deh Hoseine (Momenzadeh et al., 2005) a niekoľko bronzových artefaktov luristanského štýlu (Overlaet, 2004) datovaných do obdobia 1300–1250 až 650 pred Kr. Ložisko Deh Hosein (obr. 3) leží 45 km na JZ od mesta Arak vo východnej časti centrálného horského masívu Zagros, ktorý tvorí sv. hranicu Luristanu. Pozostatky starovekej ťažobnej aktivity zaberajú plochu 4,4 x 6 km. Baňami boli veľké elipsovité jamy (obr. 5), pingy veľké od 70 do 50 m, hlboké okolo 15 m a tvorili dva rady dlhé 500 m sledujúce mineralizovanú štruktúru. Na lokalite sa našlo aj niekoľko granitových kamenných mlatov a mlatov zo silicifikovaného fylitu. Bane boli v činnosti v období 1775–1522 pred Kr. (Nezafati et al., 2006).

Ložisko Deh Hosein je situované v metasedimentárnych horninách jurského veku, do ktorých intrudoval astanežský granitoidný komplex. Hydrotermálna mineralizácia vystupuje v kremenných a kremenno-sulfidických žilách a vo forme impregnácií v metamorfovanom pieskovci, fylite a v škrvritých bridliciach prerázaných kremennými žilami. Nezafati et al. (2005) opísali z ložiska 30 rudných minerálov, ale ich paragenetické vzťahy nie sú doriešené (Nezafati et al., 2006). Najhojnejší je arzenopyrit s neviditeľným zlatom (obsah Au do 1900 ppm, Bi 1, Sb 1,61 a Se 0,5 %), o čosi menej hojný je chalkopyrit, pyrit, pyrotit, kasiterit, zriedkavejšie aj markazit, löllingit, ferberit, sfalerit, meď, bizmut, viaceré Bi oxidy, limonit, goethit, malachit, kuprit, bornit, covellit, Cu sulfidy, galenit a viac ďalších minerálov (l. c.).

Zdá sa, že Deh Hosein patril medzi najdôležitejšie ložiská starého sveta v 2. tisícročí pred Kr., odkiaľ čerpali cín civilizácie Mezopotámie a azda aj Západu. Na potvrdenie tohto predpokladu sa analyzovali stopové prvky a Pb izotopy (obr. 6) z rúd z Deh Hoseinu a z početných bronzových artefaktov z oblasti južného Perského zálivu a Egejského mora.

Využívanie izotopov Pb na potvrdenie pôvodu rudných zdrojov pri výrobe bronzu sa v súčasnosti považuje za jednu z možných vyskumných metód, ale aplikácia tohto postupu je v istých prípadoch dosť diskutabilná. Výhodou je, že izotopové zloženie Pb z jednej rudnej mineralizácie býva viac-menej konštantné a pri metalurgickom spracúvaní sa nijako nemení (Hezarkhani a Pernicka, 2000). Pokiaľ sa pri výrobe bronzu používa rudná surovina z viacerých ložísk, mení sa izotopový pomer Pb (l. c.), a preto je takéto štúdium využiteľné skôr na vylúčenie niektorého zdroja ako na jeho jednoznačné potvrdenie.

Nezafati (l. c.) uvádza, že ruda z Deh Hoseinu má úzky rozptyl variácie izotopových pomerov Pb bez ohľadu na to, či olovo pochádza z Cu minerálov, galenitu, arzenopyritu alebo zo Sn minerálov. Kov študovaných artefaktov z 1. a 2. tisícročia pred Kr. pochádzajúcich z oblasti Luristanu, z južnej oblasti okolia Perzského zálivu, zo západného Turecka a Mezopotámie má porovnateľné izotopové zloženie Pb a porovnateľný obsah stopových prvkov ako rudné minerály z ložiska Deh Hosein, čo naznačuje totožný zdroj, čiže predpoklad, že boli zhotovené z rúd vyťažených na ložisku Deh Hosein (Weeks, 2004). V súčasnosti je ložisko Deh Hosein jediným známym ložiskom cínu v blízkosti Mezopotámie.

Ďalším regiónom s výskytom medi, malachitu a azuritu v asociácii s rudami zlata a cínu bol v jv. Uzbekistane, Tadžikistane a v Afganistane a odtiaľ sa tieto suroviny vyvážali na J do Mezopotámie (Litvinskij, 1950; Parzinger a Boroffka, 2001).

V údolí rieky Zeravšan v Uzbekistane (obr. 3) narazili archeológovia pri osade Karnab na asi 20 starovekých cínových baní (l. c.). Najlepšie preskúmaná štôlna je dlhá 35 m a leží v kontaktnej zóne granitovej intrúzie a vápencových útvarov devónskeho veku starých 415–355 mil. rokov (Marshukova et al., 1985). Žily majú smer V–Z. Ťažil sa tam hlavne kasiterit. Obsah cínu v rude neprekračoval 2 % (Cerny, 1995). V rokoch 1600 až 800 pred Kr. mohla ruda dať asi t cínu.

Ďalšia exploatovaná lokalita bola v Mušistone v Tadžikistane, asi 150 km na V od Samarkandu a na J od Zeravšanu.

Nachádza sa vo výške 3000 m nad morom (Cerny, 1995). Mušistonské bane boli činné asi od roku 2400 do roku 800 pred Kr. Pracovali v nich príslušníci andronovskej kultúry a ťažili ľahko rozpoznateľnú olivovozelenú rudu. Žily s rudou vystupujú vo vápencových vrstvách a bridliciach devónskeho veku. V oxidačnej zóne sa okrem primárneho stanínu vyskytoval aj malachit, azurit, kasiterit a dva zriedkavé hydroxidy medi – varlamofit –  $(\text{Sn, Fe})(\text{O, OH})_2$  a mušistonit –  $(\text{Cu, Zn, Fe})\text{Sn}(\text{OH})_6$ . Baníci nedokázali rudninu spracovať na mieste (vedeli spracúvať len meď, ale nie vyrábať bronz), len ju drvili a exportovali na J do Mezopotámie (l. c.).

Významným zdrojom medi starovekého Blízkeho východu bolo okolie Feinanu v Levante. Bane vo Feinane a v blízkom Wadi Amram tvorila sústava až 55 m dlhých štôlní. Ale známejšie sú bane na Sinajskom polostrove v údolí Timna (obr. 3) blízko zálivu Eilát (obr. 7), odkiaľ je opísaných asi 300 výskytov cínovej mineralizácie a ďalších 400 výskytov na Sinajskom polostrove. V metalurgických peciach sa kúrilo drevom akácií. Takéto pece sa zachovali už z 5. tisícročia pred Kr., ale aj z rokov 1180–1350 pred Kr. Technológia tavenia sa postupne zdokonaľovala, a tak umožňovala priebežne zachytávať z pecí vytekajúcu trosku bez toho, aby sa prerušilo tavenie rudy a na dne pece potom zostával medený ingot nepravidelného tvaru. Toto zlepšenie šetrilo vzácne palivo. Pokles a zastavenie ťažby súviseli s vyrúbaním akáciových lesov a s nedostatkom dreva potrebného na tavenie rúd (Willies, 1991).

Sú záznamy o tom, že starí Egypťania ťažili meď a tyrkys na Sinaji už v období 5. a 6. dynastie, za vlády Džedkareho (2414–2375 pred Kr.), Pepiho I. (2321–2287 pred Kr.) a Pepiho II. (2278–2184 pred Kr.). Prvé nálezy bronzu v Egypte sú už z obdobia 3000 pred Kr., no až do roku 2000 pred Kr. išlo výlučne o arzenový bronz. Používanie cínového bronzu sa v údolí Nílu rozšírilo až za 18. dynastie (1550–1295 pred Kr.; Shaw, 2000). Rozvoju metalurgie bránilo to, že Egypt nemal lesy, a preto mu chýbalo na spracúvanie rúd drevo. Už okolo roku 3000 pred Kr. musel dovážať z Byblosu cédre na stavbu lodí, chrámov i nábytku. Bronz bol v staroveku veľmi drahý, a preto sa staré artefakty recyklovali.



