

Т4
Е-457

ПФ

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА

АРХЕОЛОГІЯ: завдання, методи, моделювання



УДК 902
ББК 63.4
Е 45

Рекомендовано до друку Вченою радою
Інституту археології НАН України
(протокол № 7 від 1.06.2010 р.)

Редакційна колегія серії:

Толочко П. П. (голова), академік НАН України. Івакін Г. Ю. (заступник голови), член-кореспондент НАН України. Корвін-Піотровський О. Г. (відповідальний секретар), кандидат історичних наук. Залізняк Л. Л., доктор історичних наук. Отрощенко В. В., доктор історичних наук. Скорий С. А., доктор історичних наук. Крижицький С. Д., член-кореспондент НАН України. Козак Д. Н., доктор історичних наук. Моця О. П. член-кореспондент НАН України

Редакційна колегія випуску:

Моця О. П. (відповідальний редактор), член-кореспондент НАН України
Томашевський А. П. (відповідальний секретар), кандидат історичних наук
Готун І. А., співробітник відділу давньоруської та пізньосередньовічної археології

Петраускас А. В., кандидат історичних наук

Коваль О. А., співробітник відділу давньої та пізньосередньовічної археології
Тольчуй В. І., директор Коростеньського краєзнавчого музею.

Рецензенти:

Михайлина Л. П. д.і.н.

Терпиловський Р. В. д.і.н.

Серія: Археологія і давня історія України

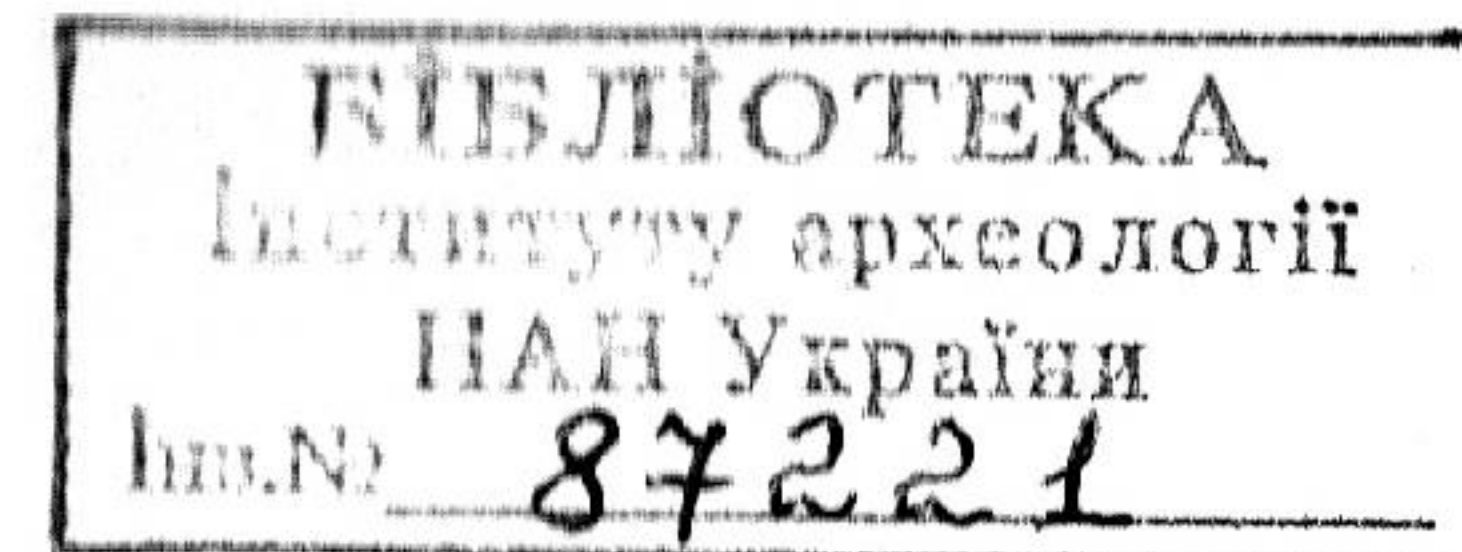
Експериментальна археологія: завдання, методи, моделювання.
Е 45 Збірка наукових праць. / За заг. ред. Моця О. П. – К.: Видавництво
Ліра-К; М.: Русский Фонд Содействия Образованию и Науке, 2011.
– 224 с. – Археологія і давня історія України

Вип. 4

ISBN 978-966-2174-18-2

ISBN 978-966-02-5429-9 (серія)

Видання є збіркою наукових праць учасників Міжнародного науково-практичного семінару (м. Коростень, 6-9 серпня 2009 р.), присвяченого актуальним проблемам експериментальної археології. Для археологів, істориків, вчителів та усіх, хто цікавиться вітчизняною історією.