**Obr. 5.** Pozostatky starovekých dobývok v Deh Hosein (Nezafati et al., 2005).

**Fig. 5.** Remnants of ancient mining activities in Deh Hosein (Nezafati et al., 2005).

V rokoch 1300 až 1100 pred Kr. sa Egypťania zmocnili baní v Timne. Med' odvážali do Egypta v podobe malachitového prášku a tam z nej vyrábali sekerky, čepele a náramky. Takéto predmety z Timny z rokov 4000–3200 pred Kr. sa našli napríklad pri vykopávkach v Maadí (Midant a Reyes in Shaw, 2000). Malachitový prášok sa hojne využíval aj ako kozmetický prípravok na očné tieň a zvýrazňovanie očných línií. Spomienkou na banícku činnosť v tejto oblasti je aj chrám bohyně Hathor (*Panej tyrkysu*) v Serábet el-Chádin uprostred údolia Timna, ktorý dal postaviť Setchi I. (1318–1304 pred Kr.; Siliotti, 1994).

Timna nebola jediným zdrojom medi Egypťanskej ríše. Domáce zdroje neťažili, ale dovážali ju aj z Cypru, kde boli veľké náleziská medenej rudy. Zachovalo sa 40 antických hál obsahujúcich viac ako 4 milióny t trosky (Meyers, 1997). Cyperských Mykéncov okolo roku 1300 pred Kr. ovládli Achájci. Aj obyvatelia Tróje, rovnako ako ich mykénski premožítelia, používali bronzové nástroje a zbroj. Homérovi hrdinovia (okolo roku 1100 pred Kr.) bojovali „cyperským bronzom“. Okolo roku 1470 platil Cyprus Tutmosovi III. tribút 108 ingotov medi, z ktorých každý vážil 30 kg (Bass, 1987). Baníctvo medi sa na Cypre skončilo pre nedostatok dreva okolo roku 300 po Kr. Podľa objemu zachovaných antických hál možno predpokladať, že sa tu vyťažilo 200 tisíc t medi (Pernicka et al., 1984). Ďalšou lokalitou, odkiaľ Egypťania dovážali med', bola južná časť Pyrenejského polostrova a „africký roh“ (neskôr Britské Somálsko).

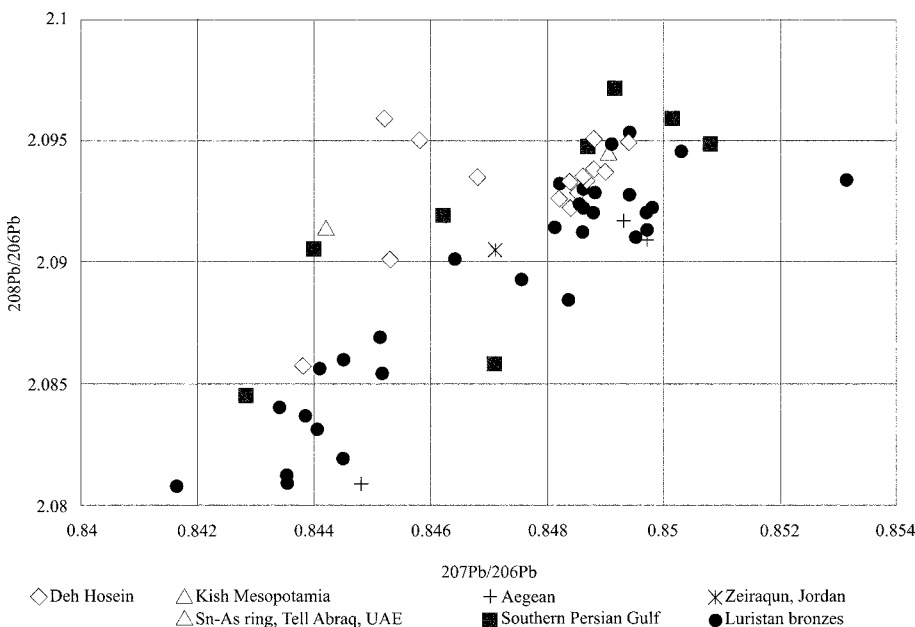
V Grécku, a predovšetkým na Kréte ranomínójska kultúra vybudovala rozsiahlu obchodnú sieť, ktorá zabezpečovala export bronzových výrobkov (obr. 8). Neskôr viaceré klientské štáty minójskej kultúry stratili pri morových epidémiách veľkú časť populácie a obchod upadol. Niektorí odborníci predpokladali, že koniec obchodu s bronzom spôsobilo vyrúbanie cyperských lesov, ale zistilo sa, že aj v neskorej bronzovej dobe sa tu hojne páliło drevené uhlie, takže ostrov zaiste nemohol trpieť nedostatkom dreva potrebného na metalurgiu. Iná teória hovorí, že obchodnú sieť s bronzom zničil rastúci význam železa.

Železo sa začalo vyrábať okolo roku 1400 pred Kr. Prvé strediská spracúvania železnej rudy sú známe z Malej Ázie. Používanie železa sa rýchlo šírilo hlavne po roku 1200 pred Kr. Za začiatok železnej doby v Grécku sa pokladá obdobie okolo roku 1100 pred Kr., ale bronz naďalej mal významnú úlohu a „dejiny bronzu“ neskorej bronzovej doby patria medzi najskvelejšie kapitoly jej civilizačných zásluh. Ďalší predpoklad dáva zánik minójskej civilizácie do súvislosti s výbuchom sopky Théry, vzdalenej od Kréty sotva 40 km. Predpokladá, že silné vlnobitie zničilo mestá na pobreží Kréty alebo aspoň minójske loďstvo v prístavoch a to potom podľahlo mykénskemu námorníctvu, takže kolónia si podmanila pôvodného kolonizátora. Nemožno vylúčiť ani vážne politické a obchodné chyby Minójanov (Meyers, 1997).

Geochemický výskum (izotopová analýza Pb) niektorých stredomorských bronzových artefaktov z obdobia okolo roku 1750 pred Kr. indikuje, že už v tom období časť cínu používaného pri výrobe bronzu pochádzala z Británie (l. c.).

Mojžiš (Biblia, 31, 8 21–23) okolo roku 1500 pred Kr. spomína šesť kovov a jedným z nich je cín: „*Kňaz Eleazar hovoril bojovníkom, ktorí sa zúčastnili na vojnovéj výprave: To je zákonný predpis, ktorý dal Pán Mojžišovi: Zlato, striebro, med', železo, olovo a cín, všetko, čo odoláva ohňu, musíte prečistiť v ohni.*“ Ďalšia zmienka o cíne je u Izaiáša (1, 25). Autor v nej použil metaforu súvisiacu so spracúvaním cínu: „*Obrátim na teba svoju ruku, vyčistím ňu lúhom tvoju trosku a odstránim všetko tvoje olovo.*“ Izraeliti cín predtým, ako ho objavili v Palestíne, kupovali v Tyre, kam ho dovážali fenické námorníci z Tartessossu (obr. 3). Ezechiel (27, 12) píše: „*Taršiš bol tvojím kupcom pre množstvo rôzneho bohatstva, dodávali tvoj tovar za striebro, železo, cín a olovo.*“ Kráľ Šalamún získaval med' v púšti na J blízko Eilátu (bane po tisícročiach nedávno znovu otvoril moderný izraelský štát).

V neskorej bronzovej dobe okolo roku 1000 sa najdôležitejšími výrobcami a obchodníkmi s bronzom v Stredomorí stali Feničania. Ovládli nielen obchod s bronzom, zlatom



**Obr. 6.**  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  vs.  $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  diagram vzoriek rúd z ložiska Deh Hosein v porovnaní k izotopovému zloženiu olova v bronzových artefaktoch z východného Stredomorja (Nezafati et al., 2006).

**Fig. 6.**  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  vs.  $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  plot of ore samples from Deh Hosein in comparison with lead isotope composition from bronze artefacts from various localities from Eastern Mediterranean (Nezafati et al., 2006).