УДК 902
ББК 63.4

ISBN 978-966-2174-18-2

ISBN 978-966-02-5429-9 (серія)

© Колектив авторів, статті, 2011

© Видавництво Ліра-К, 2011

УДК 902
ББК 63.4
Е 45

Рекомендовано до друку Вченою радою
Інституту археології НАН України
(протокол № 7 від 1.06.2010 р.)

Редакційна колегія серії:

Толочко П. П. (голова), академік НАН України. Івакін Г. Ю. (заступник голови), член-кореспондент НАН України. Корвін-Піотровський О. Г. (відповідальний секретар), кандидат історичних наук. Залізник Л. Л., доктор історичних наук. Отрошенко В. В., доктор історичних наук. Скорий С. А., доктор історичних наук. Крижицький С. Д., член-кореспондент НАН України. Козак Д. Н., доктор історичних наук. Моця О. П. член-кореспондент НАН України

Редакційна колегія випуску:

Моця О. П. (відповідальний редактор), член-кореспондент НАН України
Томашевський А. П. (відповідальний секретар), кандидат історичних наук
Готун І. А., співробітник відділу давньоруської та пізньосередньовічної археології

Петраускас А. В., кандидат історичних наук

Коваль О. А., співробітник відділу давньої та пізньосередньовічної археології
Тольчуй В. І., директор Коростеньського краєзнавчого музею.

Рецензенти:

Михайлина Л. П. д.і.н.
Терпиловський Р. В. д.і.н.

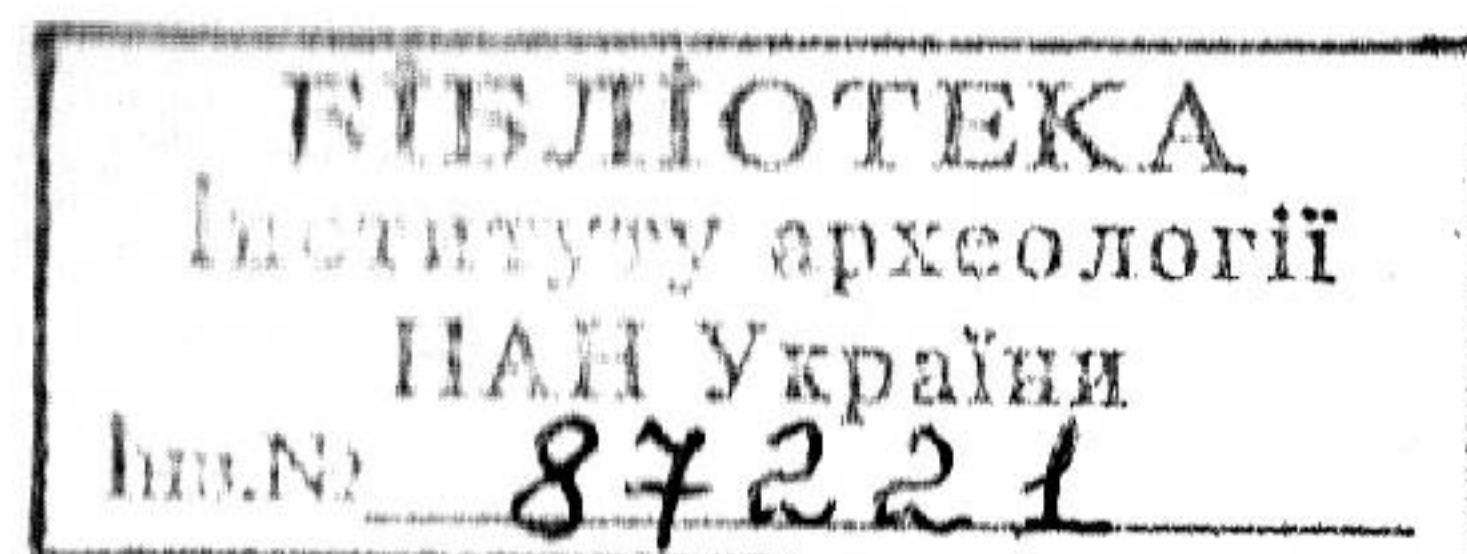
Серія: Археологія і давня історія України

Експериментальна археологія: завдання, методи, моделювання.
Е 45 Збірка наукових праць. / За заг. ред. Моця О. П. – К.: Видавництво
Ліра-К; М.: Русский Фонд Содействия Образованию и Науке, 2011.
– 224 с. – Археологія і давня історія України

Вип. 4

ISBN 978-966-2174-18-2
ISBN 978-966-02-5429-9 (серія)

Видання є збіркою наукових праць учасників Міжнародного науково-практичного семінару (м. Коростень, 6-9 серпня 2009 р.), присвяченого актуальним проблемам експериментальної археології. Для археологів, істориків, вчителів та усіх, хто цікавиться вітчизняною історією.