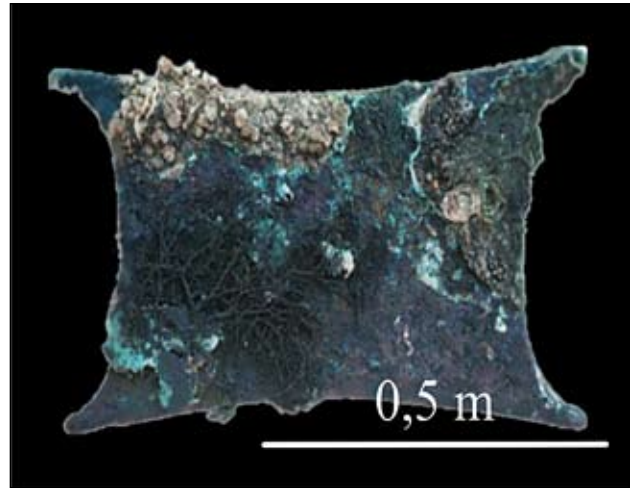
**Obr. 7.** Staroveké medené bane v Timne (Sinajský polostrov, foto Rick Dennis).

**Fig. 7.** Ancient copper mines in Timna (Sinai peninsula, photo Rick Dennis).

a striebrom, ale aj s farebným sklom, drevom (hlavne cédrovým) a purpurou. Predávali aj alabastrové nádoby s voňavkami a slávny papyrus, ktorý vyrábali v Byblose. Súčasne začali intenzívne kolonizovať J Pyrenejského polostrova.

V tom čase sa na J Pyrenejského polostrova v Tarsessose asi v oblasti Rio Tinto ťažili meď a cín. Garcia Bellido (in Arteta et al., 1995) uvádza: „*Tarsessos nesie meno podľa rieky Baetis. Táto rieka priteká z keltského kraja... a pramení v striebornej hore. Jej prúd unáša nielen striebro a cín, ale aj hojnosť zlata a medi... Mesto Tartessos sa týči uprostred rieky medzi jej dvomi ramenami.*“ Ide o biblický Taršiš? Nemožno to úplne jednoznačne rozhodnúť. Zachoval sa údaj o tom, že pri tavení rúd sa tam denne spotrebovalo až 260 t dreva. Bronzová doba v južnej časti Pyrenejského polostrova sa nazýva podľa lokality El Algar, ktorej najväčší rozmach spadá do obdobia rokov 1700 až 1200 pred Kr., ako „*algarická kultúra*“ (Ruiz, 1993).

Cín sa tu v takzvanom *iberskom pyritovom pruhu* vzácné vyskytoval spolu s medenými rudami (masívnym chalkopyritom vulkanickosedimentárneho pôvodu). Tvoril kasiteritové šošovky, sústavy tenkých žiliek a noduly vo vulkanických horninách a v zónach telies tektonicky podrveného vápenca výrazne premenených horúcimi rudonosnými roztokmi a kontaktnou tepelnou metamorfózou na styku s granitovými telesami a greizenmi. Kasiterit lokálne sprevádzali aj iné (mladšie) cínové minerály: stanín –  $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$ , késterit –  $\text{Cu}_2(\text{Fe}, \text{Zn})\text{SnS}_4$ , stanoidit –  $\text{Cu}_5(\text{Fe}, \text{Zn})_2\text{SnS}_8$  prípadne mawsonit –  $\text{CuFe}_6\text{Sn}_2\text{S}$ , ktoré vznikli ako výsledok lúhovania kasiteritu mladšími hydrotermálnymi roztokmi, ktoré vytvorili na báze ložiska veľké akumulácie medených (chalkopyritových) rúd. Pôvodné malé akumulácie cínu sa viac-menej vyťažili už v predhistorickej dobe, ale odhaduje sa, že len v mineralizovanej zóne okolo Neves-Corva a Tartessusu je stále zásoba asi 105 tisíc t cínu (Mateus et al., 1998; Gaspar a Pinto, 1993; Marcoux, 1998). Ako vek mineralizácie sa udáva famen, visén a vestfál (vrchný devón, spodný a vrchný karbón, cca 370–300 mil. rokov; Routhier et al., 1980). Zásoba sulfidických rúd sa tu odhaduje stále na 1700 miliónov t (Leistel et al., 1994).



**Obr. 8.** Kréta – antický ingot medi (Pulak, 2002).

**Fig. 8.** Creta – Ancient copper ingot (Pulak, 2002).

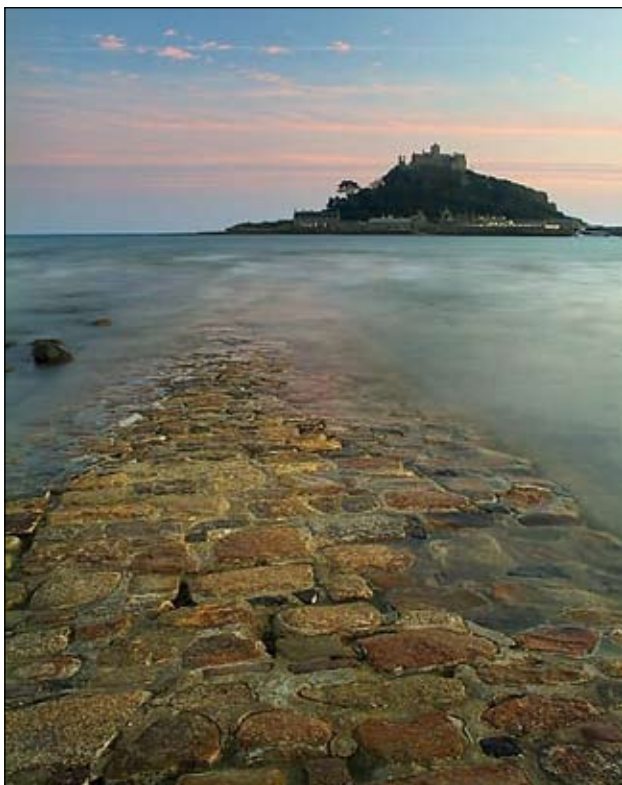
O obchod s tunajším cínom sa čulo zaujímali aj Feničania. O existencii fenického prístavu Carteia v Gibraltarskom zálive sú záznamy z roku 850 pred Kr. a o obchodnej základni v Tartessosse v ústí rieky Guadalquivir z roku 1500 pred Kr. (McKay a Buckler, 1988). Feničania tam sprvu obchodovali spolu s Grékmi a Izraelitmi (Pernicka et al., 1984).

Ako možný zdroj cínu v západnom Stredomorí nemožno vylúčiť ani cínové ložiská v severnej Lusitánii, v provincii Callaecia a Astúria (severné Portugalsko a Galícia), ale o využívaní v bronzovej dobe nie sú písomné ani archeologické nálezy.

Množstvo cínu a medi z týchto lokálnych zdrojov však zrejme nestačilo pokryť rastúcu spotrebu v Stredomorí. Asi väčší význam ako miestne bane mal pre Tartessanov obchod s cornwallským cínom. Aj Kartáginci sa o týchto ložiskách cínu pravdepodobne dozvedeli práve od obyvateľov Tartessosu (Arteta et al., 1995). Zdá sa, že Kartáginci niekedy okolo roku 500 pred Kr. Tartessanov zničili a obchodu s cínom sa zmocnili sami (Arteta et al., 1995). Aby ho mohli ďalej rozvíjať, založili prístav Gadis (dnešný Cádiz), kde už od roku 1100 pred Kr. žila nepočetná kolónia Feničanov (na prelome 6. a 5. stor. pred Kr. ležal Gadis na ostrove, ktorý je dnes spojený s pevninou).

Časť cínu v Stredomorí pochádzala z lokálnych zdrojov. Tak napríklad malé cínové bane z obdobia 2400–1400 pred Kr. sú známe z Mallorky, kým Etruskovia našli cín v toskánskych horách a železo na Elbe (obr. 3). Zhotovovali krásne bronzové predmety a konkurovali Feničanom a Grékom.

Kartáginci sa na svojich skvelých lodiach okolo roku 550 pred Kr. vydali preskúmať *Vonkajšie more* za *Malkatovými stĺpmi* (Gréci a Rimania ich neskôr nazvali Herkulove stĺpy; dnes Gibraltárska úžina). Z prístavu Gadis sa podľa Plínia vydal roku 450 pred Kr. kartáginský moreplavec Himilko do severného Atlantiku „*preskúmať najkrajnejšiu hranicu Európy.*“ Himilkova cesta trvala štyri mesiace. Z Plíniových Dejín prírody (Inventorum natura) z roku 77 po Kr. a z Avieniovej básne Ora Maritima z roku 300 po Kr. sa dozvedáme, že sa Himilko plavil na S pozdĺž iberských brehov a pobrežia Galie, až kým nedosiahol neobývané



**Obr. 9.** Na ostrov Ictis (Mont St. Michael), ktorý slúžil v staroveku ako sklad cínu, sa možno v čase odlivu dostať po suchej zemi.

**Fig. 9.** The isle Ictis (Mont St. Michael), where the tin deposit was in the Ancient times, can be visited using the road during the ebb tide.

brehy Bretónska (Bartík, 1994), a odtiaľ na súostrovie Scilly pri Cornwalli (obr. 3). Tieto ostrovy vtedy asi slúžili ako sklad cínu. Cornwallský cín sa vo forme ingotov prevážal na ostrov Ictis (dnes Mont St. Michael), na ktorý sa v čase odlivu dalo prejsť suchou nohou (obr. 9). Tam cín naložili na obchodné lode a dopravili do Stredomoria.

Cín z tunajších rozsypových ložísk v Cornwalli sa isto hojne využíval v miestnej metalurgii (aj o Británii platí, že najstarší bronz neobsahoval cín, ale prídavok arzenu), ale rozsah obchodu s cínom v tom období zostáva neznámy (Brooks, 1974).

Strabón (3, 175) v roku 7 pred Kr. uviedol, že na Cassiteridese (v Cornwalli) boli náleziská cínu a olova, s ktorými miestni obyvatelia obchodovali a ktoré predtým spravovali výlučne Feničania a s ním v Gadise obchodovali. Feničania dlho žiarlivo strážili tajomstvo zdrojov cínu. Povešť hovorí, že akýsi fenický kapitán radšej nabehol so svojou loďou na plytčinu, než aby umožnil rímskej lodi, ktorá ho sledovala, spoznať cieľ jeho plavby. Kartágo obetavému námorníkovi uhradilo cenu lode i strateného nákladu.

Diodorus Siculus (5, 21, 22) roku 68 napísal, že sa cín z Cornwallu vozil loďami cez Severné more do Bretónska a odtiaľ pokračoval do stredomorskej oblasti dvomi spôsobmi – 1. po mori cez Biskajský záliv popri rozoklanom skalnatom pobreží Galície na J do Cádiz a 2. po Seine cez Burgundský priesmyk k Saône a po Rhône cez Lyon, Vienne a Arles do Massilie (Marseille). Touto obchodnou cestou sa vozila aj

soľ, rôzne kovy, sklo, jantár, šperky, potreby pre domácnosť i luxusný tovar. Cesta vnútrozemím Galie bola rýchlejšia a bezpečnejšia, ale bolo treba platiť mnohé colné poplatky keltským kmeňom, a tak zostala námorná doprava cínu do Cádiz konkurencieschopná. Kartágo disponovalo väčším počtom lodí ako Gréci a malo skúsenejších a obratnejších námorníkov, kým cesty po súši zase ovládli Gréci. Obchod s cínom v Marseille mali v rukách práve oni a s podporou Rimanov úspešne konkurovali Feničanom.

Rím neskôr ťažil meď a cín v celom Stredomorí. Dôležitým zdrojom rúd sa stal dočasne napríklad aj ostrov Aethaleia, t. j. Elba, avšak už v 1. stor. pred Kr. musel miestnu metalurgickú činnosť pre nedostatok dreva zastaviť a rudu vozil loďami na spracovanie do Populónie v Etrúrii (Aigner-Foresti a Siewert, 1998).

Iulius Caesar vpadol roku 57 pred Kr. do Galie a roku 54 pred Kr. podnikol inváziu na Britské ostrovy. Skutočná rímska vláda nad Britániou sa však začala až roku 43 pred Kr. za cisára Claudia. Rimania sa zmocnili Cornwallu, tým aj cínových ložísk a obchod s cínom dosiahol jeden zo svojich vrcholov. Cínové ingoty v tvare písmena H (obr. 11) sa do Stredomoria hojne dovážali po súši aj po mori a dopyt po cennom kove bol stále veľmi veľký (obr. 12).

Kasiteritové ložiská v Cornwalli sú produktom horúcich pneumatolítico-hydrotermálnych mineralizačných procesov. Vyskytujú sa zväčša v najvyšších častiach granitoidných hornín (obr. 10) variského a postvariského veku (300–270 Ma), ktoré intrudovali do súvrstvia tvoreného devónskymi metamorfovanými sedimentmi (*killas*) a karbónskymi pieskovecami (*culm measures*). Granit vznikol z magmy bohatej na kremík a chudobnej na železo a horčík. Pri pomalom chladnutí sa vytvoril hrubozrnný granit s výrastlicami živca lokálne s kryštálmi dlhými až 20 cm (napríklad na lokalite Lands End). V metamorfnej aureole okolo granitoidných telies spôsobili fluidá a tie vytvorili v trhlinách chladnúcich telies ložiská cínovo-arzénovo-volfrámových rúd. V tesnej blízkosti granitov vznikli Pb-Zn, medené (chalkopyritové –  $\text{CuFeS}_2$ ) a arzénové rudy (arzenopyritové žily smeru S–J). Kým volfrámové zrudnenie je prednostne blízko granitových intrúzií, kasiterit často vystupuje priamo v materskej intrúzií granitu premeneného na greizen. Kasiterit má vo vysokoteplotnej zóne prevahu nad stanínom a volframitom. Tvorí impregnácie v greizene, čím vznikajú mohutné rudné pne (*zwittery*), alebo sa vyskytujú v kremenných žilách hrubých 1–10 cm, dlhých okolo 100 m a tvorí v nich nepravidelné rudné hniezda nerovnej veľkosti (Thorne, 1987). Až do stredoveku sa tu ťažilo viac cínu z rozsypov ako z baní. Posledná cínová baňa pri Camborne bola zatvorená roku 1997 (Denison, 1998). Medzi najznámejšie cínové ložiská v Cornwalli patril Mousehole, 3 km na J od Penzance, St. Agnes, 9 km na S od Redruthu (Kaličiak et al., 1983; Rapp, 2002) a Cligga Head, na S polostrova (obr. 10). Početné zrúcaniny cínových hút z 18. a 19. stor. lemujú cesty ešte aj dnes. Významnou cínovou baňou bolo aj ložisko Great Orme v severnom Wallese (Charoy, 1979).

V strednej Európe sa začala meď ťažiť okolo roku 2500 pred Kr. v Nemecku, v Krušných horách (obr. 3) a v Karpatoch. Od roku 2000 pred Kr. už poznala bronz celá Európa. Produkciu dobrej kvality poskytovali aj alpské, karpatské a české



bane. Najlepšie preštudovaná je produkcia bronzu v regióne Mitterberg v dnešnom Rakúsku, kde sa zachovali staroveké banské diela dlhé až 150 m (Görsdorf et al., 2004).

Na americkom kontinente boli najvýznamnejšie ložiská medi v Michigane blízko dnešných kanadských hraníc pri Hornom jazere, predovšetkým baňa na Isle Royal. Od roku 3000 do roku 2000 pred Kr. pracovalo v regióne asi 10 tisíc baníkov a podľa odhadov sa z tunajších ložísk vyťažilo približne 500 tisíc t medi (Coppens, 1999). Bola to najkvalitnejšia meď na svete. Baníci neboli otroci, ale slobodní ľudia. Zvyšky ich obydli a akéhosi chrámu objavili archeológovia pod hladinou jazera v Astalane a v Rock Lake. V okolí sa našlo aj 70 pohrebných mohýl s urnami spolnotených tiel.