УДК 902
ББК 63.4

ISBN 978-966-2174-18-2
ISBN 978-966-02-5429-9 (серія)

© Колектив авторів, статті, 2011
© Видавництво Ліра-К, 2011

ГОШКО Т. Ю. ТРАЧУК О. В.
(Київ)

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТАЛУРГІЙНОГО ПРОЦЕСУ ВИПЛАВЛЕННЯ МІДІ МЕТОДОМ МОДЕЛЮВАННЯ

В сучасній металургії для інтенсифікації окислювального процесу застосовують не тільки кисень, але й кам'яну сіль (NaCl). Це так зване хлорування – технологічний процес при якому руда кольорових металів нагрівається в присутності хлористих солей, найдешевшою з яких є кам'яна сіль. Метою цього процесу є виділення кольорового металу з руди.

Перша версія появи хлору в металі – технологічний процес плавлення мідної руди в якомусь одному металургійному центрі, звідки метал поставлявся на територію сучасної Правобережної України до майстрів сабатинівської, білозерської та висоцької культур.

Інша можливість появи хлору в металі – присутність цього елемента в мідних рудах. За доби пізньої бронзи під час виплавлення металу з окислених мідних руд, які залягають близько від поверхні, присутні в них хлориди металів могли потрапляти до готового металу.

У 2008 р. в Інституті археології НАН України з'явився рентгенофлуорисцентний спектрометр ElvaX Light. Рентгенофлуоресцентний аналіз (РФА) є одним із сучасних фізичних методів вимірювання й широко використовується для напівкількісного й кількісного визначення елементного складу речовини. Для покращення результатів при визначенні легких елементів, таких як Na, Mg, Al, Si, P, S та Cl, у спектрометрі використовується продування камери гелієм. Діапазон елементів, які визначає спектрометр – від Na до U. За цей час проаналізовано 173 мідних та бронзових

виробів. За часом вони охоплюють енеоліт, добу бронзи та раннього заліза. При аналізі спектрів колекцій з окремих пам'яток і культур, привернув увагу один елемент, на який зазвичай не звертають уваги. Це – хлор (Cl). За нашими спостереженнями він трапляється в металі деяких виробів сабатинівської культури (XV–XIII ст. до н. е.) в кількості від сотих долей відсотка до цілих. В металі виробів доби фінальної бронзи – білозерській культурі (XII–X ст. до н. е.) хлор присутній як правило майже в усіх пробах (від сотих до цілих відсотків). Аналіз спектрів металу висоцької культури теж виявив присутність хлору в досить великій кількості – десять долі відсотка.

Присутність цього незвичного для нас елемента в складі металу взагалі та закономірність його появи в металі виробів указаних культур дуже зацікавила. Ми маємо інформацію про вдало проведені експериментальні плавки із додаванням кам'яної солі як флюсу. Вдалося з'ясувати, що в сучасній металургії для інтенсифікації окислювального процесу застосовують не тільки кисень, але й кам'яну сіль (NaCl). Це так зване хлорування – технологічний процес при якому руда кольорових металів нагрівається в присутності хлористих солей, найдешевшою з яких є кам'яна сіль. Метою цього процесу є виділення кольорового металу з руди.

Про можливість використання кам'яної солі як флюсу для очищення металу від окисних забруднень при ковальському зварюванні близької за складом міді пише Н. В. Риндіна (Рындина, 1971, с. 84).

Щоб впевнитися, чи є насправді в складі металу хлор ми взяли металографічний шліф з предмета (ан. № 124), в якому за аналізом кількість Cl складала 3,447 %, і витримали його в дистильованій воді протягом двох діб. Повторний аналіз складу металу показав, що кількість хлору зменшилася майже втричі й становила 0,723 %. Отже, хлор відреагував із водою.

Таким чином, з'явилася перша версія появи хлору в металі – технологічний процес плавлення мідної руди в якомусь одному металургійному центрі, звідки метал поставлявся на територію сучасної Правобережної України до майстрів сабатинівської, білозерської та висоцької культур.