Okolo roku 1200 pred Kr. sa ťažba na 200 rokov prerušila. Banské práce sa obnovili okolo roku 100 pred Kr. a pokračovali do roku 1320 po Kr. Množstvo exploatovateľného kovu v tomto období sa odhaduje na 2000 t. Bane na ostrove Isle Royal pokrývali plochu 60 x 8 km a banské diela dosahovali hĺbku 20 m. Technika ťažby bola rovnaká ako v Cornwalle. Baníci rozrušovali horninu ohňom, rozpálené skaly polievali studenou vodou a rozrušenú horninu a rudu potom dobývali kamennými mlatmi. V rokoch 1000–1400 pred Kr. sa vyťažená meď exportovaná do Mexika, kde ju kupovali Toltéči (Coppens, 1999), no nie je známe, ktorá civilizácia odoberala meď predtým. Geochemický výskum založený na štúdiu stopových prvkov naznačil, že aj mnohé artefakty objavené v hrobkách Inkov vzdialených tisícky kilometrov boli pravdepodobne vyrobené práve z medi od Veľkých jazier (Barry, 1999).

V Strednej Amerike sa cín vyskytuje hlavne v Mexiku v cínovej provincii Zacatecas (Hosler a Macfarlane, 1996). Inkovia v období svojej hegemonie v rokoch 1476

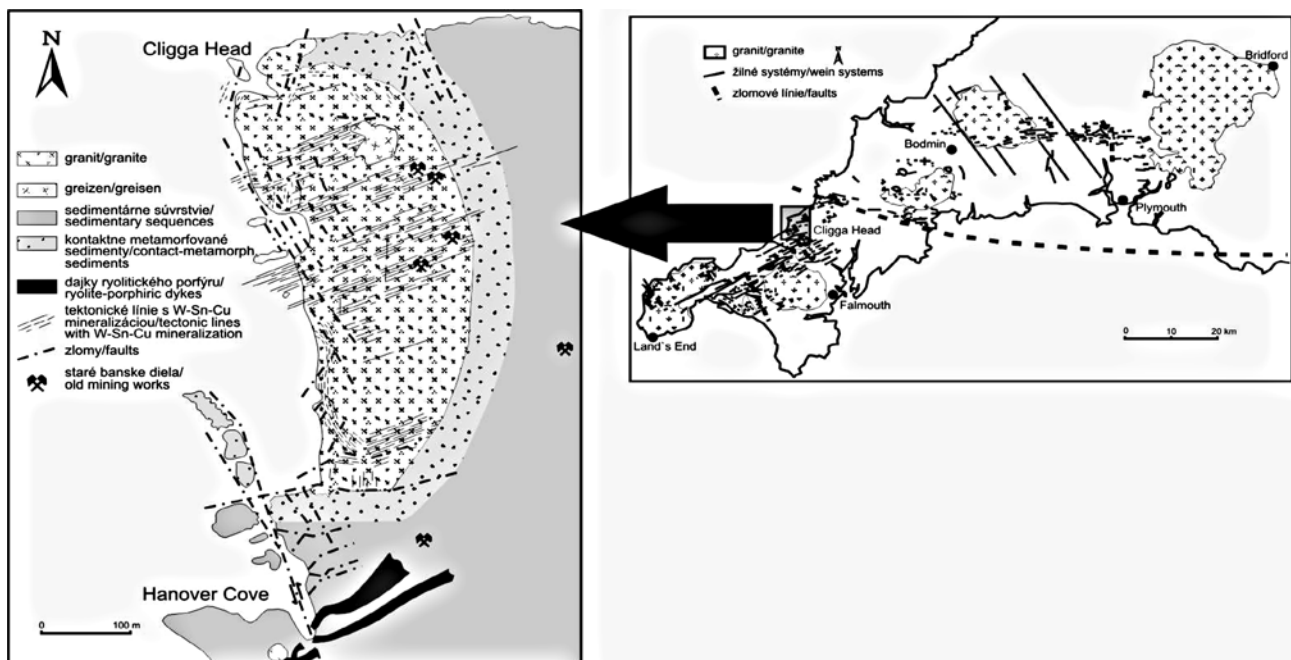
až 1532 cín využívali predovšetkým z bolívijských ložísk (Lechtmann, 1980).

Bronzová doba sa začala v Latinskej Amerike (v Andách) okolo roku 900 pred Kr., keď chavinskí umelci objavili technológiu výroby zliatiny medi a cínu. Z bronzu vyrábali sekery, nože a poľnohospodárske náradie, dekoratívne i náboženské ceremoniálne predmety. Tento vynález umožnil neskôr aj kultúram z Caracolu, Copánu, Yaxchilanu a Uxmalu širokú vojenskú expanziu a podrobenie okolitých kultúr (Ratnagar, 2001). Bronz používali aj Inkovia, no spracúvať železo sa nikdy nenaučili (Pernicka a Wagner, 2003).

V Japonsku je menej významná cínová mineralizácia na ostrove Honšu. Veľká časť cínu bezpochyby pochádzala z Číny. Prvý bronz sa tam objavil v provincii Kan-su okolo roku 3000 pred Kr. (Bagley, 1980) a neskôr sa jeho produkcia presunula aj na S Číny do kultúrneho okruhu Qijia. Ďalší rozvoj výroby sa zaznamenal za vlády dynastie Xia (2200–1760 pred Kr.) a v provincii Che-nan v období dynastie Shang (800–1122 pred Kr.). Z tejto provincie potom expandovala metalurgia olova, medi, cínu a bronzu do celej krajiny. Aj slávna terakotová armáda cisára Čchina z roku 220 pred Kr. vyzbrojená bronzovými zbraňami.

Bronzová metalurgia vysokej úrovne sa v Číne pravdepodobne vyvinula nezávisle od civilizácie v Stredomorí. Počiatky výroby bronzu sa kladú do obdobia približne 2100 pred Kr. (Erdberg, 1993). Bola sofistikovanejšia ako západná. Číňania do bronzu okrem cínu pridávali aj titán, horčík a kobalt, čím podstatne zvyšovali tvrdosť a penetračnú schopnosť kovu.

Mimoriadne veľké ložiská cínu sú známe aj z jv. Ázie, hlavne z Malajzie (Rapp, 2002). Cínové výskytý tvoria na polostrove viac ako tisíc km dlhý pruh rozsypových nálezísk.



Obr. 10. Cínová mineralizácia v oblasti Cornwallu s dôrazom na zrudnenie v pobrežnom pásme Cligga Head (spracované podľa Dunhama et al., 1978).

Fig. 10. Tin mineralization in the Cornwall with accent on the coastal Cligga Head area (after Dunham et al., 1978).

## Diskusia

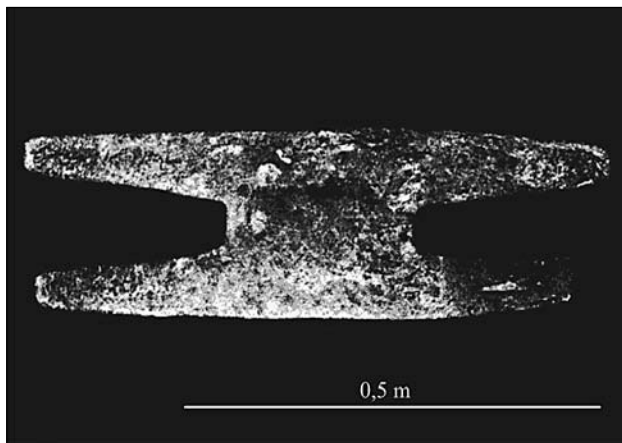
Arzénový bronz sa vyrábal priamym tavením medenej rudy s prírodnou prímесou As minerálov, a preto obsah arzénu (pomer Cu/As) mohli starovekí metalurgovia kontrolovať len veľmi ťažko až nijako (Key in Bar-Adon, 1980).