Далі треба було перевірити іншу можливість появи хлору в металі – присутність цього елемента в мідних рудах. Хімічно хлор дуже

активний і безпосередньо з'єднується майже з усіма металами, утворюючи відповідні хлориди. Існують так звані природні нерозчинні хлориди Cu, Pb, Ag, Hg, As, Sb й Bi. Найголовніші хлориди міді – це: нантокіт CuCl (або хлорна мідь), атакаміт $Cu_2Cl(OH)_3$ та ін. Вміст хлору в хлоридах складає 6 – 35 %. Вони утворюють скоринки, агрегати кристалів, нальоти, землісті маси. У воді хлориди не розчиняються. Утворюються в зоні окислення рудних родовищ в умовах сухого клімату, при впливі солоної води на рудні мінерали та в процесі вулканічної діяльності. У складі окислених руд використовуються як сировина для отримання Cu, Pb, Ag (Минералы, 1963).

Тож, можливо, за доби пізньої бронзи під час виплавлення металу з окислених мідних руд, які залягають близько від поверхні, присутні в них хлориди металів могли потрапляти до готового металу. Таким чином, наразі постала необхідність моделювання металургійного процесу з подальшими лабораторними дослідженнями.

Експериментальні роботи були проведені в с. Улянки Кагарлицького р-ну на Київщині з максимальним наближенням до давніх умов. Робота включала експерименти з випалювання вугілля, моделювання теплотехнічної споруди, виготовлення пристроїв для штучного дуття – сопел та виплавлення металу з руди.

Випалювання вугілля провадилося у ґрунтовій ямі глибиною 1 м діаметром 0,7 м. Дрова – стовбури фруктових дерев (яблуна, горіх, абрикос), клену та свіжоспиляної акації, довжиною 1 м діаметром від 3 до 10 см. Загальний об'єм становив 0,3 м³. Всього здійснено три спроби з яких вдалою була лише третя.

Опишемо її. У яму на гаряче вугілля щільно поставили дрова й після того як вони гарно розгорілися, виступаючу над землею частину дров обклали дерном, залишивши два невеликі продухи (Рис. 1, 1). За 15 годин у ямі крім золи утворилося 4 кг якісного вугілля.

Горно. На жаль, на території України не відомі неушкоджені часом теплотехнічні споруди для плавлення мідної руди. Тому за основу моделі ми взяли залишки горен наземного типу для відновлення заліза. Збудоване горно в Уляниках мало шахту діаметром 0,20 м та висотою 0,3 м. Складені з глини й цегли вертикальні стінки сягали висоти 35 см. У нижній частині стінок залишено три отвори для сопел (Рис. 1, 2). У подовій частині в землі вирізана ямка за формою, раніше виготовленої в студії Товариства Коло-Ра, конусоподібної керамічної трипільської миски, яка в експерименті виконувала роль тигля.

активний і безпосередньо з'єднується майже з усіма металами, утворюючи відповідні хлориди. Існують так звані природні нерозчинні хлориди Cu, Pb, Ag, Hg, As, Sb й Bi. Найголовніші хлориди міді – це: нантокіт $CuCl$ (або хлорна мідь), атакаміт $Cu_2Cl(OH)_3$ та ін. Вміст хлору в хлоридах складає 6 – 35 %. Вони утворюють скоринки, агрегати кристалів, нальоти, землісті маси. У воді хлориди не розчиняються. Утворюються в зоні окислення рудних родовищ в умовах сухого клімату, при впливі солоної води на рудні мінерали та в процесі вулканічної діяльності. У складі окислених руд використовуються як сировина для отримання Cu, Pb, Ag (Мінерали, 1963).

Тож, можливо, за доби пізньої бронзи під час виплавлення металу з окислених мідних руд, які залягають близько від поверхні, присутні в них хлориди металів могли потрапляти до готового металу. Таким чином, наразі постала необхідність моделювання металургійного процесу з подальшими лабораторними дослідженнями.

Експериментальні роботи були проведені в с. Улянки Кагарлицького р-ну на Київщині з максимальним наближенням до давніх умов. Робота включала експерименти з випалювання вугілля, моделювання теплотехнічної споруди, виготовлення пристроїв для штучного дуття – сопел та виплавлення металу з руди.

Випалювання вугілля провадилося у ґрунтовій ямі глибиною 1 м діаметром 0,7 м. Дрова – стовбури фруктових дерев (яблуня, горіх, абрикос), клену та свіжоспиляної акації, довжиною 1 м діаметром від 3 до 10 см. Загальний об'єм становив 0,3 м³. Всього здійснено три спроби з яких вдалою була лише третя.