Kým v žiadnom starovekom texte z bronzovej doby sa nenašla zmienka o arzéne (akkadský výraz *annaku* označoval iba zmes bohatú na arzén používanú na výrobu artefaktov z arzénového bronzu), výraz pre cín mali už starovekí Sumeri, Chetiti, Egypťania aj Mykénci, ako aj ľudia ugarického kultúrneho okruhu (Eaton a McKerrell, 1977). Napriek tomu sa zo staršej doby zachovalo len mimoriadne málo cínových artefaktov a nijaké cínové ingoty. Niekoľko cínových ingotov je známych až z mladšej bronzovej doby zo západomediterránej oblasti, a najmä z Cornwallu (obr. 3). V Škandinávií sa našlo aj niekoľko cínových ingotov krúžkového tvaru s prímесou až 4 % Pb (Oldberg, 1942–1943). Cín sa v egejskej oblasti okolo roku 1400 pred Kr. využíval aj na povrchovú úpravu terakotových váz, aby získali striebřistý vzhľad. Podobná technológia sa ujala aj v Iráne a neskôr v železnej dobe v Itálii (Muhly, 1985).

Neexistencia cínových ingotov a výrobkov z cínu zo staršej bronzovej doby viedla Muhlyho (l. c.) k predpokladu, že sa cín v tomto archaickom období pri výrobe bronzu nepoužíval, ale pravdepodobne vyrábal priamym pridávaním kasiteritu do taveniny medi. Pri takomto postupe sa nejaký presnejší pomer medi a cínu nedal zachovať (Muhly, l. c.).

## Záver

Najstaršie nálezy arzénového bronzu pochádzajú z obdobia okolo roku 4000 pred Kr., kým prvé artefakty z klasického cínového bronzu začali staroveké civilizácie (Sumeri) vyrábať až o tisícročie neskôr (okolo roku 3000 pred Kr.). Najdôležitejšie centrá civilizácie bronzovej doby



**Obr. 11.** Ingot antického cornwallského cínu v tvare písmena H ťažký 72,5 kg nájdený v roku 1823 v prístave Falmouth (Rickard, 1932).

**Fig. 11.** H-type tin Ancient ingot from Cornwall (weight 160 pounds) found in 1823 in Falmouth port (Rickard, 1932).

sú známe z Blízkeho východu (Mezopotámie a Anatólie) a z Číny. Neskôr sa výroba bronzu rozšírila aj do celého Stredomoria, do Strednej Ázie (Uzbekistanu, Tadžikistanu a Afganistanu) a do Cornwallu. Už v staroveku dokázali bronz vyrábať aj v Japonsku a neskôr technológiu bronzovej metalurgie objavili aj civilizácie v Strednej a Južnej Amerike.

Rozlíštit pôvod cínu bronzovej doby je veľmi ťažké, pretože klasické geochemické metódy zlyhávajú. Keďže väčšinu cínu a medi možno dnes študovať len v podobe komplexných bronzových zliatin, výskum mikrochemických charakteristických prímесí nemusí viesť k želanému výsledku.

Istou pomocou môže byť izotopové štúdium olova a síry (Aslihan-Yener, 1991). Nejednoznačnosť interpretácie výsledkov vyplýva najmä z toho, že veľká časť bronzových artefaktov bola vyrobená (alebo mohla byť vyrobená) z rudného materiálu pochádzajúceho z viacerých zdrojov, ako aj viacnásobná recyklácia bronzu. Napriek týmto ťažkostiam môže izotopové štúdium naznačiť možný zdroj medi a cínu alebo aspoň vylúčiť niektoré zdroje. Úspešnosť týchto postupov v rozhodujúcej miere preverí až budúcnosť.

Zaujímavou črtou bronzovej doby je, že sa rozvíjala vo viacerých geograficky značne vzdialených oblastiach v pomerne úzkom 500-ročnom časovom rozpätí. Takéto bezmála „synchronne“ zvládnutie ťažkostí súvisiacich s prospekciou ložísk potrebných na zabezpečenie surovinovej základne (predovšetkým vyhľadávanie pomerne nepočítaných ložísk cínu), používanie viac-menej ekvivalentných bankských technológií a zvládnutie zložitého metalurgického postupu spracovania rúd a výroby bronzu viedli Coppensa (1999) k vyjadreniu predpokladu, že kontakty medzi svetovými kultúrnymi strediskami tej doby mohli byť oveľa intenzívnejšie, ako si v súčasnosti vieme predstaviť, a že azda jestvoval aj celosvetový obchod s cínom.

*Podakovanie.* Štúdia vznikla ako súčasť grantovej úlohy APVV-51-015605 a APVV-20-019905. Za cenné pripomienky ďakujem prof. Martinovi Chovanovi a za technické práce pani Henriete Palovej.



**Obr. 12.** Antická bronzová brána z Lateránskej baziliky, pôvodne z budovy rímskej kúrie.

**Fig. 12.** Ancient bronze doors of the Curia Julia, now in the St. John Lateran.

## Literatúra

- AIGNER-FORESTI, L. & SIEWERT, P., 1998: Entstehung von Staat und Stadt bei den Etruskern. Probleme und Möglichkeiten der Erforschung früher Gemeinschaften in Etrurien im Vergleich zu anderen mittelmeerischen Kulturen. XIII. Städtische Organisation. *Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften Austrian Academy of Sciences Press, Wien*, 229–239.
- ARTETA, A. U., CAMPISTOL, J. R., ZAMORA, J. M. J. & SERRANO, C. S., 1995: Dějiny Španělska. *Praha, Lidové noviny*, 911.
- ASLIHAN-YENER, K., SAYRE, Z. A. E. V., JOEL, E., OZBAL, H., BARNES, I. L. & BRILL, R. H., 1991: Stable lead isotope studies of Central Taurus ore sources and related artifacts from Eastern Mediterranean Chalcolithic and Bronze Age sites. *Journal of Archaeological Science*, 18, 541–577.
- ASLIHAN-YENER, K., 1994a: Bronze Age source of tin discovered. *The University of Chicago Chronicle*, 13, 9, 45–57.
- ASLIHAN-YENER, E. V., 1994b: An early Bronze Age tin production site at Göltepe, Turkey. *The Oriental Institute News and Notes, University of Chicago*, 140, 148–156.
- ASLIHAN-YENER, K., OZBAL, H., EARL, B. & ADRIAENS, A., 1997: The analyses of metalliferous residues, crucible fragments, experimental smelts and ores from Kestel tin mine and the tin processing site of Göltepe. In: P. Craddock (ed.): *Proceedings of the Conference of Ancient Mininid and metallurgy. British Museum*, 214–222.
- BAGLEY, R. W., 1980: Masterworks of China's Bronze Age begin a tour of the U. S. *Smithsonian*, 11, 1, 62–71.
- BAR-ADON, P., 1980: The cave of the treasure. The finds from the caves in Nahal Mishmar. *Judean Desert Studies. Jerusalem, Israel Exploration Society*, 423.
- BARRY, P. C., 1999: Canku Ota. *A Newsletter Celebrating Native America*, 12, 42.
- BARTÍK, J., 1994: Doba bronzová na Slovensku. *Pamiatky a múzeá*, 4, 9.
- BASS, G. F., 1987: Oldest known shipwreck reveals splendors of the Bronze Age. *National Geographic*, 12, 692–733.
- BROOKS, R. T., 1974: The excavation of the Rumps Cliff Castle, St. Minver. *Cornwall in Cornish Archaeology, C. & Berry E., St. Just Town*, 13, 5–50.
- CERNY, J. M. A., 1995: Die Gruben von Muschiston in Tadschikistan – Stand die Wiege der Zinnbronze in Mittelasien? *Der Anschnitt*, 47, H 1–2, 68–69.
- CLEUZIQU, S. & BERTHOUD, T., 1982: Early tin in the Near East: A reassessment in the light of new evidence from western Afghanistan. *Expedition*, 25, 14–19.
- COPPENS, P., 1999: Copper: A world trade in 3000 B. C.? *Frontier Magazine*, 5, 5, 14–15.
- COWEN, R. & THOMAS, K., 2003: Fire and metals: Copper. *History of Life. Univ. Of California News. Devis*, 248.
- DEJESUS, P. S., 1980: The development of Prehistoric mining and metallurgy in Anatolia. Oxford, 342.
- DENISON, S., 1998: The mine closure marks the end of more than an era. *British Archaeology*, 33, 4.
- DUNHAM, K., BEER, K. E., ELLIS, R. A., GALLAGHER, M. J., NUTT, M. J. C. & WEBB, B. C., 1978: United Kingdom. In: S. H. U. Bowie, A. Kvalheim and H. W. Haslam (eds.): *Mineral Deposits of Europe, Vol. 1: Northwest Europe, Institution of Mining & Metallurgy, Mineralogical Soc., London*, 263–317.
- EARL, B., 1994: Tin from the Bronze Age smelting viewpoint. *Journal of Hist. Metal. Soc.*, 28, 2 117–120.
- EATON, E. R. & MCKERRILL, H., 1976: Near Eastern alloying and some textural evidence for the early use of arsenical copper. *World Archaeology*, 8, 169–191.
- ERDBERG, E., 1993: Ancient Chinese bronzes. *Siebenbad Verlag*, 20.
- FLEMING, S. J., PIGOTT, V. C., SWANN, C. P. & NASH, S. K., 2005: Bronze in Luristan. *Iranica Antiqua*, 40, 35–64.
- GALE, N. H., STOS-GALE, Z. A. & GILMORE, G. R., 1985: Alloy types and copper sources of Anatolian copper alloy artifacts. *Anatolian Studies*, 35, 143–173.
- GASPAR, O. & PINTO, A., 1993: Neves-Corvo a Kuroko type deposit in the Iberian Pyrite Belt. *Proc. 29th Int. Ged. Congr. Kyoto, Res. Geol. Spec. Issue 17*, 249–262.
- GÖRSDORF, J., MARKOVÁ, K. & FURMÁNEK, V., 2004: Some new 14C data to Bronze Age in the Slovakia. *Geochronometria – Journal on Methods and Applications of Absolute Chronology*, 23, 79–91.
- HALL, M. E. & STEADMAN, S., 1991: Anatolia and Tin: Another look. *J. of Mediterranean Archaeology*, 4, 1, 112–123.
- HOSLER, D. & MACFARLANE, A., 1996: Copper sources, metal production and metals trade in the late Postclassic Mesoamerica. *Science*, 273, 5383, 1819–1824.
- HROCH, M., 1977: Evropa – historické události. *Smena*, 323.
- CHAROY, B., 1979: Greisenisation, mineralisation et fluides associés a Cligga Head, Cornwall (sud-ouest de l'Angleterre). *Bulletin mineralogie*, 102, 633–641.
- CHILDE, V. G., 1962: L'Europe préhistorique: Les premières sociétés européennes Payot, 1962, 186.
- IRVING, R. D., 1882: Minerals of Wisconsin. II. *Geol. of Wisconsin Survey of 1873–1879*, 1, 309–339.
- KALIČIAK, M., GABRIEL, M. & TOMAS, J., 1983: Žilníkové ložisko volfrámu Hamerdon v juhozápadnom Anglicku. *Mineralia Slov.*, 15, 5, 471–447.
- LAUGHLIN, G. J. & TODD, J. A., 2000: Evidence for Early Bronze Age tin ore processing. *Materials Characterization*, 45, 4, 269–273.
- LECHTMANN, H., 1980: The central Andes metallurgy without iron. In: T. Wertime & J. Muhly (ed.): *The coming of the age of iron. Yale University Press, New Haven*, 269–334.
- LECHTMANN, H. & KLEIN, S., 1999: The production of copper-arsenic alloys (arsenic bronze) by cosmelting: modern experiment, ancient practice. *J. Archaeol. Sci.*, 26, 497–526.
- LEISTEL, J. M., BONIJOLY, D., BRAUX, C., FREYSSINET, P., GARCIA PALOMERO, F., KOSAKEVITSCH, A., LECA, X., LESCUYER, J. L., MARCOUX, E., MILÉSI, J. P., PIANTONE, P., SOBOL, F., TEGYEY, M., THÉBLEMONT, D. & VIALLEFOND, I., 1994: Geological setting and distribution of the massive sulphide deposits of the South Iberian Pyrite Province. *Doc. BRGM*, 234–236.
- LEVINE, R. M. & BOND, A. R., 1994: The reserves and production in the Russian Federation. *Int. Geol. Rev.*, 36, 301–310.
- LITVINSKIJ, B. A., 1950: K istorii dobytschi olova v Uzbekistane. *Trudy Sredneaziatskogo Gosudarstvennogo Universiteta (Archeologija srednej Azii) N. S.*, 51–67.
- MARCOUX, E., 1998: Lead isotope systematics of the giant massive sulphide deposits in the Iberian Pyrite Belt. *Mineralium Deposita*, 33, 45–58.
- MARSHUKOVA, N. K., PAVLOVSKII, A. B. & SIDORENKO, G. A., 1985: Mushistonite (Cu, Zn, Fe)Sn(OH)<sub>6</sub> – a new tin mineral. *Amer. Mineralogist*, 70, 1331.
- MATEUS, A., OLIVEIRA, V., GONÇILVES, M., FIGUEIRAS, J., FONSECA, P. & MARTINISTI, O., 1998: General assessment on the metallogenetic potential of the Iberian terraine southern border. *Estudos Notas e Trabalhos, Inst. Geol. E Minerio*, 40, 35–50.
- McKAY, H. & BUCKLER, M., 1988: A history of world societies. *Houghton Mifflin Co.*, 49, 30.
- MEYERS, E. M. (ed.), 1997: The Oxford Encyclopedia of Archaeology in the Near East. IV. *New York: Oxford University Press*, 487.
- MOMENZADEH, M., NEZAFATI, N. P. & Pernicka, E., 2005: First indication of tin at the ancient mining site near Deh Hosein. In: H. Kars & E. Burke (ed.): *Proceedings of the 33rd International Symposium on Archaeometry, Amsterdam, Vrije Universiteit*, 116–117.
- MOOREY, P. R. S., 1982: Archaeology and pre-Achaemenid metal-working in Iran: A fifteen year retrospective. *Iran*, 20, 81–101.
- MUHL, J. D., 1985: Sources of tin and the beginning of bronze metallurgy. *Amer. J. Archeology*, 89, 275–291.
- MÜLLER-KARPE, M., 1991: Aspects of early metallurgy in Mesopotamia. In: E. Pernicka & G. A. Wagner (eds.): *Archaeometry*, 90, Birkhauser Verlag, Basel, 105–116.
- NEZAFATI, N. P., HERZIG, M., PERNICKA, E. & MOMENZADEH, M., 2005: Intrusion-related gold occurrences in the Astaneh-Sarband area, west central Iran. In: J. Mao & F. P. Bierlein (ed.): *Mineral deposit research: Meeting the global challenge. Proceedings of the Eighth Biennial SGA Meeting, Beijing, China 18–21 August 2005. Heidelberg, Springer*, 445–448.
- NEZAFATI, N., 2006: Au-Sn-W-Cu-mineralization in the Astaneh-Sarband area, West Central Iran. *Eberhard-Karls-Universität Tübingen, Thesis*, 116.