Опишемо її. У яму на гаряче вугілля щільно поставили дрова й після того як вони гарно розгорілися, виступаючу над землею частину дров обклали дерном, залишивши два невеликі продухи (Рис. 1, 1). За 15 годин у ямі крім золи утворилося 4 кг якісного вугілля.

Горно. На жаль, на території України не відомі неушкоджені часом теплотехнічні споруди для плавлення мідної руди. Тому за основу моделі ми взяли залишки горен наземного типу для відновлення заліза. Збудоване горно в Уляниках мало шахту діаметром 0,20 м та висотою 0,3 м. Складені з глини й цегли вертикальні стінки сягали висоти 35 см. У нижній частині стінок залишено три отвори для сопел (Рис. 1, 2). У подовій частині в землі вирізана ямка за формою, раніше виготовленої в студії Товариства Коло-Ра, конусоподібної керамічної трипільської миски, яка в експерименті виконувала роль тигля.

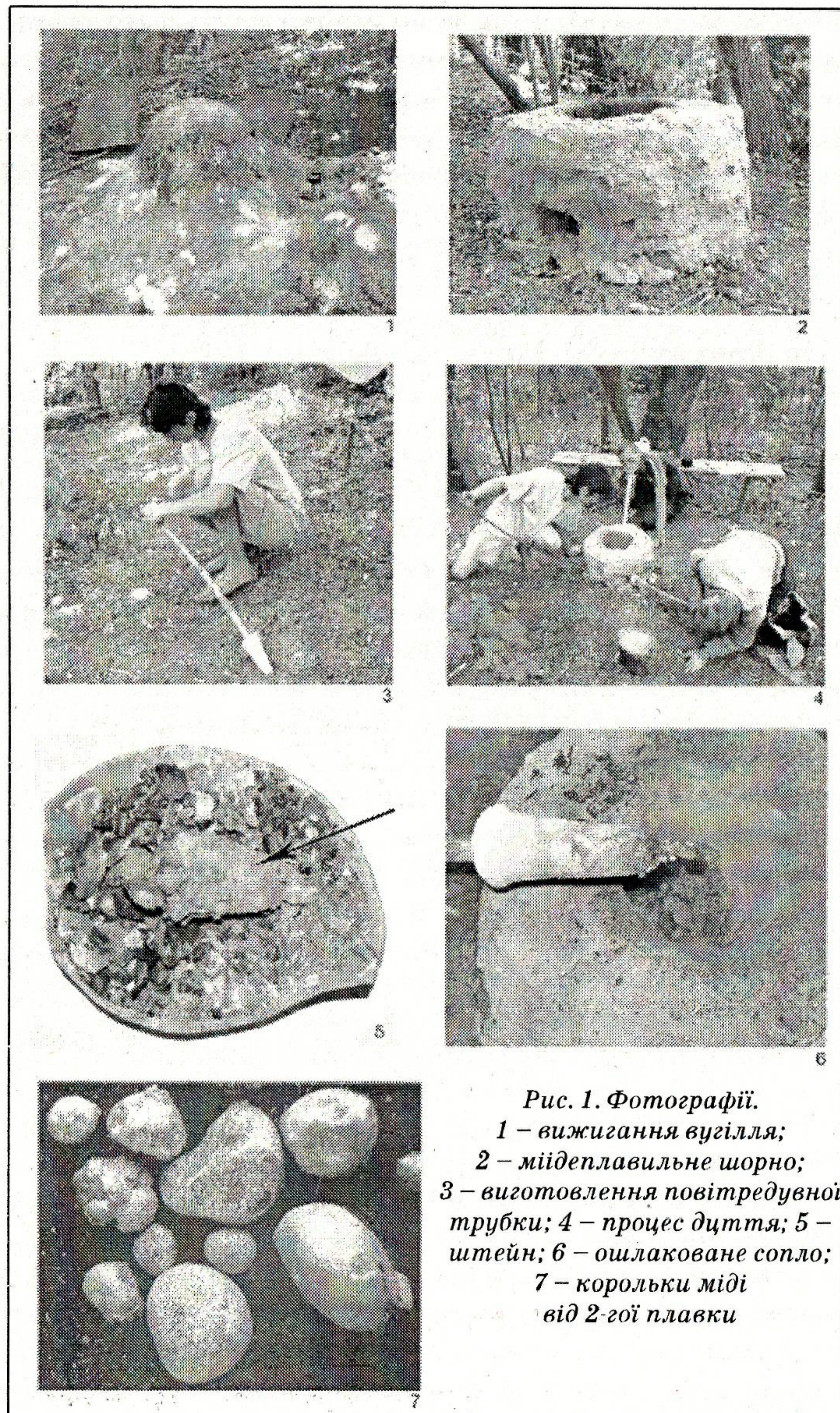


Рис. 1. Фотографії.
 1 – вижигання вугілля;
 2 – мідеплавильне шорно;
 3 – виготовлення повітрорудної трубки; 4 – процес дуття; 5 – штейн; 6 – ошлаковане сопло;
 7 – корольки міді від 2-гої плавки