- NEZAFATI, N., PERNICKA, E. & MOMENZADEH, M., 2006: Ancient tin: Old question and a new answer. *Antiquity*, 80, 308, 3–6.
- OLDBERG, A., 1942–1943: Metalteknik under Förhistorik tid 1. *Lund*, 67–69.
- OVERLAET, B., 2004: Luristan metalwork in the Iron Age. In: T. Stöllner, R. Slotta & A. Vatanjoust (eds.): *Persia's Ancient Splendour, Mining, Handicraft and Archaeology*, Bochum: Deutsches Bergbau-Museum, 328–338.
- PARZINGER, H. & BOROFFKA, N., 2001: Eine bronzezeitliche Bergbausiedlung bei Karnab, Uzbekistan. *Archeologie in Deutschland*, 3, 24–32.
- PERNICKA, E., SEELIGER, T. C., WAGNER, G. A., BEGEMAN, F., SCHMITT-STRECKER, S., EIBNER, C., ÖZTUNALI, Ö. & BARANYI, I., 1984: Archäometallurgische Untersuchungen in Nordwestanatolien. *Jahrbuch des Römisch-Germanischen Zentralmuseums*, 31, 533–599.
- PERNICKA, E. & WAGNER, G. A., 2003: Early Bronze Age Metallurgy in the Northeast Aegean. In: *Troia and the troad: scientific approaches*. Berlin, London: Springer, 143–172.
- PULAK, C., 2002: A The Uluburun Hull Remains. In: H. E. Tzalas (ed.): *Tropis VII. Proceedings of the 7th International Symposium on Ship Construction in Antiquity (Athens 27 August – 31 August, Pylos)*, 615–636.
- RAPP, G., 2002: Archaeomineralogy. Berlin, Springer, 326.
- RATNAGAR, S., 2001: The Bronze Age. Unique Instance of a Pre-Industrial World System? *Current Anthropology*, 42, 3, 781–842.
- RICK, I., ADRIAENS, A. & ADAMS, F., 2005: An overview of Mesopotamian bronze metallurgy during the 3rd millennium BC. *Journal of Cultural Heritage*, 6, 261–268.
- RICKARD, 1932: The Falmouth ingot of tin. *Man*, 32, 195–196.
- ROUTHIER, P., AYE, F., BOYER, C., LÉCOLLE, M., MOLIÈRE, P., PICOT, P. & ROGER, G., 1980: Le ceinture sud-iberique á amas sulfures dans sa partie espagnole médiane. *Tableau géologique et métallogénique. Synthèse sur le type amas sulfures volcano-sédimentaires*. 26th Int. Geol. Cong. Paris, Mém BRGM, 94, 265.
- RUIZ, I. M., 1993: The Argaric Bronze age of South East Spain. *Mediterranean – Archeology*, 54–55.
- SALISBURY, R. D., 1885: Notes on the dispersion of drift copper. *Wis. Acad. Sci. Arts and Letters*, 6, 42–50.
- SHAW, I., 2000: The Oxford history of Ancient Egypt. Oxford University Press, 525.
- SCHIEGL, S., 1994: Criteria for selection of samples for dating epigenetic hydrothermal ore deposits. *Economic Geology*, 99, 1027–1035.
- SILIOTTI, A., 1994: Egypt, chrámy, bohové a lidé. *White Star S. R. I. Vercelli*, 291.
- STECH, T. & PIGOTT, V. C., 1986: The metals trade in southwest Asia in the third millennium BC. *Iraq*, 48, 39–64.
- TALLON, F. & MALFROY, M., 1987: Métallurgie susienne I: De la fondations de Suse au XVIIIe siècle avant J. C. *Notes et documents des Musées de France*, 15, Paris, 22–34.
- THORNE, M. G., 1987: A map and brief description of the country rocks in great Cundrow mine, Troon, Camborne. *Camborne School of Mines Journal*, 73–79.
- WEEKS, L. R., 1999: Lead isotope analyses from Tell Abraç, U. A. E. *Antiquity*, 73, 49–64.
- WEEKS, L. R., 2004: Early metallurgy of the Persian Gulf. Technology, trade and the Bronze Age World. Brill Academic Publishers, Inc. Boston – Leiden, 244.
- WILLIES, L., 1990: An Early Bronze Age mine in Anatolia, Turkey. *Bulletin of the Peak District Mines Historical Society*, 11, 2, 91–96.
- WILLIES, L., 1991: Ancient copper mining at Wadi Amram, Israel; an archaeological survey. *Bulletin of the Peak District Mines Historical Society*, 11, 3, 109–138.
- WILLIES, L., 1992: Report on the 1991 archaeological survey of Kestel tin mine, Turkey. *Bulletin of the Peak District Mines Historical Society*, 11, 5, 241–247.
- WILFORD, J. N., 1994: Enduring mystery solved as tin is found in Turkey. *The New York Times, Science*, Jan. 4<sup>th</sup> 1994, 14–15.

Rukopis doručený 24. 1. 2008  
Revidovaná verzia doručená 13. 6. 2008  
Rukopis akceptovaný 29. 10. 2008

## Archean bronze: History and sources

The principle of the Bronze production is the metallurgy of copper (Fig. 1) and tin. The cassiterite (Fig. 2) and stannine containing ores are the main source of the tin. The earliest evidence of bronze metalworking date to the mid-fourth millennium Maykop culture in the Caucasus. From there, the technology spread to the Near East and after some time also to the Indus Valley Civilization. The oldest bronze artefacts were produced using arsenic addition to copper. The classic tin bronze is not older as from the period dated about 3000 B. C.

One of the oldest really relevant bronze metallurgies developed in the Early Bronze Age industrial habitation site of Göltepe (Figs. 3 and 4b) in the mining zone of the Kestel mine (Turkey, Figs. 3 and 4a) reveals a special function settlement with a profound association with intensive mining and smelting. The excavations at Göltepe yielded a variety of metallurgical residues, such a lumps of tin-rich hematite ore (Aslihan-Yener, 1994a, b).

The earliest appearance of tin bronze in Western Asia has been reported from Mesopotamia and from southwestern and west central Iran in the late fourth and the beginning of the third millennium B. C., whereas the extensive use of thin and tin bronze can be dated around the mid-third millennium over a large area extending from the Persian Gulf to the Aegean (Pernicka et al., 1984; Stech and Pigott, 1986; Weeks, 1999; Fleming et al., 2005). Discovery of the Deh Hosein Ancient tin and copper mines (Figs. 3 and 5) in Iran in the central Zagros Mts. (Nezafati et al., 2006) bring the new chance how to elucidate the possible tin and copper sources of the Bronze Age cultures during the Ancient times. The results of the Pb-isotope study of the ores and bronze artefacts from Eastern Mediterranean show the same source of the ores (very close to the Deh Hosein ore type; Nezafati et al., 2006).

In Uzbekistan the Karnab and in Tadjikistan the Muchistone Ancient tin-copper mines (Fig. 3) were discovered (Marshukova et

al., 1985). These occurrences could be also the important sources of ores for the Mesopotamian bronze production. Copper was also mined in Cyprus (Figs. 3 and 8), Isle Elba (Fig. 3) and in Timna (Sinai peninsula, Figs. 3 and 7). The most famous ancient tin deposits are in England in Cornwall (Figs. 3 and 9). The plentiful placer deposits of cassiterite from Cornwall were certainly utilized in British Isles. The tin deposit and one of the most important trade centres were at Ictis (now Mt. St. Michael) isle (Fig. 10). By Roman times the cassiterite from Iberian peninsula (Tartessos, Fig. 3) and Cornwall peninsula was available predominantly in the Mediterranean area.

In America, the most important Ancient copper mines were in the surrounding of Lake Superior. So called "float copper" was found in all states that have received glacial drift from the above mentioned lake region.

Cassiterite occurs in Mexico in Zacatecas tin province, in the Andes Mts. when tin bronze became a widely used alloy during the establishment of Inca hegemony (1476–1532). Although great tin deposits were exploited in the Caucasian mountains and in Japan at the Honshu Island some part of the tin came from China and from Southeastern Asia.

Also from the territory of Slovakia there are approximately 60 Bronze Age culture sites recorded at the present (Görsdorf et al., 2004).

To solve the question of the tin source in the time of the Bronze Age is very difficult because most of the tin containing archaeological artefacts represent various complex bronze alloys. In such alloys it is nearly impossible to find the right answer using study of the micro-chemical characteristic admixtures. The new possibilities how to solve these questions show e. g. the investigation of Nezafati et al. (2006) using the Pb-isotope data (Fig. 6).