Повітрорудні трубки. За міхи слугували легені трьох учасників із орієнтовним об'ємом легень – 4 л. Дуття відбувалось через трубки, виготовлені напередодні з місцевого матеріалу. Для цього використані молоді пагони бузини завтовшки 15-20 мм та багаторічні сухі стовбури діаметром 20-30 мм. Пагони та сухі стовбури розколювались ножом навпіл по довжині, м'яка серцевина вичищалася. Розміри внутрішніх каналів, що утворилися, відповідно: 4 x 5 мм та 6 x 10 мм. Обидві половини трубки з'єднували свіжозідраним ликом із гілки в'яза. Таким чином, кожен учасник зробив собі повітрорудну трубку завдовжки від 50 до 100 см. (Рис. 1, 3).

Сопла довжиною від 8 до 12 см виготовлені О. Фіголем із шмотної тугоплавкої глини, добутої в Дружковському кар'єрі на Донеччині. При попередньому випалюванні витримали температуру більше 1300°C без утворення тріщин. Сопла мали конусоподібний канал. За спостереженнями О. С. Саврасова, така форма створює ширший струмінь повітря і охоплює більшу площу руди в плавильній чаші (Саврасов, 2003, с. 179).

Руда. На стародавніх сортувальних майданчиках біля шахт доби пізньої бронзи Червоне Озеро IV Картамиського родовища Попаснянського р-ну Луганської обл. зібрано шматочки мідевмісної породи – аргіліту. Руда подрібнена та пропечена на багатті при температурі 700–750°C.

Плавка 1. В один із отворів встановлено термопару для замірювання температури в середині горна. Дуття велось через бузинові трубки спочатку трьома учасниками (Рис. 1, 4). Коли вугілля розгорілося до 216°C у горно заклали тарілочку-тигель із пошарово засипаним жаром із вогнища, вугіллям і сумішшю – 150 гр. руди та 50 гр. кам'яної солі.

Протягом 30 хв. двічі досипалося вугілля. При температурі 717°C шахту горна перекрили на 4/5 бляхою. Через 37 хв. дуття двома (третій отвір горна використовувався для елементів термопар) повітрорудними трубками над тиглем була досягнута температура 958°C, яка вище вже не піднімалась. Щоб не переривати експеримент, довелось використати побутовий насос для накачування дитячих басейнів. Дуття насосом через одне сопло дозволило швидко досягти температури 1100-1200°C, яку утримували 40 хв.

Було вирішено досипати ще один шар руди (100 гр.), але без додавання флюсу, й вугілля. Через 30 хв. плавка закінчилася. Експеримент тривав 2 години. За час плавки витрачено 2 кг вугілля. Практично одразу ж тигель вийняли. В ньому виявлено запечений шлак із штейном від другої досипки руди. Перша засипка руди, не розплавившись, просіла на дно тигля.

Плавка 2. Одразу ж зроблена друга спроба виплавлення міді з нерозплавленої частини руди. Дуття повітря відбувалось насосом. На цей час термопара перегоріла й заміри температури вже не проводилися. Коли температура досягла $\sim 1000^{\circ}\text{C}$ повторно закладено тигель із 150 гр. руди вже без флюсу. Найбільш інтенсивне горіння вугілля і, вірогідно, максимальна температура фіксувалась на невеликій (10-15 см) ділянці, безпосередньо перед соплом. Цей момент відмічено й попередніми дослідниками (Агапов, Кузьминых, Терехин, 1989, с. 108). Плавка при температурі $\sim 1000-1200^{\circ}\text{C}$ продовжувалась 1 год. 25 хв. За цей час витрачено 1 кг вугілля. Результат був аналогічним попередньому – руда розплавилась і в полі вогняного факелу зпеклась у корж – шлак із штейном (Рис. 1, 5). Сопло теж ошлакувалось у місці дотику з розжареною рудою (Рис. 1, 6). Отже плавлення руди відбувається тільки в зоні дуття сопла.

В результаті першої плавки отримано 6 гр. корольків міді, другої – 10,5 гр. (Рис. 1, 7). Разом із 250 гр. руди отримано 16,5 гр. металу, що складає 6,6% ваги руди. Результати експерименту в Уляниках, в основному, відповідають результатам аналогічних експериментів Ю. М. Бровендера коли з 1,5 кг подібної руди з додаванням 40 гр. вапняку отримано 40 гр. міді – 2,6 % (Бровендер, 2007, с. 84).

Висновки. 1. Моделювання є найефективнішим методом відтворення всього технологічного процесу металургії міді. 2. При випалюванні вугілля встановлено, що фізичні характеристики сировини (ступінь висушеності, розміри та ін.) у меншій мірі, ніж конструкція ями, впливають на якість кінцевого продукту. Процес випалювання вимагає постійного контролю, інакше в результаті просідання перекриття починається інтенсивне горіння сировини, і, як наслідок, збільшується зольна фракція. Вертикальне розміщення полін не вирішує питання просідання земляної за-

сипки в яму, тому потрібен нагляд за процесом вугілляутворення. 2. Дуття повітря за допомогою повітродувних трубок не ефективно при виплавленні міді, але може бути використане при плавленні готового металу. 3. Велике значення має кут нахилу сопла. Струм повітря повинен потрапляти на шар вугілля під рудою, а не проходити над нею. 4. Для виплавлення міді з руди оптимальну температуру створюють міхи.

Лабораторні дослідження.

У лабораторії Інституту археології НАН України проведено дослідження складу руди, яка була використана для експерименту, шлаку та отриманого металу. Як вже говорилося вище, окрім моделювання процесу виплавлення міді, нас цікавило питання появи хлору в металі виробів культур доби фінальної бронзи. Аналіз породи з Картамиського родовища (аргіліт), показав присутність хлору (1,438 %). В крапельці міді, виплавленої з руди без додавання NaCl, кількість хлору складала 0,848 %. Щоб перевірити наскільки якісно очищує кам'яна сіль метал від шлаків, цю саму краплю помістили в муфельну піч разом із NaCl й нагрівали у стані червоного розжарювання впродовж 1 години. В результаті проведеної аналізи показали, що в металі лишилися лише сліди хлору, а переважна його більшість перейшла у шлак (0,455 %).

У краплі міді від плавки руди із NaCl вміст хлору складав 0,385 % (Табл. 1).

Із проведеного експерименту зроблено наступні висновки. 1) При плавленні мідної руди, майже половина присутнього у ній хлору переходить у готовий метал. 2) При нагріванні металу до стану червоного розжарювання його відсоток відчутно зменшується, або зовсім зникає. 3) Хлор не вбирається металом при очищенні його кам'яною сіллю. 4) Присутність хлору в металі готових виробів, скоріше за все, можна пов'язати з присутністю цього елемента в рудах.

Картамиська руда – руда осадової генези, тому відзначається великою різноманітністю домішок, серед яких є свинець, цинк, олово, сурма, арсен, вісмут і срібло (Klochko, Manichev та ін., 2000, s. 171, tab. 1). Це пов'язано з полімінеральним складом самих руд. Окрім Донбасу подібні мідепрояви вивчені геологами в Придністров'ї та Передкарпатті (Klochko, Manichev та ін., 2003,

s. 47–77). В нашому розпорядженні була осадова порода аргіліт із Передкарпаття (родовище Надвірне), яка за літологічними особливостями нагадує руди Донбасу. Найбільше міді тут містять піщані, алевритові та аргілітові породи. Рентгенофлуоресцентний аналіз у одному з трьох зразків із Надвірного показав присутність хлору (Табл. 2).

Таким чином, ми впевнилися у своєму другому припущенні, що хлор переходить з руди в метал і, ймовірно, може виступати одним із важливих діагностичних показників осадових руд. Надалі не відкидаємо можливості виявлення інших діагностичних елементів. Маємо надію, що така інформація іще на один крок наблизить нас до розв'язання складної проблеми ідентифікації рудних джерел міді за готовими виробами.

І на завершення хочемо ще раз наголосити на необхідності комплексного дослідження давньої металургії, адже дослідження на стику наук дають багато нової і важливої інформації для вирішення суто історичних проблем.

Таблиця 1. Результати РФ аналізу Картамиської руди, металу та шлаку, отриманих у результаті експериментальної плавки

Елемент	№ аналізу				
	180	178	185	186	177
	Руда	Крапля міді від плавки руди без NaCl	Крапля міді (ан.178), відпалена в муфельній печі з NaCl	Шлак від очищення міді в муфельній печі	Крапля міді від плавки руди з NaCl
Si	0,348	-	0,053	0,77	-
Fe	3,296	0,134	0,195	4,229	0,304
Na	-	-	-	0,01	-
Mg	-	-	0,018	-	-
Mn	0,842	-	-	1,181	0,05
Ni	0,006	5,539	1,174	-	0,777
Co	сліди	-	-	-	-

Mo	0,038	-	-	0,091	-
Zr	0,176	-	-	0,53	-
Sr	-	-	-	0,29	-
Cu	93,28	93,32	98,12	86,81	86,91
Pb	0,223	0,04	-	0,06	0,022
Ag	0,068	0,076	0,03	0,108	0,057
Bi	-	-	0,005	-	-
Zn	0,24	-	0,064	-	-
Sn	0,043	-	0,06	0,1	0,066
As	-	-	0,057	-	-
P	-	0,044	0,22	5,363	-
Cl	1,438	0,848	-	0,455	0,385

Таблиця 2. Результати РФ аналізу (№ 181) руди з Прикарпаття (Надвірне)

Cu	Sn	Pb	Zn	Bi	Ag	Sb	As	Fe	Ni	Co	Cl	Zr	Sr
97,288	-	0,337	-	-	0,108	-	-	1,823	0,028	-	0,108	0,140	0,168

Агапов С. А., Кузьминых С. В., Терехин С. А. Моделирование процессов древней плавки меди // Естественные научные методы в археологии. – М.: Наука. – 1989. – С. 100-108.

Бровендер Ю. М. Экспериментальное моделирование производственной деятельности на базе руд Картамышского рудопроявления (предварительные результаты исследований) // Проблемы гірничої археології (матеріали VI-го міжнародного Картамиського польового археологічного семінару). – Алчевск: Дон. ДТУ, 2007. – С. 77-89.

Минералы. Справочник. -Т. 2. – В. 1, – М., 1963.

Рындина Н. В. Древнейшее металлообрабатывающее производство Восточной Европы. – М.: Изд-во Московского университета. – 1971. – 143 с.

Саврасов А. С. Сопла эпохи бронзы Евразии – источник для реконструкции технологии металлопроизводства // Проблемы гірничої археології (доповіді II-го міжнародного Картамиського польового археологічного семінару). – Алчевск: ДГМІ. – 2003. – С. 176-179.

Klochko V. I., Manichev V. I., Kvasnitsa V. N., Kozak S. A., Demchenko L. V., Sokhatskiy M. P. Issues concerning Tripolye metallurgy and the virgin copper of Volhynia // BPS. – Vol. 9. – 2000. – S. 168–186.

Klochko V., Manichev V., Kompanec C., Kovalchuk M. Wychodnie rud miedzi na ternie Ukrainy zchodniej jako baza surowcowa metalurgii kolorowej w okresie funkcjonowania kultury trypolskiej // Folia Praehistorica Posnaniensia. – Poznan.: Poznańska Drukarnia naukowa, –2003. – X/XI – S. 47–77.

ГОШКО Т. Ю., ТРАЧУК О. В.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПЛАВКИ МЕДИ МЕТОДОМ МОДЕЛИРОВАНИЯ

В современной металлургии для интенсификации окислительного процесса применяют не только кислород, но и каменную соль (NaCl). Это так называемое хлорирование – технологический процесс при котором руда цветных металлов нагревается в присутствии хлористых солей, дешевой из которых является каменная соль. Целью этого процесса является выделение цветного металла из руды.

Первая версия появления хлора в металле – технологический процесс плавления медной руды в каком-то одном металлургическом центре, откуда металл поставлялся на территорию современной Правобережной Украины к мастерам сабадинонской, белозерской и висоцкой культур.

Другая возможность появления хлора в металле – присутствие этого элемента в медных рудах. В эпоху поздней бронзы при выплавке металла из окисленных медных руд, залегающих близко от поверхности, присутствующие в них хлориды металлов могли попадать в готовый металл.

GOSHKO TATYANA, TRACHUK OLEKSIY

RESEARCH OF METALLURGICAL PROSESS OF COPPER MELTING THROUGH SIMULATION

In modern industry to intensify the oxidation process only oxygen is used not, but also rock salt (NaCl). This so-called chlorination – process in which ferrous metal ore is heated in the presence of chloride salts, the cheapest of which is salt. The purpose of this process is to separate ferrous metals from ore.

The first version of the occurrence of chlorine in the metal - the technological process of melting copper ore in one metallurgical center, where metal is supplied from the territory of modern Right-Bank Ukraine by craftsmen of sabatynivskyi, Belozersky and Vysotska cultures. Another occurrence of chlorine in the metal – the presence of this element in copper ores. At the Late Bronze Age during metal smelting from oxidized copper ores, which deposited near the surface, chlorides that metals contain, could be get into ready-made metal.